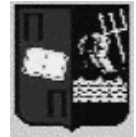


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



**Συγκριτική Αξιολόγηση Σωρευτικών Μοντέλων Ιδιοκτησίας ΙΧ
Αυτοκινήτων για Πρόβλεψη Κατανάλωσης Καυσίμου και
Εκπομπών CO₂ στις Οδικές Επιβατικές Μεταφορές:
Η Περίπτωση της Ελλάδας**

ΝΤΑΝΟΣ Α. ΣΤΑΜΑΤΙΟΣ

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2004

**Συγκριτική Αξιολόγηση Σωρευτικών Μοντέλων
Ιδιοκτησίας ΙΧ Αυτοκινήτων για Πρόβλεψη Κατανάλωσης
Καυσίμου και Εκπομπών CO₂ στις Οδικές Επιβατικές
Μεταφορές: Η Περίπτωση της Ελλάδας**

Η εργασία υποβάλλεται για την μερική κάλυψη των απαιτήσεων με στόχο την
απόκτηση του μεταπτυχιακού διπλώματος

ΟΡΓΑΝΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΕΩΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

από

ΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ ΚΑΙ ΤΟ ΕΘΝΙΚΟ
ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Ν Τ Α Ν Ο Σ Α . Σ Τ Α Μ Α Τ Ι Ο Σ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΕΙΡΑΙΑΣ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2004

Αφιερώνεται στους δασκάλους μου ως ελάχιστη προσφορά, για τη συμβολή τους στην πρόοδο και στην επιτυχία μου.

Δήλωση

Η παρούσα εργασία είναι πρωτότυπη και εκπονήθηκε αποκλειστικά και μόνο για την απόκτηση του μεταπτυχιακού τίτλου στην Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων με ειδίκευση στα Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος, που διοργανώνεται από το τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Πειραιώς και το τμήμα Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ.

Ντάνος Α. Σταμάτιος.

Περίληψη

Η ταχεία αύξηση του αριθμού των ΙΧ οχημάτων για ικανοποίηση της αυξανόμενης ανάγκης μετακίνησης, υποκινεί σειρά προβλημάτων. Άμεση συνέπεια είναι η αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο υπολογισμός της κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), στον τομέα των επιβατικών μετακινήσεων με ΙΧ αυτοκίνητα. Για το σκοπό αυτό, εφαρμόζονται οικονομετρικά μοντέλα για εκτίμηση της κυριότητας ΙΧ οχημάτων βάσει της οποίας υπολογίζεται η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές άνθρακα.

Χρησιμοποιείται η μέθοδος της βιβλιογραφικής επισκόπησης, της έρευνας ερωτηματολογίου και της στατιστικής επεξεργασίας χρονολογικών δεδομένων από κρατικούς και ιδιωτικούς φορείς. Στην επισκόπηση βιβλιογραφίας πραγματοποιείται αξιολόγηση θεωριών για τα επιβατικά οχήματα και το μεταφορικό έργο, με διαχωρισμό σε σωρευτικό (aggregate) και αναλυτικό (disaggregate) επίπεδο. Επιπλέον, εντοπίζονται παράγοντες που σχετίζονται με την αύξηση του στόλου των οχημάτων και του μεταφορικού έργου ενώ παρατίθενται μοντέλα κυριότητας οχημάτων, όπως αναφέρονται σε σχετικές δημοσιεύσεις. Ακολουθεί συλλογή στοιχείων για περίοδο 33 ετών (1970-2002) και κατάστρωση βάσης σωρευτικών (aggregate) δεδομένων για το σύνολο της χώρας, ενώ πραγματοποιείται έρευνα ερωτηματολογίου για αποτύπωση της παρούσας κατάστασης. Τα μοντέλα ιδιοκτησίας ΙΧ οχημάτων που εντοπίστηκαν στην βιβλιογραφία, προσαρμόζονται στα δεδομένα της Ελλάδας. Ακολούθως προτείνεται σειρά βελτιωμένων μοντέλων, με χρήση πολλαπλής παλινδρόμησης, ενώ γίνεται εκτενής έλεγχος της αξιοπιστίας τους υπό συγκεκριμένα στατιστικά κριτήρια. Τα αποτελεσματικότερα μοντέλα χρησιμοποιούνται για πρόβλεψη, με ορίζοντα το 2010. Σύμφωνα με την πρόβλεψη της ιδιοκτησίας οχημάτων, τελικά υπολογίζεται η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές άνθρακα του τομέα των επιβατικών οδικών μετακινήσεων, έπειτα από εφαρμογή κατάλληλων συντελεστών εκπομπών.

Ευχαριστίες

Με ιδιαίτερη τιμή, θα ήθελα από τη θέση αυτή να εκφράσω την απεριόριστη ευγνωμοσύνη μου στον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Ιωάννη Παραβάντη, για τον ενθουσιασμό, την πολύτιμη καθοδήγηση, τις εύστοχες παρατηρήσεις και την συνεχή συμπαράσταση του, σε όλα τα στάδια της ερευνητικής μου εργασίας. Οι διαφωτιστικές συζητήσεις που είχαμε, καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας, με βοήθησαν στο να εμβαθύνω στις τεχνικές της στατιστικής ανάλυσης καθώς και στην εφαρμογή σωστής επιστημονικής μεθοδολογίας σε ανώτερο επίπεδο.

Ομοίως, θερμές ευχαριστίες οφείλω στον Καθηγητή κ. Φραγκίσκο Μπατζιά, ο οποίος με τις διαλέξεις του και τις πολύτιμες συμβουλές του, με ώθησε στη θεμελίωση επιστημονικού τρόπου σκέψης καθώς και ολοκληρωμένης μεθόδου προσέγγισης νέων, για εμένα, ερευνητικών περιοχών.

Ο Καθηγητής μου στο τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, κ. Ευάγγελος Σαμπράκος, μου έδωσε το έναυσμα να ασχοληθώ με το ερευνητικό αντικείμενο των μεταφορών, με την εξαιρετική διδασκαλία του στο μάθημα της Οικονομικής των Μεταφορών και του οφείλω εγκάρδιες ευχαριστίες.

Ο κ. Θρασύβουλος Κικιδάς από τον Σύνδεσμο Εισαγωγέων Αντιπροσώπων Αυτοκινήτων, μου παραχώρησε με μεγάλη ευγένεια πλήθος στοιχείων σχετικά με τον στόλο των οχημάτων και του είμαι ιδιαίτερα ευγνώμων. Ευχαριστώ την κ. Περδίου από το Υπουργείο Ανάπτυξης, για τα δεδομένα σχετικά με τις καταναλώσεις πετρελαιοειδών. Θα ήθελα να εκφράσω την ιδιαίτερη εκτίμηση μου στον κ. Μηνά Ιατρίδη από το ΚΑΠΕ, που ευγενικά μου παραχώρησε στοιχεία για την εξέλιξη της τιμής των καυσίμων. Θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω θερμά και τους υπαλλήλους της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας, για το ιδιαίτερο ενδιαφέρον που επέδειξαν για την διπλωματική μου εργασία και τη βοήθεια τους στη συλλογή των δεδομένων.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την συμπαράσταση και την υπομονή που επέδειξε αλλά και τη στήριξη που μου παρείχε, κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Ντάνος Α. Σταμάτιος
Πειραιάς, Μάιος 2004

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	5
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ	6
2.2.1 ΤΟΜΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΝΘΡΑΚΑ.....	6
2.2.2 ΟΧΗΜΑΤΑ	9
2.2.3 ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟ ΕΡΓΟ	11
2.2.4 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ.....	14
2.3 ΘΕΩΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟ ΈΡΓΟ.....	21
2.3.1 ΎΠΑΡΞΗ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΧΡΟΝΟΥ ΚΑΙ ΕΙΣΟΔΗΜΑΤΟΣ	22
2.4 ΜΟΝΤΕΛΑ	30
2.4.1 ΣΩΡΕΥΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ (AGGREGATE MODELS)	31
Εξέλιξης στόλου οχημάτων	31
Μεταφορικού Έργου.....	37
Κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών άνθρακα	45
2.4.2 ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ (DISAGGREGATE MODELS).....	51
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	55
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	55
3.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ	56
3.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΣΤΑ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	57
3.4 ΠΡΟΤΑΣΗ ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΑΡΙΘΜΟΥ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ	57
3.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	60
3.6 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	60
3.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ.....	61
3.8 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ.....	61
3.9 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΠΑΡΟΜΟΙΕΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΣΤΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	62
4. ΑΝΑΛΥΣΗ.....	62
4.2 ΙΣΤΟΡΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ	62
4.2.1 Μακροοικονομικά μεγέθη.....	62
4.2.2 Οχήματα	70
4.2.3 Μεταφορικό Έργο.....	73
4.2.4 Κατανάλωση καυσίμων.....	77
4.3 ΈΡΕΥΝΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ.....	79
4.3.1 Κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά δείγματος	80
4.3.2 Χαρακτηριστικά μετακινήσεων.....	87
4.3.3 Στοιχεία για τα αυτοκίνητα	89
4.4 ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΕΠΕΞΗΓΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	96
4.4.1 Στόλου οχημάτων	96
4.4.2 Μεταφορικού έργου.....	98
4.5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΣΤΑ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	99

4.5.1 Στόλος οχημάτων.....	99
4.5.2 Μεταφορικό έργο.....	108
4.6 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΣΤΟΛΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ	110
4.6.1 Στατιστική εκτίμηση συνολικού αριθμού αυτοκινήτων	110
4.6.2 Στατιστική εκτίμηση αριθμού αυτοκινήτων που προστίθενται ετησίως στον υπάρχοντα στόλο (εκτίμηση ετήσιων διαφορών).....	121
4.6.3 Στατιστική εκτίμηση κατά κεφαλήν αναλογίας αυτοκινήτων.....	125
4.6.4. Στατιστική εκτίμηση του μεταφορικού έργου.....	130
4.7 ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ.....	132
4.7.1 Πρόβλεψη ανεξάρτητων μεταβλητών.....	132
4.7.2 Πρόβλεψη ιδιοκτησίας ΙΧ αυτοκινήτων	137
4.8 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂	140
4.9 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ.....	148
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	149
5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	149
5.2 ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....	154
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	156
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	163

1. Εισαγωγή

Αιτία εκπόνησης της παρούσας εργασίας αποτελεί η αναγνώριση σειράς προβλημάτων που υποκινούνται από την αύξηση της ιδιοκτησίας αυτοκινήτων. Αναφέρεται η κυκλοφοριακή συμφόρηση, η αέρια και ηχητική ρύπανση, η αύξηση των οδικών ατυχημάτων και η υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος λόγω της κατασκευής οδικών αρτηριών. Άμεσο αποτέλεσμα της αύξησης του στόλου οχημάτων είναι η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών αερίων ρύπων με ποσοτικά σημαντικότερο το διοξείδιο του άνθρακα. Ακριβώς αυτή η σχέση μεταξύ αριθμού αυτοκινήτων, κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών άνθρακα, επιχειρείται να ερμηνευθεί στην συγκεκριμένη ερευνητική προσπάθεια.

Οι μεταφορές είναι ο τομέας με τον μικρότερο βαθμό υποκατάστασης στην χρήση καυσίμων και βασίζονται σχεδόν αποκλειστικά στα παράγωγα του πετρελαίου. Η παγκόσμια ενέργεια που καταναλώθηκε για μεταφορές αυξήθηκε κατά 77% την περίοδο 1971-1994, με μέση ετήσια αύξηση 2.6% (Wohlegmuth, 1997). Συνέπεια της αυξανόμενης κατανάλωσης καυσίμου είναι η αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (στο εξής CO₂). Ο τομέας των μεταφορών είναι ο δεύτερος ταχύτερα αναπτυσσόμενος όσον αφορά τις εκπομπές CO₂ (με πρώτη την ηλεκτροπαραγωγή), απαρτίζοντας το 20,2% των παγκόσμιων εκπομπών (Ellis & Treanton, 1998). Στις ανεπτυγμένες χώρες, οι εκπομπές CO₂ που οφείλονται στις μετακινήσεις αποτελούν σημαντικό ποσοστό των συνολικών εκπομπών. Οι μετακινήσεις συνδέονται με το βιοτικό επίπεδο και την γενικότερη κατάσταση της οικονομίας. Έχει παρατηρηθεί ότι καθώς αυξάνεται το διαθέσιμο εισόδημα, αυξάνονται τα έξοδα για καύσιμα και συνεπώς οι εκπομπές CO₂ (Gray et al., 2001). Οι εκπομπές από το μεταφορικό τομέα στις ανεπτυγμένες χώρες του Annex-I αυξήθηκαν από 2 Gt CO₂ το 1971, στους 3 Gt CO₂ το 1995, ενώ οι εκπομπές στους άλλους τομείς μειώθηκαν, γεγονός που εξηγείται από την καθαρότερη ηλεκτροπαραγωγή, την απεξάρτηση από άμεση χρήση καυσίμων στην βιομηχανία και κατοικίες, την αυξανόμενη ενεργειακή αποδοτικότητα και την απομάκρυνση από τη βαριά βιομηχανία (Ellis & Treanton, 1998).

Στην Ε.Ε οι μεταφορές ήταν υπεύθυνες για το 29% των συνολικών εκπομπών άνθρακα για το 1999 (Panorama of Transport, 2002). Στην Ελλάδα, ο τομέας των μεταφορών κυμάνθηκε από 22.5 - 25% των συνολικών εγχώριων εκπομπών CO₂, για

την περίοδο 1990-2000. Οι εκπομπές άνθρακα σχετίζονται με την κυριότητα αυτοκινήτων. Για την Ε.Ε, η κατοχή αυτοκινήτων ήταν πολύ υψηλότερη από ότι στην Ελλάδα, με αναλογία 460 αυτοκίνητα ανά 1000 άτομα και την αντίστοιχη της Ελλάδας στα 275 αυτοκίνητα ανά 1000 άτομα.

Επικεντρώνουμε στον τομέα των οδικών μετακινήσεων με ΙΧ οχήματα. Ο τομέας αυτός, εξυπηρετεί το μεγαλύτερο ποσοστό της ζήτησης για επιβατική μετακίνηση (Schafer & Victor, 2000). Οι μετακινήσεις με αυτοκίνητα αποτελούν το 70% του συνολικού επιβατικού μεταφορικού έργου (European Union, 2001).

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η εκτίμηση της εξέλιξης του συνολικού αριθμού ΙΧ αυτοκινήτων, όπως αυτός υπολογίζεται από οικονομετρικά μοντέλα, με τελικό σκοπό τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών CO₂, για την περίπτωση της Ελλάδας.

Για την επίτευξη του στόχου, αρχικά γίνεται επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας και εντοπίζονται τα ήδη υπάρχοντα οικονομετρικά μοντέλα, καθώς και οι παράγοντες που συνδέονται με την αύξηση του αριθμού των αυτοκινήτων. Ακολούθως, πραγματοποιείται συλλογή δεδομένων από κρατικές υπηρεσίες. Τα δεδομένα που συλλέγονται, αφορούν το σύνολο της χώρας. Επιπλέον, γίνεται έρευνα με ερωτηματολόγια για αποτύπωση της παρούσας κατάστασης. Στη συνέχεια τα μοντέλα της βιβλιογραφίας εφαρμόζονται στα ελληνικά δεδομένα. Στην ενότητα της ανάλυσης, προτείνουμε βελτιωμένα μοντέλα, με χρήση της τεχνικής της πολλαπλής παλινδρόμησης. Τέλος, γίνεται πρόβλεψη της εξέλιξης των προσδιοριστικών παραγόντων (ανεξάρτητες μεταβλητές) και ακολουθεί εκτίμηση του συνολικού αριθμού αυτοκινήτων, σύμφωνα με τον οποίο υπολογίζεται η συνολική κατανάλωση καυσίμων και οι εκπομπές CO₂, με ορίζοντα το 2010. Η ημερομηνία αυτή θεωρείται κρίσιμη, καθώς θα γίνει εξέταση της τήρησης των υποχρεώσεων της χώρας, με βάση της δεσμεύσεις του πρωτοκόλλου του Κιότο.

Αναλυτικότερα, η δομή της εργασίας έχει ως ακολούθως:

Στο δεύτερο κεφάλαιο, πραγματοποιείται η επισκόπηση της βιβλιογραφίας. Αρχικά γίνεται παρουσίαση της παρούσας κατάστασης σχετικά με τον αριθμό των οχημάτων, το μεταφορικό έργο, την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές άνθρακα, για κεντρικές γεωγραφικές περιοχές. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στις θεωρίες

εκτίμησης του μεταφορικού έργου, καθώς αυτό συνδέεται άμεσα με τον αριθμό των αυτοκινήτων. Το σημαντικότερο τμήμα της επισκόπησης βιβλιογραφίας ασχολείται με την παρουσίαση των μοντέλων εκτίμησης του αριθμού οχημάτων, μεταφορικού έργου και κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών. Από τις δημοσιεύσεις που επισκοπήθηκαν σχετικά με τα οχήματα και το μεταφορικό έργο, διαπιστώσαμε ότι το επίπεδο ανάλυσης μπορεί να είναι είτε σωρευτικό (μετάφραση του όρου aggregate), δηλαδή σε επίπεδο χώρας με χρήση οικονομετρικών μοντέλων ή αναλυτικό (disaggregate), δηλαδή σε επίπεδο περιοχής με εστίαση στη συμπεριφορά των ατόμων όπως προκύπτει από έρευνες πεδίου. Στόχος σε αυτό το στάδιο είναι ο εντοπισμός των παραγόντων οι οποίοι, σύμφωνα με τους διάφορους ερευνητές, ερμηνεύουν την αύξηση του αριθμού των αυτοκινήτων. Επιπλέον, παρουσιάζουμε ιδιαίτερα αναλυτικά τα οικονομετρικά μοντέλα άλλων ερευνητών, τα οποία θεωρούμε ότι μπορούν να έχουν εφαρμογή στην περίπτωση της Ελλάδας.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η μεθοδολογία που θα εφαρμοστεί σε αυτή την εργασία. Με σημείο αναφοράς τις διαπιστώσεις από την επισκόπηση βιβλιογραφίας, αναφέρουμε την προτεινόμενη μέθοδο ανάπτυξης του θέματος. Στην μεθοδολογία αναπτύσσεται η σημασία και ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιούμε τα επιστημονικά εργαλεία της συλλογής και παρουσίασης χρονολογικών δεδομένων, της επιστημονικής έρευνας με ερωτηματολόγια καθώς και της στατιστικής ανάλυσης.

Το τέταρτο κεφάλαιο αποτελεί το κυρίως μέρος της εργασίας και περιλαμβάνει την παρουσίαση και την ανάλυση των δεδομένων. Αρχικά αναφέρονται οι ιστορικές τάσεις για τις κρίσιμες μεταβλητές, από το 1970-2002. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που συλλέξαμε, στόχος μας είναι η κατάρτιση βάσης χρονολογικών δεδομένων, για όλα τα στοιχεία που σχετίζονται με τις οδικές μετακινήσεις και είναι διαθέσιμα στην Ελλάδα. Ανάλογη βάση δεν εντοπίστηκε σε καμία στατιστική υπηρεσία ή κρατικό φορέα. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται σε ειδική ενότητα της ανάλυσης, με χρήση γραφικών παραστάσεων ώστε να γίνει εύκολα αντιληπτή η εξέλιξη τους, ενώ οι πίνακες με τα δεδομένα βρίσκονται στο Παράρτημα της εργασίας. Επιπλέον, πραγματοποιείται επιστημονική έρευνα με ερωτηματολόγιο, σε δείγμα 172 ατόμων, με ερωτήσεις που αφορούν την κυριότητα αυτοκινήτων, τα χαρακτηριστικά των αυτοκινήτων που διαθέτουν και τις μεταφορικές τους συνήθειες των ερωτώμενων. Με την έρευνα αυτή, μπορέσαμε να συγκεντρώσουμε δεδομένα

για το 2004, με στόχο την επικύρωση της αξιοπιστίας των ιστορικών δεδομένων και την αποτύπωση της παρούσας κατάστασης.

Με εφαρμογή των χρονολογικών δεδομένων στα μοντέλα της βιβλιογραφίας, ελέγχουμε την ερμηνευτική τους δυνατότητα, όσον αφορά την εξέλιξη του αριθμού των αυτοκινήτων για την Ελλάδα.

Το σημαντικότερο τμήμα της ανάλυσης ασχολείται με την ανάπτυξη νέων οικονομετρικών μοντέλων, με χρήση των δεδομένων που συλλέξαμε. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της πολλαπλής παλινδρόμησης, προτείνουμε συναρτησιακές σχέσεις που ενσωματώνουν παράγοντες οι οποίοι ερμηνεύουν σε ικανοποιητικό βαθμό την εξέλιξη του αριθμού των αυτοκινήτων αλλά και πληρούν συγκεκριμένα στατιστικά κριτήρια ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μελλοντικές εκτιμήσεις.

Σκοπός της ανάλυσης είναι ο υπολογισμός της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας αλλά και των εκπομπών CO₂ (σε επίπεδο χώρας), σύμφωνα με τον συνολικό αριθμό των αυτοκινήτων. Η κατανάλωση καυσίμου και οι εκπομπές άνθρακα με χρονικό ορίζοντα το 2010, μπορούν να εκτιμηθούν με χρήση των καλύτερων μοντέλων αφού πρώτα γίνει πρόβλεψη της εξέλιξης των ανεξάρτητων (προσδιοριστικών) μεταβλητών. Από τον συνολικό αριθμό ΙΧ αυτοκινήτων, υπολογίζεται το συνολικό μεταφορικό έργο, η ενέργεια και εκπομπές, χρησιμοποιώντας δεδομένα για το μέσο μεταφορικό έργο ανά αυτοκίνητο από το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα MEET και εφαρμόζοντας συντελεστές εκπομπών, όπως αυτοί δίνονται από διεθνείς οργανισμούς. Επιπλέον, πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας στα μοντέλα, μεταβάλλοντας σημαντικές ανεξάρτητες μεταβλητές και παρατηρώντας την επίδραση στο τελικό αποτέλεσμα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση, ενώ υπάρχουν οι παρατηρήσεις μας σχετικά με τις παραδοχές, την έλλειψη στοιχείων για κρίσιμες μεταβλητές και την δυνατότητα εφαρμογής των στατιστικών μοντέλων για άλλες χώρες. Επιπλέον ακολουθούν προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Η όλη ερευνητική εργασία κλείνει με τη βιβλιογραφία και το παράρτημα, στο οποίο βρίσκονται οι αναλυτικοί πίνακες με τα δεδομένα που χρησιμοποιήσαμε.

2. Επισκόπηση Βιβλιογραφίας

2.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο είναι δομημένο ως ακολούθως:

Στην ενότητα 2.2 γίνεται αναφορά στους τομείς ενεργειακής κατανάλωσης και παρέχεται πληροφόρηση σχετικά με την εξέλιξη της κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών άνθρακα, για κεντρικές γεωγραφικές περιοχές. Ακολουθεί εστίαση στον τομέα των μεταφορών με έμφαση στην εξέλιξη του αριθμού των αυτοκινήτων, το μεταφορικό έργο, την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές άνθρακα. Επιπλέον, σχολιάζονται δημοσιεύσεις που ασχολούνται με παράγοντες σχετικούς με τα προαναφερόμενα μεγέθη.

Η ενότητα 2.3 ασχολείται με τις θεωρίες για το μεταφορικό έργο. Οι θεωρίες που αναφέρονται συνδέουν το μεταφορικό έργο με το εισόδημα και τον χρόνο που δαπανώνται για μετακινήσεις (έννοιες TTB και TMB). Παρουσιάζονται συνοπτικά οι κεντρικές διαπιστώσεις.

Η ενότητα 2.4 ασχολείται με τα μοντέλα κυριότητας ΙΧ αυτοκινήτων, μεταφορικού έργου, κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών. Γίνεται διάκριση σε σωρευτικές (aggregate) και αναλυτικές (disaggregate) θεωρήσεις, ανάλογα με το επίπεδο εστίασης (χώρα ή μεμονωμένη περιοχή) και τον τρόπο εξέτασης (χρήση συγκεντρωτικών στατιστικών δεδομένων ή επιλεκτική συλλογή δεδομένων μέσω έρευνας). Στα σωρευτικά μοντέλα η ανάλυση είναι οικονομετρική με χρήση συγκεντρωτικών στατιστικών δεδομένων ενώ στα αναλυτικά μοντέλα λαμβάνονται υπόψη τα ιδιαίτερα ατομικά χαρακτηριστικά συμπεριφοράς, όπως προκύπτουν από έρευνες πεδίου. Επιπλέον, οι δημοσιεύσεις σωρευτικής προσέγγισης, διακρίνονται μεταξύ εκτίμησης μεταφορικού έργου, στόλου αυτοκινήτων, κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών. Η προσέγγιση που επιχειρούμε είναι σωρευτική καθώς αναφερόμαστε στο σύνολο της χώρας. Τα αναλυτικά (disaggregate) μοντέλα αναφέρονται για λόγους πληρότητας αλλά και για εντοπισμό παραγόντων που κρίνονται σημαντικοί και σε σωρευτικό (aggregate) επίπεδο ανάλυσης.

2.2 Ιστορικές τάσεις

2.2.1 Τομείς ενεργειακής κατανάλωσης και εκπομπές άνθρακα

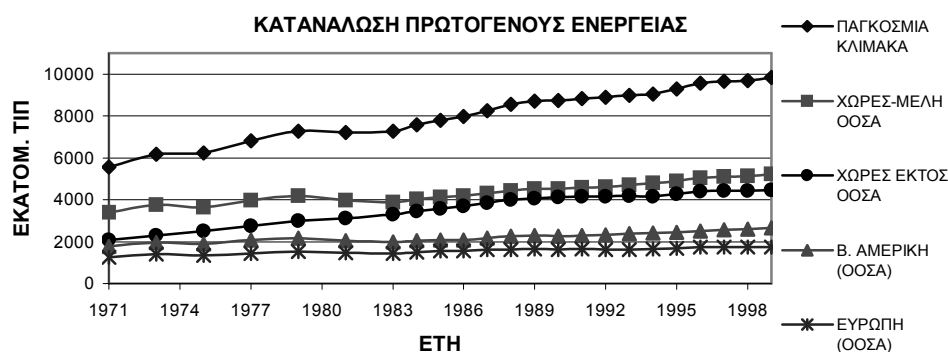
Οι ανθρωπογενείς εκπομπές CO₂ οφείλονται στην καύση ορυκτών καυσίμων, ως αποτέλεσμα της παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας. Οι βασικοί τομείς στους οποίους πραγματοποιείται καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας είναι οι εξής:

- Ηλεκτροπαραγωγή
- Βιομηχανία
- Μεταφορές
- Αγροτικός τομέας
- Οικιακός τομέας
- Τριτογενής τομέας

Αναφέρεται ότι τα στατιστικά δεδομένα εκπομπών (για κάθε έναν από τους παραπάνω τομείς ή συγκεντρωτικά σε επίπεδο χώρας) προκύπτουν από εκτιμήσεις και σε καμία περίπτωση δεν προέρχονται από μέτρηση σε όλες τις πηγές έκλυσης, διότι κάτι τέτοιο είναι ανέφικτο. Αξιόπιστη μέτρηση μπορεί να γίνει μόνο στην ενέργεια, με χρήση ενεργειακών ισολογισμών (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2002; Eurostat, 2003). Η ενέργεια επιμερίζεται στους τομείς χρήσης της και ακολούθως οι εκπομπές άνθρακα υπολογίζονται έμμεσα με χρήση συντελεστών. Οι συντελεστές εκπομπών υποδηλώνουν το περιεχόμενο άνθρακα ανά μονάδα ενέργειας που παράγεται ή καταναλώνεται. Στα στατιστικά δελτία του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (στο εξής IEA), δίδεται η κατανάλωση ενέργειας για όλες τις χώρες του κόσμου. Ο υπολογισμός των εκπομπών άνθρακα πραγματοποιείται από τον IEA με δύο διαφορετικές προσεγγίσεις. Η πρώτη προσέγγιση (μέθοδος αναφοράς) αφορά χρήση ενιαίου συντελεστή εκπομπών που εφαρμόζεται έπειτα από την μετατροπή της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας σε τόνους ισοδυνάμου πετρελαίου (στο εξής TOE). Η δεύτερη προσέγγιση πραγματοποιεί υπολογισμό των εκπομπών CO₂ ανά τομέα ενεργειακής κατανάλωσης, με χρήση διαφορετικού συντελεστή εκπομπών. Στα δεδομένα του IEA δίδονται οι υπολογισμοί άνθρακα τόσο σε παγκόσμια κλίμακα όσο και σε επίπεδο χώρας (IEA, 2002). Στην περίπτωση της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα στατιστικά δεδομένα τηρούνται από την Eurostat (Panorama of Transport, 2003). Και σε αυτή την περίπτωση γίνεται έμμεση εκτίμηση των εκπομπών άνθρακα, ενώ

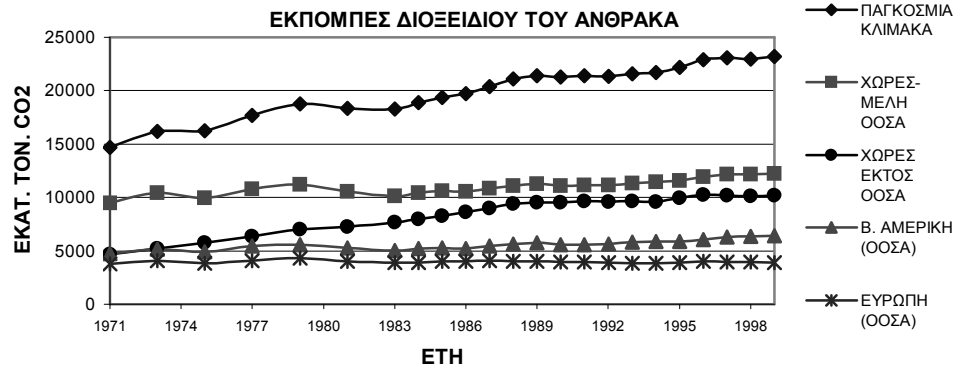
για τον τομέα των μεταφορών, τα δεδομένα τηρούνται από ειδική υπηρεσία (TERM, 2000). Στις έρευνες σε επίπεδο χώρας, οι εκπομπές μπορούν να υπολογιστούν με χρήση κρατικών δεδομένων ενεργειακής κατανάλωσης, με έμμεσο υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας του εξεταζόμενου τομέα ή με συνδυασμό των δύο (Zachariadis and Samaras, 2001).

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του ΙΕΑ (2002), η παγκόσμια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανήλθε από 5.5 GTOE το 1971 στους 9.8 το 1999, παρουσιάζοντας αύξηση κατά 76%, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.1. Αναλύοντας περαιτέρω σε χώρες του ΟΟΣΑ και σε χώρες εκτός ΟΟΣΑ, παρατηρούμε τα εξής: Οι χώρες ΟΟΣΑ, κατανάλωσαν 3.4 GTOE το 1971 και 5.2 το 1999, με συνολική αύξηση της καταναλισκόμενης ενέργειας κατά 54%. Οι χώρες εκτός ΟΟΣΑ, απαιτήσαν 2.1 GTOE το 1971 και 4.6 το 1999, με αύξηση 115%. Συνεπώς η κατανάλωση ενέργειας των χωρών εκτός ΟΟΣΑ αυξάνεται με διπλάσιο ρυθμό.



Σχήμα 2.1. Εξέλιξη στην κατανάλωση της πρωτογενούς ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο (mil. Toe)

Ομοίως, οι εκπομπές CO₂ παρουσιάζουν ανοδική τάση διαχρονικά, καθώς από τους 14.7 GT το 1971 ανήλθαν στους 23.1 GT το 1999, αυξημένες κατά 57.6%, όπως παρατηρείται στο Σχήμα 2.2.



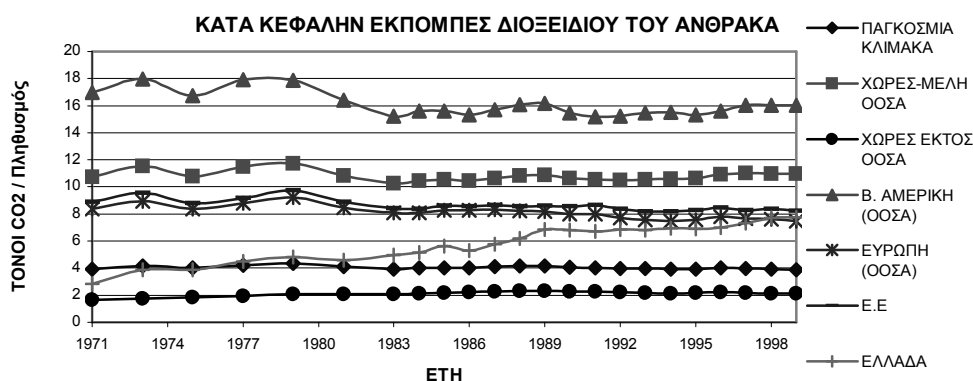
Σχήμα 2.2. Εξέλιξη συνολικών εκπομπών CO₂ σε (mil. Tons)

Η επίπτωση των δύο πετρελαϊκών κρίσεων (1971 και 1980) γίνεται αντιληπτή από τα Σχήματα 1 και 2, όπου τόσο η κατανάλωση ενέργειας όσο και οι εκπομπές CO₂ σταθεροποιούνται κατά τη διάρκεια μικρής μεταβατικής περιόδου (2-3 χρόνια) και μετά ακολουθούν και πάλι ανοδική πορεία. Η πιο πρόσφατη περίοδος σταθεροποίησης των εκπομπών CO₂ και μείωσης του ρυθμού αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι τα έτη 1989-1995. Αυτή η σταθεροποίηση ερμηνεύεται από την μείωση των εκπομπών CO₂ από τις χώρες την πρώην Σοβιετικής Ένωσης και τις χώρες της κεντρικής και ανατολικής Ευρώπης, ως συνέπεια της κατάρρευσης του καθεστώτος (Ellis and Treanton, 1998). Παράλληλα, οι χώρες της Δυτικής Ευρώπης τείνουν να σταθεροποιήσουν σταδιακά τις εκπομπές CO₂, λόγω των δεσμεύσεων τους από το IPCC και Κιότο. Οι μειώσεις στις χώρες αυτές αντιστάθμισαν μερικώς την αύξηση των εκπομπών από τις υπόλοιπες χώρες του κόσμου.

Αξιοσημείωτη είναι η αύξηση των εκπομπών άνθρακα στις χώρες εκτός ΟΟΣΑ. Το 1971, το σύνολο των εκπομπών των χωρών αυτών ήταν 4.7 GT CO₂ ενώ το 1999 ήταν 10.1 GT, με συνολική αύξηση 117%. Για τα ίδια έτη στις χώρες-μέλη του ΟΟΣΑ, οι εκπομπές ήταν 9.5 GT CO₂ το 1971 και 12.2 το 1999, αυξημένες κατά 29%. Οι χώρες εκτός ΟΟΣΑ, παρουσιάζουν μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης των εκπομπών CO₂ συγκριτικά με το ρυθμό αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας, ενώ στις χώρες του ΟΟΣΑ ο ρυθμός αύξησης των εκπομπών είναι μειωμένος κατά 50% σε σχέση με τον ρυθμό αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας. Αυτό το φαινόμενο ερμηνεύεται μερικώς από τις φιλικότερες προς το περιβάλλον τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στις χώρες του ΟΟΣΑ για την ηλεκτροπαραγωγή. Ο τομέας της

ηλεκτροπαραγωγής είναι ο ταχύτερα αναπτυσσόμενος όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές CO₂, με δεύτερες τις μεταφορές (Ellis και Treanton, 1998).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εξέλιξη κατά κεφαλήν εκπομπών CO₂ (Σχήμα 2.3). Αναγνωρίζουμε σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των διαφορετικών γεωγραφικών περιοχών. Παρατηρούμε ότι για το 1999, στην Β. Αμερική αντιστοιχούν ετησίως περίπου 16 T CO₂/άτομο, στην Ε.Ε. 8,24 T CO₂/άτομο, ενώ στις χώρες εκτός ΟΟΣΑ αντιστοιχούν 2.1 T CO₂/άτομο. Οι σημαντικές αυτές διαφοροποιήσεις επιβεβαιώνουν το γεγονός ότι το επίπεδο ευημερίας των χωρών συνδέεται με την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές CO₂. Υψηλότερο βιοτικό επίπεδο σημαίνει περισσότερη κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς περισσότερες εκπομπές CO₂. Για την Ευρωπαϊκή Ένωση, η συνολική κατανάλωση ενέργειας το 1985 εκτιμήθηκε σε 824 ΜΤΟΕ, ενώ το 1999 ήταν 952 ΜΤΟΕ που ισοδυναμεί σε αύξηση 15.5% (τάση σταθεροποίησης λόγω περιβαλλοντικών δεσμεύσεων).



Σχήμα 2.3 Εξέλιξη παγκόσμιων εκπομπών CO₂ (tons □ cap⁻¹)

2.2.2 Οχήματα

Από τις αρχές του 1950 και έπειτα, εξετάζοντας τις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες, παρατηρούμε ότι οι περισσότερες περιοχές είχαν αποκτήσει πρόσβαση σε οδικό δίκτυο και συνεπώς η κυριότητα αυτοκινήτων (αυτοκίνητα ανά 1000 κατοίκους) άρχισε να αυξάνεται ταχύτατα. Η χρήση του αυτοκινήτου διέυρνε την δυνατότητα μετακίνησης των ατόμων. Εκτός αυτού, οι οδικές μετακινήσεις με ΙΧ αυτοκίνητα, οδήγησαν σε αλλαγή του τρόπου ζωής καθώς με αυτό τον τρόπο η

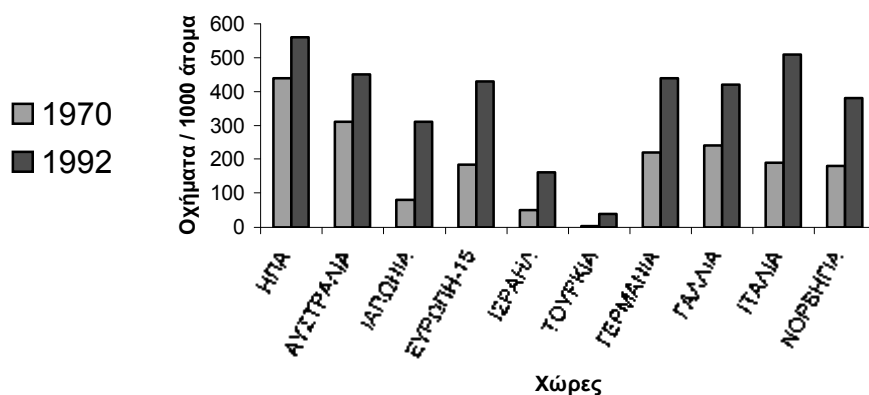
ανάγκη για μετακίνηση ικανοποιείται αμεσότερα και ταχύτερα (Price and Probert, 1995).

Ο αριθμός των οχημάτων αυξάνεται διαχρονικά με έντονο ρυθμό, ξεπερνώντας το ρυθμό αύξησης του ΑΕΠ στις αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ στις ήδη ανεπτυγμένες χώρες παρατηρείται σταδιακή τάση σταθεροποίησης λόγω προσέγγισης σημείου κορεσμού (Dargay and Gatley, 1999). Στις αναπτυσσόμενες χώρες, αν και το κατά κεφαλήν ΑΕΠ είναι πολύ χαμηλότερο σε σχέση με τις ανεπτυγμένες, η οικονομική εξέλιξη και η βελτίωση του επιπέδου ζωής δημιούργησαν υψηλή ζήτηση για ιδιωτική μετακίνηση, όπως φαίνεται και από την διαχρονική εξέλιξη του στόλου οχημάτων (Prevedouros and Ping, 1998).

Στις ΗΠΑ, η διάχυση του αυτοκινήτου είχε επέλθει πρώιμα καθώς το 1970 αντιστοιχούσαν 440 αυτοκίνητα ανά 1000 κατοίκους. Στην Ευρώπη των 15 αντιστοιχούσαν 184, στην Ιαπωνία 80 και στην Ινδία 1 μόνο αυτοκίνητο (Panorama of Transport, 2003; Dargay and Gatley, 1999). Το 1992 στην Αμερική, η κυριότητα οχημάτων αυξήθηκε στα 540 οχήματα ανά 1000 άτομα, στην Ιαπωνία στα 310 και στην Ινδία στα 3 οχήματα. Για την Ευρωπαϊκή Ένωση, ο στόλος των οχημάτων το 1999 είχε τριπλασιασθεί σε σχέση με το 1970, ενώ η κατά κεφαλήν αναλογία έφτασε τα 460 οχήματα ανά 1000 άτομα, αυξημένη κατά 2.5 φορές. Το Λουξεμβούργο, σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του 1999 (Panorama of Transport, 2003) είναι η χώρα που έχει την υψηλότερη κατά κεφαλήν αναλογία αυτοκινήτων παγκοσμίως, με 610 ανά 1000 κατοίκους (αν και αποτελεί ιδιόμορφη περίπτωση κράτους λόγω της μικρής έκτασης του), ενώ η Ιταλία ακολουθεί με 544. Φαίνεται από τα παραπάνω ότι στις ΗΠΑ έχει περιοριστεί ο ρυθμός αύξησης του στόλου, καθώς η αύξηση της κατά κεφαλήν κυριότητας για το ίδιο διάστημα, ήταν σχετικά περιορισμένη.

Στην Ελλάδα, το 1970 κυκλοφορούσαν 230,000 επιβατικά οχήματα ενώ το 1999 ο αριθμός τους ανήλθε στα 2.9 εκατομμύρια. Ο στόλος 12πλασιάστηκε, με κατά κεφαλήν αναλογία 275 επιβατικά οχήματα ανά 1000 κατοίκους για το 1999. Εντούτοις, η Ελλάδα έχει τη χαμηλότερη κατά κεφαλήν κυριότητα επιβατικών οχημάτων στην Ε.Ε, αλλά αναμένεται σημαντική αύξηση λόγω της αναμενόμενης αύξησης της οικονομικής ανάπτυξης και συνεπώς του βιοτικού επιπέδου. Ενδεικτικά η κατά κεφαλήν ιδιοκτησία είναι 516 οχήματα ανά 1000 κατοίκους στη Γερμανία, 414 στην Μ. Βρετανία και 330 στην Πορτογαλία. (Panorama of Transport, 2003).

Στο Σχήμα 2.4 παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη της κατά κεφαλήν κυριότητας οχημάτων για τα έτη 1970–1992, για κεντρικές γεωγραφικές περιοχές.



Σχήμα 2.4. Εξέλιξη της κατά κεφαλήν κυριότητας οχημάτων για κεντρικές γεωγραφικές περιοχές, 1970-1992

**Για την Ευρώπη-15, τα τελικά στοιχεία αφορούν το έτος 1995*

2.2.3 Μεταφορικό έργο

Η αύξηση της ζήτησης για μεταφορές, όπως έχει ήδη αναφερθεί, συνδέεται με την αύξηση του διαθέσιμου εισοδήματος και τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου (Dargay and Gatley, 1999; Schafer, 2000). Το μεταφορικό έργο, δηλαδή η απόσταση που διανύεται από οχήματα και επιβάτες, είναι μία σύνθετη παράμετρος που εξαρτάται από το σύνολο των οχημάτων/επιβατών και τη μέση απόσταση που διανύεται ανά όχημα/επιβάτη (Zachariadis and Samaras, 1995). Στις μετρήσεις μετακινήσεων, υπάρχουν δύο διαφορετικοί τρόποι μέτρησης της διανυόμενης απόστασης: τα χιλιόμετρα που διανύθηκαν από το σύνολο των οχημάτων, τα οχηματοχιλιόμετρα, (στο εξής vkm) και τα χιλιόμετρα που διανύθηκαν από το σύνολο των μετακινούμενων επιβατών ή αλλιώς τα επιβατοχιλιόμετρα (στο εξής pkm), (Scholl et al 1996; Koopman 1997; Stead 1999). Όταν εξετάζεται η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές μεταξύ διαφορετικών μέσων μετακίνησης ή διαφορετικών χωρών, χρησιμοποιούνται συνήθως τα pkm, καθώς ενδιαφέρει η μετακίνηση ατόμων και όχι οχημάτων. Σε μελέτες που εξετάζεται το σύνολο των εκπομπών από μεταφορές, συνήθως χρησιμοποιούνται τα vkm.

Επειδή δεν είναι δυνατόν να υπάρχει ακριβής καταγραφή της διανυόμενης απόστασης όλων των οχημάτων ή όλων των επιβατών, αυτή συνήθως υπολογίζεται από έρευνες

μετακινήσεων. Για την Ε.Ε., στοιχεία για τα ρkm δίνονται από τρεις διαφορετικές πηγές (TERM, 2000; European Commission, 2003; European Union, 2001).

Χρησιμοποιώντας τα στοιχεία του TERM, παρατίθεται στη συνέχεια ο παρακάτω πίνακας σχετικά με την εξέλιξη του μεταφορικού έργου για την Ε.Ε, ώστε να γίνει αντιληπτή η διαχρονική της αύξηση:

Πίνακας 2.1. Εξέλιξη του μεταφορικού έργου, για όλα τα μηχανοκίνητα μεταφορικά μέσα, Ε.Ε-15 1970-1998, (10^9 ρkm)

ΕΤΟΣ	ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ	ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ	ΔΙΚΥΚΛΑ	ΑΕΡΟΠΛΑΝΑ	ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΣ	ΜΕΤΡΟ-ΤΡΑΜ	ΣΥΝΟΛΟ
1970	270	1586	97*	-**	216,8*	38,9	2208,7
1975	315	1966	109	110,6	241,1	39,5	2781,2
1980	347	2307	115	163,5	253	40,7	3226,2
1985	350	2576	115	189,4	262,4	46,3	3539,1
1990	369	3253	112	265	274,2	48,5	4321,7
1994	334	3542	122	337,1	274,5	48	4657,6
1995	384	3614	124	363,5	276,4	47,5	4809,4
1996	386	3679	127	392,3	283,9	48,3	4916,5
1997	393	3744	131	435,1	287	49,2	5039,3
1998	402*	3814	134	467,5*	289,7	50,1	5157,3

Πηγή: Eurostat, Transport and environment: Statistics for the Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) for the European Union, Luxembourg, (2000a).

*Τα στοιχεία αυτά συμπληρώθηκαν από το European Union, Energy&Transport in Figures, (2001).

Παρατηρούμε από τον πίνακα, ότι οι αεροπορικές μετακινήσεις παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ποσοστό αύξησης, όσον αφορά τα διανυόμενα ρkm, καθώς αυτά 4πλασιάζονται το 1999 σε σχέση με το 1975. Δεύτερες σε αύξηση είναι οι οδικές μετακινήσεις με επιβατικά αυτοκίνητα καθώς η διανυόμενη απόσταση είναι 2,5 φορές μεγαλύτερη το 1998 σε σχέση με το έτος βάσης. Το μερίδιο των επιβατικών οδικών μεταφορών αντιπροσωπεύει περίπου το 74% των συνολικών μετακινήσεων για το 1999, ενώ για το 1975 αυτό αποτελούσε το 70.5% του συνόλου των μετακινήσεων.

Ο Stead (2001) αναγνωρίζει ότι ο ρυθμός αύξησης του μεταφορικού έργου υπερβαίνει το ρυθμό βελτίωσης της περιβαλλοντικής τεχνολογίας. Άμεσο αποτέλεσμα αυτού είναι η όξυνση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που οφείλονται στις μεταφορές. Τίθεται επομένως θέμα βελτίωσης της μεταφορικής έντασης (transport intensity), ώστε να υπάρξει μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων και της χρήσης πόρων. Για την αποτύπωση της μεταφορικής έντασης, χρησιμοποιούνται δείκτες που διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. δείκτες ενεργειακής αποδοτικότητας (σημαντικότεροι είναι οι TOE/ρkm και TOE/tkm) και

2. ii) δείκτες οικονομικής αποδοτικότητας (σημαντικότεροι είναι οι GDP/pkm και GDP/tkm)

Η πρώτη κατηγορία δεικτών εξετάζει τις μεταβολές στην κατανάλωση ενέργειας συγκριτικά με τις μεταβολές στη διανυόμενη απόσταση, τόσο για επιβάτες όσο και για εμπορεύματα. Η δεύτερη κατηγορία εξετάζει τον ρυθμό οικονομικής εξέλιξης ως προς τον ρυθμό εξέλιξης στις μετακινήσεις επιβατών και εμπορευμάτων (tkm είναι τα τονοχιλιόμετρα, για εμπορευματικές μεταφορές). Στην δημοσίευση του Stead, εξετάζεται η μεταφορική ένταση για την Ευρώπη συνολικά, αλλά και ξεχωριστά για κάθε κράτος-μέλος της Ε.Ε, για την περίοδο 1970-1995.

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, οι δείκτες ενεργειακής αποδοτικότητας για τις επιβατικές μεταφορές, παρουσιάζονται σχεδόν αμετάβλητοι μεταξύ 1970 και 1990 (6.48×10^{-5} TOE/pkm και 6.36×10^{-5} TOE/pkm), υποδηλώνοντας ότι το μεταφορικό έργο αυξάνεται με ίδιο σχεδόν ρυθμό σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας. Στις εμπορευματικές μεταφορές, ο δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας παρουσιάζει αύξηση από τους 15.36×10^{-5} TOE/tkm το 1970 στους 18.68×10^{-5} TOE/tkm το 1995, υποδηλώνοντας ότι για μεταφορά της ίδιας ποσότητας εμπορευμάτων, απαιτείται περισσότερη ενέργεια σήμερα από ότι το 1970. Για την ίδια χρονική περίοδο, η οικονομική αποδοτικότητα παρουσιάζεται μειωμένη στις επιβατικές μεταφορές (1.47 USD/pkm το 1970 και 1.19 USD/pkm το 1995), που σημαίνει ότι το ΑΕΠ αυξάνεται με μικρότερο ρυθμό σε σχέση με την αύξηση του μεταφορικού έργου, αλλά στις εμπορευματικές μεταφορές παρατηρείται μικρή βελτίωση του δείκτη (3.47 USD/tkm το 1970 και 3.82 USD/tkm το 1995). Αναλύοντας ξεχωριστά τους παραπάνω δείκτες για κάθε κράτος-μέλος της Ε.Ε, παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των χωρών. Οι επιβατικές μεταφορές (μετρώνται σε pkm) γενικά παρουσιάζουν τάση βελτίωσης των δεικτών και οι εμπορευματικές (μετρώνται σε tkm) παρουσιάζουν χειροτέρευση. Για την Ελλάδα, παρατηρείται μείωση της μεταφορικής έντασης στην περίοδο 1970-1995. Το 1995, ο δείκτης GDP/pkm ήταν ο χαμηλότερος της Ε.Ε (περίπου 0.7 USD/pkm), που σημαίνει ότι τόσο το ΑΕΠ όσο και το μεταφορικό έργο βρίσκονται σε μικρότερο επίπεδο σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες. Κατά την περίοδο 1975-1980, όλοι οι δείκτες στην Ελλάδα παρουσίασαν κάμψη. Εντούτοις, στον τομέα της ενεργειακής αποδοτικότητας των μεταφορών, οι δείκτες παρουσιάζουν μία μικρή διαχρονική μείωση από το 1980-1995, γεγονός που φανερώνει ότι υλοποιούνται μέτρα περιορισμού της κατανάλωσης ενέργειας.

Συμπερασματικά, σύμφωνα με τον Stead, η μεταφορική ένταση σε επίπεδο χώρας εξαρτάται από τον ρυθμό ανάπτυξης της οικονομίας, την τάση στις μετακινήσεις και την διαμόρφωση της συνολικής ζήτησης για μεταφορές (η οποία καθορίζεται από την τοπογραφία, τα χαρακτηριστικά χρήσης του χώρου, κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες, μεταφορική υποδομή κτλ). Γενικά παρατηρείται ότι η αύξηση της οικονομικής ανάπτυξης (όπως φαίνεται από το κατά κεφαλήν ΑΕΠ) οδηγεί σε ακόμα μεγαλύτερη αύξηση του μεταφορικού έργου (συνεπώς και του αριθμού αυτοκινήτων). Ειδικότερα για την Ελλάδα θα πρέπει να αναμένεται σημαντική αύξηση του μεταφορικού έργου, καθώς οι δείκτες είναι οι χαμηλότεροι της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

2.2.4 Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές άνθρακα στις μεταφορές

Από τις προηγούμενες ενότητες, καθίσταται αντιληπτό ότι η αυξανόμενη ζήτηση για μεταφορικές υπηρεσίες οδηγεί σε ολοένα και περισσότερη αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας. Ο τομέας των μεταφορών είναι υπεύθυνος για περισσότερο από τη μισή της συνολικής παγκόσμιας κατανάλωσης πετρελαίου ενώ είναι ο ταχύτερα αναπτυσσόμενος τομέας σε όρους κατανάλωσης ενέργειας (Ortmeyer and Pillay, 2001; Zachariadis and Kouvaritakis, 2003). Η αύξηση των εκπομπών στον τομέα των μεταφορών οφείλεται στην αύξηση στην κατανάλωση καυσίμου, λόγω έντονης διαχρονικής αύξησης του μεταφορικού έργου (όπως επισημάνθηκε οι εκπομπές υπολογίζονται έμμεσα με συντελεστές). Από το 1971 ως το 1994, η παγκόσμια ενέργεια που καταναλώθηκε για μεταφορές αυξήθηκε κατά 77%, με μέση ετήσια αύξηση 2.6%. Αυτός ο ρυθμός αύξησης της ζήτησης για ενέργεια ξεπέρασε κατά πολύ το ρυθμό αύξησης του ΑΕΠ αλλά και της ζήτησης ενέργειας για βιομηχανικές εφαρμογές (1.3%) και άλλους τομείς τελικής κατανάλωσης (1.9%). Το μερίδιο των προϊόντων πετρελαίου που καταναλώθηκε για μεταφορές αυξήθηκε από 41.9% το 1971 σε 55.6% το 1993, παρότι στους άλλους τομείς μειώθηκε, ενώ περίπου το μισό από το συνολικά καταναλισκόμενο πετρέλαιο χρησιμοποιήθηκε στον μεταφορικό τομέα (Wohlegmuth, 1997). Για το 1997, από τη συνολική ενέργεια που καταναλώθηκε για μεταφορές, ο οδικός τομέας απαίτησε το 74.2%, ο εναέριος το 11.5% και οι υπόλοιποι το 14.3%. Στις οδικές μεταφορές, το μεγαλύτερο τμήμα της ενέργειας καταναλώνεται από τα επιβατικά αυτοκίνητα (Ortmeyer και Pillay, 2001). Στις παγκόσμιες εκπομπές άνθρακα που εκτιμήθηκαν για το 1999 περί τους 6091

MMT (εκατομμύρια μετρικοί τόνοι), το πετρέλαιο εκτιμήθηκε ότι συνεισφέρει 2712 MMT, το φυσικό αέριο 1247 MMT και ο άνθρακας 2317 MMT. Γίνεται από τα παραπάνω αντιληπτή η σημαντικότητα των μεταφορών, στην αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας και τις εκπομπές άνθρακα.

Για το έτος 1994, οι μεταφορές στην Ε.Ε ήταν υπεύθυνες για το 30.7% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας (σε όλους τους τομείς) και για το 65% της συνολικής κατανάλωσης πετρελαίου. Στον τομέα των μεταφορών, για την Ε.Ε., καταναλώθηκαν 203 ΜΤΟΕ το 1985 και 307.5 το 1999 που ισοδυναμεί σε αύξηση 52%. Από την ποσότητα αυτή, το 1999 στις οδικές μεταφορές καταναλώθηκαν οι 251.3 ΜΤΟΕ, δηλαδή το 81%. Οι Schipper *et al.* (2000), εκφράζουν την εξέλιξη της κατανάλωσης καυσίμων των οχημάτων ως προς την απόσταση. Για τις χώρες που εξετάζονται στην συγκεκριμένη δημοσίευση τους (ΗΠΑ, Ευρωπαϊκές χώρες, Ιαπωνία, Αυστραλία), παρατηρείται ότι η κατανάλωση μειώθηκε σημαντικά μόνο κατά την περίοδο 1973-1983. Στην Αμερική η κατανάλωση των νέων οχημάτων από 18 L/100 km το 1973, μειώθηκε περίπου στα 9.8 το 1983. Στις Ευρωπαϊκές χώρες, η κατανάλωση ήταν ήδη από το 1973 κάτω από τα 10 L/100 km, ενώ το 1983 κυμαινόταν από 7 έως 8.5 L/100 km. Από το 1983 μέχρι το 1995, η κατανάλωση των νέων μοντέλων παρουσιάζει τάσεις σταθεροποίησης στα επίπεδα του 1985, ενώ σε αρκετές χώρες παρουσιάζει αύξηση. Αυτό, ερμηνεύεται κυρίως από την αύξηση του βάρους και του κυβισμού των νέων μοντέλων, ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες της άνεσης, της ασφάλειας και της ταχύτητας των μετακινούμενων. Όσον αφορά τον ίδιο δείκτη, για το σύνολο του στόλου (παλαιών και νέων οχημάτων), η κατανάλωση παρουσιάζει μικρή διαχρονική μείωση σε όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες και σημαντικότερη μείωση στην Αμερική. Η Ιαπωνία είναι η μόνη χώρα στην οποία παρατηρείται αύξηση της κατανάλωσης από τα 9 L/100 Km το 1973 στα 11.8 L το 1997. Σε όλες τις εξεταζόμενες χώρες παρατηρείται διαχρονική αύξηση της διανυόμενης απόστασης, όσο αυξάνεται το κατά κεφαλήν εισόδημα. Επομένως με αύξηση της απόστασης και σταθερή την κατανάλωση ανά όχημα, είναι αναμενόμενη η ραγδαία αύξηση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών. Ενώ η μοναδιαία κατανάλωση ανά όχημα μειώνεται, φαίνεται ότι ο εντονότερος ρυθμός αύξησης του αριθμού των οχημάτων ερμηνεύει την σημαντική συνολική αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας.

Οι εκπομπές CO₂ ακολουθούν παρόμοια εξέλιξη με την κατανάλωση ενέργειας στην Ε.Ε. Το 1985 εκτιμήθηκε ότι εκλύθηκαν 2988 MT CO₂ από την ενέργεια σε όλους τους τομείς χρήσης της, ενώ το 1999 3103 MT αυξήθηκαν μόλις κατά 3.8%. Στις μεταφορές εντούτοις, το 1985 αποδόθηκαν 587 MT CO₂ ενώ το 1999 σημειώθηκε αύξηση κατά 53% στους 899 MT. Από την παραπάνω ποσότητα, οι 500 MT το 1985 οφείλονταν στις οδικές μεταφορές, ενώ το 1999 οι 746 MT, με αύξηση 49% (Panorama of Transport, 2003). Από τα παραπάνω, παρατηρούμε ότι η συνολική κατανάλωση ενέργειας και οι συνολικές εκπομπές αυξάνονται με πολύ μικρότερο ρυθμό σε σχέση με ότι συμβαίνει στον τομέα των μεταφορών. Πρέπει να αναφερθεί ότι στους υπόλοιπους τομείς ενεργειακής κατανάλωσης πλην των μεταφορών (δηλαδή ηλεκτροπαραγωγή, βιομηχανίες, οικιακή χρήση κτλ), τόσο η ενέργεια όσο και οι εκπομπές διαχρονικά μειώθηκαν οριακά κατά περίπου 0.5%. Αυτό ερμηνεύεται από τη χρήση νέων τεχνολογιών χαμηλών εκπομπών άνθρακα στην ηλεκτροπαραγωγή και στον βιομηχανικό και οικιακό τομέα, ενώ κάτι ανάλογο δεν υλοποιείται στις μεταφορές (Michaelis and Davidson, 1996; Ellis and Treanton, 1998).

Οι Scholl *et al* (1996), έχοντας παρατηρήσει ότι οι εκπομπές CO₂ αυξάνονται διαχρονικά, επικεντρώνουν στους παράγοντες που ερμηνεύουν αυτή την αύξηση. Γνωρίζοντας ότι σε κάθε χώρα ο ρυθμός αύξησης του μεταφορικού έργου είναι διαφορετικός, χρησιμοποιούνται εννέα χώρες του ΟΟΣΑ (7 Ευρωπαϊκές, Ιαπωνία και ΗΠΑ), για την περίοδο 1973-1992. Για τις χώρες αυτές αναφέρονται τα εξής: Στις ΗΠΑ, οι συνολικές εκπομπές από τις επιβατικές μεταφορές αυξήθηκαν από 866 MT το 1973 σε 968 MT το 1992, ενώ για το ίδιο διάστημα στην Ιταλία διπλασιάστηκαν από τους 34 MT στους 69 MT. Στην Ευρώπη των 7, οι εκπομπές από 214 MT ανήλθαν στους 350 MT και στην Ιαπωνία από 73 MT πήγαν στους 140 MT. Το μέγεθος ως προς το οποίο διαιρούνται τα δεδομένα ενέργειας και εκπομπών είναι η διανύμενη απόσταση.

Στην προαναφερθείσα δημοσίευση, χρησιμοποιήθηκαν πέντε δείκτες:

1. Το μεταφορικό έργο με μηχανοκίνητα μέσα (pkm/άτομο),
2. η επιλογή μεταξύ των μέσων μετακίνησης (σε %pkm του κάθε μέσου σε σχέση με τα συνολικά pkm),
3. η ένταση CO₂ (gr. CO₂/pkm),

4. η ενεργειακή ένταση (σε MJ/rkm) και
5. το μίγμα καυσίμων που καταναλώθηκε σε (CO₂/MJ).

Οι πραγματικές συνολικές εκπομπές για το τελικό έτος 1992 θεωρείται ότι προκύπτουν ως αποτέλεσμα της παράλληλης διαχρονικής μεταβολής των παραπάνω δεικτών. Αξίζει να αναφέρουμε ότι το μεταφορικό έργο (rkm/άτομο) στην Ευρώπη των 7 αυξήθηκε κατά 55% φτάνοντας στα 12250 rkm/cap το 1992, ενώ στις ΗΠΑ αυξήθηκαν κατά 13% φτάνοντας τα 22188 και στην Ιαπωνία κατά 21%, στα 9200.

Σκοπός της ανάλυσης είναι να εντοπιστεί το μέγεθος του οποίου η μεταβολή ερμηνεύει την αύξηση των εκπομπών CO₂, για κάθε μία από τις εξεταζόμενες χώρες. Για να γίνει αυτό (καθώς διαπιστώθηκε από τα ιστορικά δεδομένα ότι και οι πέντε δείκτες μεταβάλλονται διαχρονικά), εξετάστηκαν πιθανά σενάρια μεταβολής των συνολικών εκπομπών CO₂ του έτους αναφοράς (1992), θεωρώντας διαχρονική μεταβολή ενός μόνο δείκτη κάθε φορά και τους υπόλοιπους σταθερούς. Για παράδειγμα, σε ένα σενάριο θεωρήθηκε ότι στις ΗΠΑ μεταξύ των ετών 1973-1992 δεν μεταβλήθηκαν τα rkm/άτομο, η σύσταση του καυσίμου, η κατανάλωση ανά rkm καθώς και οι εκπομπές ανά rkm. Παράλληλα, μεταβλήθηκε μόνο ο δείκτης κατανομής των rkm μεταξύ των εναλλακτικών μέσων μετακίνησης. Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι αναμενόμενες εκπομπές CO₂, οι οποίες συγκρίνονται με τις πραγματικές του έτους 1992. Η παραπάνω τεχνική εφαρμόζεται για όλες τις χώρες, αλλάζοντας κάθε φορά έναν μόνο παράγοντα με τους υπόλοιπους σταθερούς.

Από τα εξεταζόμενα κριτήρια φαίνεται ότι η αύξηση του κατά κεφαλήν μεταφορικού έργου, δηλαδή των διανυόμενων rkm/άτομο, είναι ο παράγοντας που ερμηνεύει κατά κύριο λόγο την αύξηση των εκπομπών. Από τον υπολογισμό των αναμενόμενων εκπομπών CO₂ με μεταβολή ενός κριτηρίου τη φορά και τα υπόλοιπα σταθερά, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα: οι εκδοχές με μεταβολή μόνο στα κριτήρια ενεργειακής έντασης, έντασης CO₂, μίγμα καυσίμων και επιλογής μέσων μετακίνησης, δίνουν χαμηλότερες υποθετικές εκπομπές CO₂ σε σχέση με τις πραγματικές εκπομπές του 1992. Το σενάριο μεταβολής του μεταφορικού έργου (αύξηση των rkm) με τους υπόλοιπους δείκτες να βρίσκονται στα επίπεδα του 1970 δίνει περισσότερες υποθετικές εκπομπές CO₂ από τις πραγματικές. Από την ανάλυση αυτή φαίνεται η ανάγκη λήψης μέτρων και εφαρμογής πολιτικών προς περιορισμό της αύξησης των rkm/άτομο, τα οποία σε όλες τις εξεταζόμενες χώρες ακολουθούν

αυξητική τάση εξαιτίας της αυξανόμενης ανάγκης για μετακίνηση που έχει άμεση σχέση με την αύξηση της κυριότητας οχημάτων. Π.χ στην Ευρώπη των 7, για το 1992 αντιστοιχούσαν 429 αυτοκίνητα / 1000 άτομα ενώ στην Αμερική 571.

Στις δημοσιεύσεις Schipper and Marie-Lilliu (1999), Schipper *et al.* (2000), σχηματίζονται δείκτες στα ιστορικά δεδομένα και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται σε εξίσωση υπολογισμού των συνολικών εκπομπών άνθρακα και ανάλυσης των παραγόντων που τις προσδιορίζουν. Αυτή η προσέγγιση βοηθά στην κατανόηση του ρόλου των παραγόντων που διαμορφώνουν τις εκπομπές, στην αναγνώριση των δυνάμεων που οδηγούν σε αύξηση του μεταφορικού έργου, στον εντοπισμό των στοιχείων που επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμων καθώς και στη διευκόλυνση της σύγκρισης μεταξύ διαφορετικών χωρών. Η αναγνώριση των στοιχείων που υποκινούν την αύξηση των εκπομπών άνθρακα, είναι απαραίτητη για τον καθορισμό κατάλληλων πολιτικών σε επίπεδο κράτους. Στις προαναφερόμενες δημοσιεύσεις, χρησιμοποιείται η ακόλουθη εξίσωση (καλείται AISF formulation), που συνδέει τις εκπομπές άνθρακα με συγκεκριμένους παράγοντες:

$$G = A \square S_i \square I_{i,j} \square F_{i,j} \quad (2.1)$$

Όπου G, οι συνολικές εκπομπές άνθρακα

A, η συνολική διανυόμενη απόσταση (ρkm)

S_i , το ποσοστό χρήσης του μέσου μετακίνησης i, όσον αφορά την εξυπηρέτηση του συνολικού μεταφορικού έργου (ποσοστό επί των συνολικών ρkm)

$I_{i,j}$, η ενεργειακή κατανάλωση του εξεταζόμενου μέσου τύπου i, που καταναλώνει καύσιμο τύπου j (ενέργεια / ρkm)

F, το ποσοστό του κάθε καυσίμου j, πολλαπλασιασμένο με τον κατάλληλο συντελεστή εκπομπών του IPCC ώστε να μετατραπεί σε εκπομπές άνθρακα

Η ενεργειακή κατανάλωση I αποτελείται από τα εξής στοιχεία:

$$I = \frac{E_i \cdot VC_i}{CU_i} \quad (2.2)$$

Όπου E είναι η τεχνική αποδοτικότητα (ενέργεια/km/μονάδα ισχύος οχήματος), VC είναι τα χαρακτηριστικά του οχήματος (ισχύς οχήματος) και CU είναι ο η μέση πληρότητα (άτομα/όχημα). Η ενεργειακή κατανάλωση I, δείχνει πόση ενέργεια

απαιτείται για να μεταφερθεί ένα άτομο κατά ένα χιλιόμετρο, για κάθε μέσο μετακίνησης.

Έτσι είναι αντιληπτό ότι η μεταβολή των συνολικών εκπομπών για ένα έτος $t+n$ σε σχέση με το έτος βάσης t , είναι το αποτέλεσμα της μεταβολής των μεγεθών στο δεξί σκέλος της εξίσωσης (2.1). Η διαχρονική εξέλιξη των στοιχείων αυτών, συνδέεται με άλλα μεγέθη, τα οποία αναφέρονται στη συνέχεια:

Η διανύμενη απόσταση A μετράται σε συνολικά pkm για κάθε μέσο μετακίνησης S_i . Το στοιχείο που καθορίζει την εξέλιξη της διανύμενης απόστασης, για τις επιβατικές οδικές μεταφορές, είναι η κυριότητα οχημάτων. Η κυριότητα οχημάτων (οχήματα/άτομο) έχει παρατηρηθεί ότι αυξάνεται με την αύξηση του εισοδήματος ή του κατά κεφαλήν ΑΕΠ ενώ παρατηρείται σταδιακός κορεσμός στις χώρες που ήδη βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα κυριότητας (Zachariadis, 1995; Dargay and Gatley, 1997; Dargay and Gatley, 1999). Έτσι, αύξηση της κυριότητας οχημάτων, οδηγεί σε αύξηση του μεταφορικού έργου ($pkm/άτομο$). Τα $pkm/άτομο$ αυξάνονται με μικρότερο ρυθμό σε σχέση με την αύξηση του στόλου, καθώς έχει παρατηρηθεί ότι διαχρονικά μειώνεται η μέση πληρότητα (άτομα ανά όχημα). Η μέση πληρότητα μειώνεται διαχρονικά ως αποτέλεσμα της μείωσης της μέσης οικογένειας, της αύξησης των νοικοκυριών με περισσότερα από ένα αυτοκίνητα, την αύξηση των νοικοκυριών του ενός ατόμου αλλά και την αύξηση της χρήσης του αυτοκινήτου για μετάβαση στην εργασία, ιδιαίτερα για στις γυναίκες, Έτσι τα $vkms$ αυξάνονται με μεγαλύτερο ρυθμό σε σχέση με τα $pkms$. Για το λόγο αυτό, όπως παρατηρείται από τους Schipper and Marie-Lilliu, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται η απόσταση που διανύεται ανά άτομο ($pkms$) αντί για την απόσταση που διανύεται ανά όχημα ($vkms$), για τον προσδιορισμό της κατανάλωσης και των εκπομπών.

Σημαντική παρατήρηση της μελέτης είναι ότι για διαφορετικές χώρες, κοιτάζοντας στο ίδιο επίπεδο ΑΕΠ/κεφαλήν, η διανύμενη απόσταση ανά άτομο είναι διαφορετική. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που διαμορφώνουν την ζήτηση για μετακίνηση. Τέτοιοι παράγοντες είναι τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής, η πληθυσμιακή πυκνότητα καθώς και η διαφορά στην ζήτηση για μετακίνηση σύμφωνα με το σκοπό του ταξιδιού. Συγκεκριμένα, στην Αμερική, Καναδά και Αυστραλία, για δεδομένο ΑΕΠ/κεφαλήν, η διανύμενη απόσταση ανά άτομο είναι μεγαλύτερη από των Ευρωπαϊκών χωρών. Τούτο

ερμηνεύεται μερικώς από την μικρότερη πυκνότητα κατοίκων/έκταση και επομένως από τη μεγαλύτερη εξάρτηση από το αυτοκίνητο και τη δυνατότητα για γρηγορότερη μετακίνηση, λόγω μικρότερης κυκλοφοριακής συμφόρησης. Αυτό αποδεικνύεται και από το γεγονός του ότι οι Ευρωπαϊκές χώρες, για δεδομένο εισόδημα, έχουν περισσότερα pkm/car σε σχέση με την Ιαπωνία που είναι περισσότερο πυκνοκατοικημένη. Η αλλαγή στις συνήθειες μετακίνησης μπορεί να επηρεάσει τη διανύμενη απόσταση διαχρονικά. Σύμφωνα με έρευνα των Schipper, Figueroa and Gotham (1995) όπως παραπέμπονται από τους Schipper and Marie-Lilliu (1999), η χρήση του αυτοκινήτου για μετάβαση στην εργασία αποτελεί το 20-30% της συνολικής διανύμενης απόστασης, για εξυπηρέτηση οικογενειακών, εκπαιδευτικών και άλλων αστικών αναγκών περίπου 25% και για ψυχαγωγία το υπόλοιπο ποσοστό. Στην Ευρώπη, το ποσοστό χρήσης του αυτοκινήτου για μετάβαση στην εργασία εξακολουθεί να αυξάνει με μικρό ρυθμό, σε αντίθεση με την Αμερική όπου αυξάνεται το ποσοστό χρήσης του οχήματος για τις άλλες κατηγορίες. Η μέση διάρκεια ταξιδιού σε όλες τις χώρες που εξετάστηκαν κυμαίνεται από 13-15 km. Αυτό σημαίνει ότι τα περισσότερα χιλιόμετρα διανύονται με «κρύα» μηχανή και συνεπώς αυτό αυξάνει την κατανάλωση και τις εκπομπές. Παραδόξως, τα νέα οχήματα κατασκευάζονται για μεγαλύτερες ταχύτητες και μακρύτερα ταξίδια.

Από τους δείκτες που σχηματίστηκαν με χρήση των ιστορικών δεδομένων, παρατηρούνται τα εξής:

- Σε όλες τις εξεταζόμενες χώρες, η κυριότητα οχημάτων αυξάνεται σε σχέση με την αύξηση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ
- Τα $\text{vkm}/\text{άτομο}$ αυξάνονται σε όλες τις εξεταζόμενες χώρες σε σχέση με την αύξηση του ΑΕΠ/άτομο και μάλιστα με πολύ μεγαλύτερο ρυθμό από ότι τα $\text{vkm}/\text{όχημα}$.
- Τα συνολικά vkm αυξάνονται γρηγορότερα από τα pkm εξαιτίας της διαχρονικής μείωσης της μέσης πληρότητας.
- Το ποσοστό χρήσης του αυτοκινήτου αυξάνεται σε σχέση με τη χρήση των άλλων μέσων μετακίνησης.
- Οι κατά κεφαλήν εκπομπές από τις επιβατικές οδικές μεταφορές αυξάνεται μεταξύ των ετών 1973-1990, εκτός από την περίπτωση της Αμερικής, όπου η

χρήση των οχημάτων για μετάβαση στην εργασία έχει περιοριστεί. Για τα έτη 1990-1994 οι εκπομπές παρουσιάζονται σταθεροποιημένες, ενώ στη Σουηδία και στην Αγγλία έχουν μειωθεί σε σχέση με το 1990.

- Η μέση κατανάλωση των οχημάτων μειώνεται από το 1985 μέχρι το 1995, με πολύ μικρό ρυθμό, καθώς για τα νέα οχήματα η κατανάλωση είναι σχεδόν σταθερή από το 1990 και μετά.
- Στα νέα οχήματα η κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα ισχύος μειώνεται σημαντικά σε διαχρονικό επίπεδο, αλλά η ισχύς των νέων μοντέλων αυξάνεται από το 1980 και μετά. Επομένως η κατανάλωση ανά χιλιόμετρο παραμένει σχεδόν σταθερή.
- Οι εκπομπές CO₂/άτομο αυξάνονται σε σχέση με την αύξηση του ΑΕΠ/άτομο, ενώ παρουσιάζουν τάσεις σταθεροποίησης, σε υψηλά επίπεδα διαθέσιμου εισοδήματος.
- Παρατηρείται μεγάλη εξάρτηση της τιμής των καυσίμων σε σχέση με την χρήση καυσίμων για μετακινήσεις (κατά κεφαλήν χρήση καυσίμων για οχήματα).

Η διαχρονική αύξηση του μεταφορικού έργου και η ανάγκη για εκτίμηση των παραγόντων που υποκινούν αυτή την αύξηση είχε γίνει αντιληπτή αρκετά νωρίς, κυρίως από εμπειρικές διαπιστώσεις. Θεωρούμε σκόπιμο να αναφερθούμε στη συνέχεια σε ορισμένες θεωρητικές προσεγγίσεις εκτίμησης του μεταφορικού έργου, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε αρκετές περιπτώσεις σαν υποθέσεις για την ανάπτυξη μοντέλων.

2.3 Θεωρίες για το μεταφορικό έργο

Εξετάζοντας την εξέλιξη του μεταφορικού έργου, σειρά δημοσιεύσεων ασχολείται με τον χρόνο που δαπανάται από τα άτομα ημερησίως για μετακινήσεις. Συγκεκριμένα, εξετάζεται η υπόθεση του εάν ο χρόνος που τα άτομα διατίθενται να δαπανήσουν

ημερησίως για μετακινήσεις παρουσιάζει σταθερότητα, τόσο διαχρονικά όσο και ανά γεωγραφική περιοχή. Από τους πρωτοπόρους στις έρευνες αυτές ήταν ο Zahavi, ο οποίος θεωρεί ότι υπάρχει σταθερότητα του χρόνου αυτού, τόσο διαχρονικά όσο και μεταξύ διαφορετικών χωρών (Zahavi and Dendrinis, 1980). Η έννοια ανάλωσης σταθερού αποθέματος χρόνου, για μετακινήσεις σε ημερήσια βάση, καλείται travel time budget ή TTB (απόθεμα χρόνου). Παράλληλα με την αποδοχή του σταθερού TTB, αναφέρεται ότι τα άτομα δαπανούν ένα σταθερό ποσοστό του εισοδήματός τους για μετακινήσεις. Αυτή η έννοια αναφέρεται ως travel money budget ή TMB (απόθεμα εισοδήματος).

Οι παραπάνω υποθέσεις (σταθερό TTB και TMB) χρησιμοποιήθηκαν για ανάπτυξη μοντέλων μακροπρόθεσμης εκτίμησης του μεταφορικού έργου και των εκπομπών άνθρακα (Schafer and Victor, 1999; Schafer and Victor, 2000). Σκοπός της επισκόπησης των δημοσιεύσεων του αποθέματος χρόνου και εισοδήματος είναι η εκτίμηση των δυνατοτήτων ανάλυσης που προσφέρουν και ο εντοπισμός παραγόντων που μπορούν να ενσωματωθούν σε ανάπτυξη νέων μοντέλων.

2.3.1 Έπαρξη σταθερών αποθεμάτων χρόνου και εισοδήματος

Σκοπός του μοντέλου που προτείνεται από τους Zahavi και Dendrinis (1980) είναι η πρόβλεψη των μετακινήσεων για αστικές περιοχές. Το μοντέλο βασίζεται στην τεκμηρίωση υποθέσεων που προέκυψαν από εμπειρική παρατήρηση.

Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν δεδομένα έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο Washington το 1968, σε 332,662 νοικοκυριά. Από τα δεδομένα, παρατήρησαν ότι το εισόδημα και ο χρόνος που το κάθε άτομο είναι πρόθυμο να διαθέσει για να καλύψει την ημερήσια ανάγκη για μετακίνηση διαμορφώνουν προβλέψιμες σχέσεις. Απαραίτητο δεδομένο για την ανάπτυξη του μοντέλου είναι η μέση ημερήσια απόσταση που διανύει το άτομο. Διαπιστώθηκε αρχικά ότι η απόσταση αυτή γίνεται μεγαλύτερη καθώς αυξάνεται το εισόδημα.

Βασική παραδοχή του μοντέλου είναι ότι το κάθε άτομο επιδιώκει κάλυψη της ημερήσιας ανάγκης για μετακίνηση, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς των χρόνου και του εισοδήματος που μπορεί να δαπανήσει.

Με βάση τα παραπάνω, χρησιμοποιούνται τα μεγέθη του αποθέματος διαθέσιμου χρόνου (TTB) και αποθέματος διαθέσιμου εισοδήματος (TMB), ως παράγοντες που καθορίζουν τη συμπεριφορά μετακίνησης. Το TTB εκφράζεται σε λεπτά ανά ημέρα ανά άτομο και το TMB σε χρηματικές μονάδες ανά ημέρα ανά άτομο, σύμφωνα με τις απαντήσεις των ερωτηματολογίων. Ως κριτήριο διαφοροποίησης των TTB και TMB μεταξύ των νοικοκυριών θεωρείται το εισόδημα. Τα νοικοκυριά αρχικά ταξινομούνται ανά κατηγορία εισοδήματος. Στη συνέχεια, από τις μεμονωμένες απαντήσεις για τα TTB και TMB, υπολογίστηκε για κάθε κατηγορία το μέσο TTB και το μέσο TMB. Ισχύει η υπόθεση ότι το άτομο μπορεί να επιλέξει έναν από τους συνδυασμούς TTB και TMB, όχι όμως πέραν των ορίων του μέγιστου TTB και TMB της εισοδηματικής κατηγορίας στην οποία κατατάσσεται. Διαπιστώθηκε ότι το TMB που το άτομο είναι διατεθειμένο να δαπανήσει αυξάνεται με γρήγορο ρυθμό, συγκριτικά με την αύξηση στο διαθέσιμο εισόδημα. Χαρακτηριστικά, ξεκινώντας από τη χαμηλότερη κατηγορία εισοδήματος, παρατηρείται ότι όταν το εισόδημα διπλασιάζεται το TMB σχεδόν εξαπλασιάζεται (στα \$4000 το TMB είναι \$0.51, ενώ στα \$8000 είναι \$2.82). Από ένα σημείο και μετά, στα υψηλά εισοδήματα η αύξηση αυτή είναι πολύ μικρότερη και παρουσιάζει τάσεις σταθεροποίησης. Το TTB αυξάνεται με αύξηση του εισοδήματος αλλά με πολύ χαμηλότερο ρυθμό, ενώ από κάποιο επίπεδο εισοδήματος και μετά φαίνεται να σταθεροποιείται (στα \$4000 είναι 121 λεπτά, στα \$8000 είναι 137) . Είναι λογικό κάποιος με υψηλό εισόδημα να θέλει να διαθέσει περισσότερα χρήματα για μετακίνηση και να επιθυμεί να διανύει μεγαλύτερες αποστάσεις αλλά επίσης και να επιδιώκει να περιορίσει τον χρόνο μετακίνησης.

Με γνωστά τα TMB και TTB για κάθε εισοδηματική κατηγορία, μπορεί να εκτιμηθεί η κατανομή αυτών στα μέσα μετακίνησης, δηλαδή το αυτοκίνητο, το λεωφορείο και τα μέσα υψηλής ταχύτητας (π.χ. μετρό, υπερταχείες, κτλ). Συγκεκριμένα, εξετάζεται ποίοι συνδυασμοί μέσων μετακίνησης μπορούν να επιλεγούν, με κριτήριο τη μεγιστοποίηση της διανυόμενης απόστασης (ανά εισοδηματική κατηγορία), υπό τον περιορισμό των TTB και TMB. Για να γίνει αυτό, ο Zahavi χρησιμοποιεί δείκτη που ορίζει ως μοναδιαίο κόστος μετακίνησης, υπολογιζόμενο για κάθε μεταφορικό μέσο, ανά εισοδηματική κατηγορία. Το μέγεθος αυτό, αποτυπώνει το κόστος μετακίνησης σε χρηματικές μονάδες ανά χιλιόμετρο για κάθε ένα από τα εξεταζόμενα μεταφορικά μέσα, σε όλες τις εισοδηματικές κατηγορίες. Για τα δημόσια μέσα είναι σταθερό σε

όλες τις κατηγορίες εισοδήματος (δεδομένη τιμή εισιτηρίου), ενώ για το αυτοκίνητο μειώνεται καθώς αυξάνει το εισόδημα.

Διαιρώντας τα TTB και TMB με το μοναδιαίο κόστος μετακίνησης κάθε μεταφορικού μέσου, για κάθε εισοδηματική κατηγορία, υπολογίζεται η μέγιστη απόσταση που μπορεί να καλυφθεί από τη χρησιμοποίηση ενός μόνο μέσου. Όπως είναι αναμενόμενο, όταν λαμβάνεται υπόψη μόνο το TMB, το λεωφορείο υπερτερεί έναντι των άλλων μέσων, σε όλες τις κατηγορίες καθώς είναι ο φθηνότερος τρόπος μετακίνησης και έτσι καθώς αυξάνεται το TMB με την αύξηση του εισοδήματος, είναι λογικό να υπάρχει μεγάλη δυνατότητα χρήσης του συγκεκριμένου μέσου. Έτσι στην υποθετική περίπτωση που κάποιος επέλεγε λεωφορείο για όλες τις μετακινήσεις του, με κριτήριο το TMB που διατίθεται να καταβάλλει, τότε θα μπορούσε να μετακινηθεί 13.7 km σε περίπτωση που το εισόδημα του είναι \$4000 και 104 km σε περίπτωση που το εισόδημα του είναι \$11000. Αντίστοιχα, εάν κριτήριο ήταν το TTB, μπορεί να μετακινηθεί περισσότερο με αυτοκίνητο (καθώς είναι το γρηγορότερο από όλα τα μέσα που εξετάζονται) με 27 km στη χαμηλή κατηγορία εισοδήματος και 74 στην υψηλή. Επειδή όμως πρέπει να ισχύουν ταυτόχρονα οι περιορισμοί των TTB και TMB, ο Zahavi υπολογίζει τη μέγιστη απόσταση μετακίνησης με όλους τους πιθανούς τρόπους: χρήση αυτοκινήτου-λεωφορείου, αυτοκινήτου-τρένου, λεωφορείου-τρένου και λεωφορείου-αυτοκινήτου-τρένου (με μέθοδο μεγιστοποίησης). Προκύπτει ότι στα χαμηλά εισοδήματα, η χρήση λεωφορείου και τρένου οδηγεί σε μεγιστοποίηση της απόστασης, στα μεσαία εισοδήματα καλύτερος συνδυασμός είναι η χρήση αυτοκινήτου-τρένου και στα υψηλά η χρήση αυτοκινήτου-λεωφορείου (με το αυτοκίνητο να καλύπτει το 90% της απόστασης). Η μέγιστη απόσταση που μπορεί να καλύψει ένα άτομο που ανήκει στην κατηγορία των \$4000 με βάση τους περιορισμούς TTB και TMB, είναι 13.65 km ενώ στην υψηλή κατηγορία 67.15 km. Αναφέρεται ότι ο μετακινούμενος, μπορεί να επιλέγει μεταξύ των μέσων μετακίνησης με βάση άλλα κριτήρια που μεγιστοποιούν τη χρησιμότητα του, όπως την ελαχιστοποίηση του χρόνου με παράλληλη ελαχιστοποίηση του κόστους κτλ. Στην ουσία, η ανάλυση αυτή δεν προσφέρεται για περιπτώσεις μεμονωμένης εξέτασης συμπεριφορών

Για το λόγο αυτό, στην ίδια δημοσίευση γίνεται και μία δεύτερη προσέγγιση της συμπεριφοράς του μετακινούμενου, σε επίπεδο ατόμου. Το άτομο θεωρείται ότι

προσπαθεί κάθε φορά να μεγιστοποιήσει την χρησιμότητα του, καλύπτοντας την ανάγκη μετακίνησης με στόχο ο χρόνος και το εισόδημα που θα τελικά δαπανήσει να είναι μικρότερα από το μέγιστο TTB και το TMB που είναι διατεθειμένος να δαπανήσει. Η εξίσωση που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση αυτών των μεγεθών περιλαμβάνει τη μέση ταχύτητα του κάθε μέσου μετακίνησης, καθώς και το κόστος ταξιδιού, για κάθε μέσο μετακίνησης.

Τα κυριότερα ευρήματα του μοντέλου είναι τα εξής:

1. Η ημερήσια απόσταση που το κάθε άτομο επιδιώκει να διανύσει, αυξάνεται με αύξηση του εισοδήματος.
2. Ο χρόνος που το κάθε άτομο είναι διατεθειμένο να δαπανήσει για μετακινήσεις είναι σχετικά ανελαστικός σε σχέση με την αύξηση του εισοδήματος
3. Τα TMB και TTB με κριτήριο το εισόδημα, υποδεικνύουν παρόμοιες συμπεριφορές μετακίνησης σύμφωνα με την εισοδηματική τάξη.
4. Το TMB για μετακινήσεις, σαν ποσοστό επί του συνολικού εισοδήματος, αυξάνεται όσο αυξάνει το εισόδημα για τις χαμηλές εισοδηματικές τάξεις, αλλά μετά σταθεροποιείται.
5. Η επιλογή μεταξύ των μέσων μετακίνησης καθορίζεται από το μοναδιαίο κόστος μετακίνησης κάθε μέσου σε περίπτωση που γίνεται σωρευτική θεώρηση (Aggregate approach).
6. Σε περίπτωση μεμονωμένης ανάλυσης συμπεριφορών, αυτή καθορίζεται με βάση την αρχή μεγιστοποίησης της συνολικής χρησιμότητας, όπου επιδιώκεται περιορισμός του κόστους και χρόνου ταξιδιού. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται ειδική εξίσωση του μοντέλου.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα είναι τα εξής:

1. Με δεδομένο το απόθεμα χρόνου και χρήματος, ο χρόνος που εξοικονομείται εάν καλυφθεί η ανάγκη για μετακίνηση (πχ. με μελλοντική βελτίωση της μεταφορικής υποδομής, ή με τηλε-εργασία

κτλ.), θα πρέπει αναγκαστικά να δαπανηθεί σε περισσότερη μετακίνηση, σύμφωνα με τη λογική του μοντέλου.

2. Σύμφωνα με το μοντέλο (ερμηνεία συμπεριφοράς), θα έπρεπε να εξετάζονται και οι πιθανές εξελίξεις που μπορούν να αλλάξουν την συμπεριφορά των μετακινούμενων και να μετατοπίσουν τα TTB και TMB, πράγμα το οποίο δεν γίνεται. Για παράδειγμα μπορεί να μειωθεί η διανυόμενη απόσταση για δεδομένα TTB και TMB, ως αποτέλεσμα αύξησης της κυκλοφοριακής συμφόρησης ή αύξησης του κόστους μεταφοράς κτλ.
3. Οι ερευνητές δεν αναφέρουν το πώς ακριβώς υπολογίστηκαν τα TTB και TMB από τις απαντήσεις των ερωτηθέντων στην έρευνα. Ακόμα δεν αναφέρονται τι είδους ερωτήσεις έγιναν, σχετικά με τις μετακινήσεις.

Σε μοντέλα συμπεριφοράς όπως το εξεταζόμενο, θα πρέπει να ενσωματώνονται στην ανάλυση, δεδομένα που μπορούν να οδηγήσουν σε αλλαγές της αντίληψης των μετακινούμενων. Οι παράγοντες που καθορίζουν την συμπεριφορά, δεν μπορούν να ενσωματωθούν εύκολα σε μοντέλα. Εντούτοις, το συγκεκριμένο μοντέλο είναι ένα καλό εργαλείο για μακροπρόθεσμες προβλέψεις, καθώς δεν απαιτεί δυσεύρετες ή εξειδικευμένες χρονολογικές σειρές.

Ο Gunn (1981) πραγματοποιεί επισκόπηση των προηγούμενων δημοσιεύσεων σχετικά με το TTB και TMB. Σκοπός είναι η εξέταση των εμπειρικών διαπιστώσεων για σταθερό TTB και TMB, καθώς και η σημασία αυτών για ερμηνεία της συμπεριφοράς μετακίνησης. Παράλληλα, αναφέρονται τα κυριότερα ευρήματα των άλλων ερευνητών σχετικά με τα TTB και TMB.

Τα δεδομένα, προέρχονται από έρευνες πεδίου στην Μ. Βρετανία για τα έτη 1966, 1972-73 (12,347 άτομα) και 1975-76 (10,000 νοικοκυριά). Επιπλέον χρησιμοποιούνται στοιχεία από έρευνες πεδίου σχετικά με την ανάλωση του οικογενειακού εισοδήματος, από το 1959 και έπειτα. Τέλος, χρησιμοποιούνται ετήσια στατιστικά δεδομένα για διάφορα έτη. Εφαρμόζεται η μέθοδος της περιγραφικής ανάλυσης και της παλινδρόμησης. Στη δημοσίευση, εξετάζονται δύο μέτρα προσδιορισμού της συμπεριφοράς μετακίνησης: i) το συνολικό απόθεμα

χρόνου που δαπανήθηκε για μετακινήσεις καθώς και ii) το τρέχον απόθεμα εισοδήματος που δαπανάται για μετακινήσεις. Το συνολικό απόθεμα χρόνου θεωρήθηκε ότι είναι το σύνολο του χρόνου που οι ερωτώμενοι απάντησαν ότι δαπανούν για μεταφορές, συμπεριλαμβάνοντας τον χρόνο αναμονής καθώς και τις μετακινήσεις με τα πόδια. Το τρέχον απόθεμα εισοδήματος περιλαμβάνει τα έξοδα κίνησης και συντήρησης ενός ιδιωτικού αυτοκινήτου καθώς και τα άλλα έξοδα για μετακινήσεις.

Κυριότερες διαπιστώσεις της έρευνας:

1. Το ποσοστό του αποθέματος χρόνου και εισοδήματος για μετακίνηση με όλους τους δυνατούς τρόπους, αυξήθηκε διαχρονικά
2. Παραπέμποντας στον Mogridge (1977), αναφέρεται ότι το ποσοστό του διαθέσιμου εισοδήματος που δαπανάται για μετακινήσεις με αυτοκίνητο παραμένει σταθερό διαχρονικά. Εντούτοις, το ποσοστό του διαθέσιμου εισοδήματος που δαπανάται στα δημόσια μέσα μετακίνησης αλλάζει διαχρονικά, πιθανόν λόγω αλλαγής του επίπεδου εξυπηρέτησης και των τιμών των εισιτηρίων.
3. Τα ΤΤΒ και ΤΜΒ παρατηρήθηκε ότι έχουν διακύμανση περίπου 10% ανάλογα με την ημέρα της εβδομάδας και την εποχή. Το απόθεμα εισοδήματος παρουσίασε εποχική διακύμανση, καθώς την άνοιξη και το καλοκαίρι ήταν μεγαλύτερο σε σχέση με το φθινόπωρο και το χειμώνα.
4. Παραπέμποντας στον Tanner (1961), αναφέρεται ότι η μέση απόσταση που διανύεται από άτομα που κατοικούν σε διαφορετικές περιοχές είναι παρόμοια, αλλά το απόθεμα εισοδήματος για μετακίνηση είναι διαφορετικό. Έτσι, τα άτομα που ζουν σε αστικές περιοχές ξοδεύουν περισσότερο χρόνο για μετακινήσεις από τα άτομα που κατοικούν σε αγροτικές περιοχές. Συνεπώς, τα άτομα που κατοικούν σε αστικές περιοχές, είναι διατεθειμένα να δαπανήσουν μεγαλύτερο ποσοστό του εισοδήματος τους για μετακινήσεις. Ο Tanner παρατήρησε ακόμα ότι το ΤΜΒ αυξάνεται με την αύξηση του εισοδήματος, γεγονός το οποίο επαληθεύτηκε και από τον Zahavi (1980).
5. Η ηλικία, το επίπεδο εισοδήματος και το επάγγελμα, αποτελούν παράγοντες καθορισμού του ΤΤΒ. Παρατηρήθηκε ότι τα άτομα ηλικίας 17-24 δαπανούν περισσότερο χρόνο για μετακινήσεις από τις άλλες ηλικιακές ομάδες. Τα

άτομα κάτω από 16 και άνω των 60 ετών, δαπανούν τον λιγότερο χρόνο. Ακόμα, παρατηρήθηκε ότι ο χρόνος που δαπανάται για μεταφορές αυξάνει καθώς αυξάνεται το εισόδημα. Αυτοί που εργάζονται δαπανούν περισσότερο χρόνο για μετακινήσεις από αυτούς που δεν εργάζονται.

6. Επισημάνθηκε ότι οι γυναίκες ταξιδεύουν λιγότερο από τους άντρες, ιδιαίτερα οι γυναίκες που κατοικούν σε αγροτικές περιοχές.

Ο Hupkes (1982) επιχειρεί να εξηγήσει την ύπαρξη σταθερού αποθέματος χρόνου για μετακινήσεις καθώς και ένα σταθερό μοτίβο μετακινήσεων των ατόμων με βάση βιοψυχολογικούς παράγοντες καθώς και με προσέγγιση μεγιστοποίησης της χρησιμότητας. Για την ανάλυση, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από έρευνες στην Ολλανδία το 1962 και 1972. Η ανάλυση ακολουθεί την περιγραφική μέθοδο.

Διαπιστώθηκαν τα εξής:

1. Ενώ τα επιβατοχιλιόμετρα (pkm) αυξήθηκαν κατά 60% μεταξύ 1962-1972, ο μέσος χρόνος μετακίνησης καθώς και ο μέσος αριθμός ταξιδίων παρέμειναν σταθερά ανά άτομο ετησίως. Σε ημερήσια βάση, από τα δεδομένα προέκυψε ότι το 1962 πραγματοποιούνταν 4.3 ταξίδια ανά άτομο, ενώ το 1972, γινόταν 4.2 ταξίδια. Ο χρόνος μετακίνησης ανά ημέρα ήταν σταθερός στις 1.2 ώρες και στα δύο έτη.
2. Χρησιμοποιώντας την ψυχολογική προσέγγιση, παρατηρείται ότι τα άτομα επιχειρούν να σταθεροποιήσουν τον μέσο χρόνο που διαθέτουν για μετακινήσεις κάθε μέρα, διότι αν κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του άγχους.
3. Χρησιμοποιώντας την προσέγγιση της μεγιστοποίησης της χρησιμότητας, παρατηρείται ότι αυτή εμπεριέχει δύο στοιχεία: την ενδογενή χρησιμότητα που περιλαμβάνει το ταξίδι από μόνο του (π.χ. ευχαρίστηση κατά τη διαδρομή) καθώς και τη χρησιμότητα που θα προέρθει από τη δραστηριότητα που πρέπει να γίνει στον προορισμό. Επισημαίνεται από τους ερευνητές ότι προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη συνολική χρησιμότητα, τα άτομα προτιμούν να δαπανούν συγκεκριμένο χρόνο ανά ημέρα.

Εντούτοις, τόσο η προσέγγιση της χρησιμότητας όσο και της ψυχολογίας, δεν εξηγούν με ακρίβεια το γιατί ο χρόνος που δαπανάται παραμένει σταθερός.

Ο Prunivis (1994) εξετάζει την μεταβολή των χαρακτηριστικών μετακίνησης σε σχέση με τα TTB και TMB, για την περιοχή του San Francisco Bay μεταξύ των ετών 1960-1990.

Ο ερευνητής χρησιμοποίησε τρεις έρευνες σε επίπεδο νοικοκυριών, που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή το 1965, 1981 και 1990. Η έρευνα του 1965 ήταν προσωπική συνέντευξη σε 20,486 νοικοκυριά, σχετικά με της συνήθειες μετακίνησης κατά τις εργάσιμες ημέρες. Επιπλέον 10,200 νοικοκυριά, ρωτήθηκαν για τις συνήθειες μετακίνησης κατά τις αργίες. Η έρευνα του 1981 ήταν τηλεφωνική, σε 7,089 νοικοκυριά, διαχωρίζοντας και πάλι σε αργίες και εργάσιμες. Η έρευνα του 1990 ήταν τηλεφωνική σε πάνω από 10,800 νοικοκυριά. Και οι τρεις έρευνες πραγματοποιήθηκαν σε όλα τα άτομα του κάθε νοικοκυριού, από 5 ετών και άνω. Συλλέχθηκαν βασικά χαρακτηριστικά του νοικοκυριού, ατομικά δεδομένα καθώς και δεδομένα για τις μετακινήσεις. Οι εξεταζόμενες μεταβλητές ήταν το εισόδημα, η κυριότητα οχημάτων, η ηλικία, το φύλλο, η εθνικότητα και η εργασιακή κατάσταση. Οι μεταβλητές για τις μετακινήσεις αφορούσαν τα μέσα μετακίνησης, την προέλευση-προορισμό και σκοπό κάθε ταξιδιού, την χρονική έναρξη και λήξη κάθε ταξιδιού καθώς και την πληρότητα του οχήματος. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε ήταν η περιγραφική ανάλυση των δεδομένων.

Τα κυριότερα ευρήματα είναι τα εξής:

1. Ο ερευνητής εξέτασε το συνολικό χρόνο που διατίθεται για μετακινήσεις σε επίπεδο ατόμου και νοικοκυριού συνολικά. Ο χρόνος αφορούσε τις μηχανοκίνητες μετακινήσεις αλλά και το σύνολο των μετακινήσεων. Μεταξύ των ετών 1965-1981 το συνολικό απόθεμα χρόνου αυξήθηκε από 0.86 ώρες ανά ημέρα ανά άτομο, σε 1.07 ώρες. Μεταξύ των ετών 1981-1991 ο χρόνος μειώθηκε στις 1.03 ώρες.
2. Εξετάζοντας μεμονωμένα έτη, παρατηρήθηκε ότι ο ημερήσιος χρόνος μετακίνησης ανά άτομο είναι σταθερός, για όλα τα επίπεδα κυριότητας οχημάτων, αλλά ο ημερήσιος χρόνος ανά νοικοκυριό γίνεται μεγαλύτερος όσο αυξάνεται η κυριότητα οχημάτων.

Εξετάζοντας μεμονωμένα έτη, ο ημερήσιος χρόνος μετακίνησης ανά άτομο μειώνεται καθώς αυξάνεται το μέγεθος του νοικοκυριού, αλλά η αύξηση του μεγέθους του νοικοκυριού έχει σαν συνέπεια την αύξηση του χρόνου μετακίνησης ανά νοικοκυριό.

2.4 Μοντέλα

Τα μοντέλα αποτελούν συναρτησιακές σχέσεις που χρησιμοποιούνται για προσομοίωση της λειτουργίας ενός συστήματος ή για εκτίμηση της μελλοντικής εξέλιξης παραγόντων ενδιαφέροντος (Herbruggen, 2002).

Στον κλάδο των μεταφορών, τα μοντέλα που εξετάζουν την εξέλιξη των οχημάτων, του μεταφορικού όγκου, των εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας, διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες (Jong *et al*, 2002, Lam and Tam, 2002):

- τα σωρευτικά (aggregate models) και
- τα αναλυτικά (disaggregate models)

Στα σωρευτικά μοντέλα, το επίπεδο ανάλυσης είναι μακροσκοπικό ενώ το πεδίο εφαρμογής αφορά ευρείες γεωγραφικές περιοχές (κρατικό επίπεδο ή επίπεδο χώρας). Τα μοντέλα που εφαρμόζονται είναι οικονομετρικά, ενώ συχνά εφαρμόζεται παράλληλα και η περιγραφική ανάλυση των δεδομένων (Mokhtarian and Chen, 2002). Η πρόβλεψη βασίζεται σε υποθέσεις σχετικά με την εξέλιξη μακροοικονομικών δεδομένων σε επίπεδο κράτους, όπως ο πληθυσμός, το ΑΕΠ κλπ. (τα οποία θεωρούνται ως ανεξάρτητες μεταβλητές). Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται συγκεντρωτικά δεδομένα, τα οποία συλλέγονται από τις κρατικές στατιστικές υπηρεσίες ή τους αρμόδιους οργανισμούς (Bijun, 2001).

Στα αναλυτικά μοντέλα, η ανάλυση εστιάζει σε χαρακτηριστικά ατόμων ή νοικοκυριών. Σε αντίθεση με τη σωρευτική προσέγγιση, τα μοντέλα αυτά μπορούν να ενσωματώσουν την ατομική συμπεριφορά. Στόχος είναι η αποκάλυψη της συμπεριφοράς που υποκινεί τη δράση των ατόμων. Συνήθως, η αρχή που λειτουργεί ως καθοριστικός παράγοντας δράσης των ατόμων θεωρείται ότι είναι η μεγιστοποίηση της χρησιμότητας. Τα νοικοκυριά αναμένεται ότι επιλέγουν μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων τη λύση αυτή που μεγιστοποιεί τη χρησιμότητα τους.

Τέτοιες αναλύσεις προϋποθέτουν έρευνα πεδίου για τη συλλογή των δεδομένων, όπου ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα απαντά σε συγκεκριμένες ερωτήσεις από τις οποίες προκύπτουν οι μεταβλητές του μοντέλου. Τα αποτελέσματα έπειτα ανάγονται στο σύνολο, με την αποδοχή ότι αυτό έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με το δείγμα (κοινωνικά, οικονομικά, γεωγραφικά κτλ.). Η προσέγγιση αυτή υπερέχει από τη σωρευτική θεώρηση, όταν εξετάζεται ένα πεπερασμένο υποσύνολο του ευρύτερου συνόλου. Συνεπώς, η χρήση της προτιμάται για αναλύσεις σε επίπεδο πόλης, περιοχής ή ομάδας ατόμων.

- Τονίζεται ότι στην ανάλυση που επιχειρούμε στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιούνται σωρευτικά μοντέλα, καθώς επίπεδο ενδιαφέροντος είναι το σύνολο της χώρας. Για τον λόγο αυτό, δίνουμε ιδιαίτερη βαρύτητα στην παρουσίαση των κυριότερων σωρευτικών μοντέλων που έχουν εντοπιστεί σε αντίστοιχες δημοσιεύσεις.

2.4.1 Σωρευτικά Μοντέλα (Aggregate models)

Εξέλιξης στόλου οχημάτων

Σημαντική μεταβλητή για υπολογισμό των εκπομπών από τις επιβατικές οδικές μεταφορές, θεωρείται ο στόλος των οχημάτων. Στα μοντέλα που θα ακολουθήσουν η ιδιοκτησία οχημάτων θεωρείται ως μεταβλητή προς διερεύνηση (ανεξάρτητη μεταβλητή). Η χρησιμοποιούμενη μέθοδος ανάλυσης είναι η εφαρμογή παλινδρόμησης. Συνεπώς για την εκτίμηση της κυριότητας οχημάτων, απαιτούνται ιστορικά δεδομένα για τον αριθμό των οχημάτων καθώς και εκτιμήσεις της εξέλιξης των εκάστοτε χρησιμοποιούμενων ανεξάρτητων μεταβλητών, όπως του πληθυσμού, του ΑΕΠ, μεταβλητών του μεταφορικού τομέα, κτλ.

Στη δημοσίευση των Zachariadis *et al.* (1995), αναπτύσσεται μοντέλο για την ιδιοκτησία οχημάτων σε διάφορες χώρες, με χρήση δεδομένων από το 1970 ως το 1991. Θεωρείται ότι επιτυγχάνεται ικανοποιητική προσομοίωση της εξέλιξης στην κυριότητα οχημάτων με χρήση σιγμοειδούς καμπύλης (τύπου S) ως προς το χρόνο. Σύμφωνα με τον Zachariadis, μια τέτοια καμπύλη εξομοιώνει ικανοποιητικά τις τρεις

πιθανές περιπτώσεις όσον αφορά την ιδιοκτησία αυτοκινήτων. Οι περιπτώσεις αυτές είναι η σχετικά νέα αγορά (μικρή κυριότητα οχημάτων, αυξανόμενος ρυθμός εξέλιξης), η αγορά σε άνθηση (μεσαία κυριότητα οχημάτων, υψηλός ρυθμός εξέλιξης) και η αγορά σε κορεσμό (υψηλή ή πολύ υψηλή κυριότητα οχημάτων, χαμηλός ή σχεδόν μηδενικός ρυθμός εξέλιξης). Στην συγκεκριμένη δημοσίευση εκ παραδοχής η εξέλιξη της κυριότητας οχημάτων εξαρτάται μόνο από τον χρόνο (ανεξάρτητη μεταβλητή) και τη μέγιστη θεωρητική τιμή που μπορεί να λάβει η κυριότητα (άνω όριο καμπύλης S). Θεωρείται επομένως ότι οικονομικές παράμετροι (όπως ρυθμός ανάπτυξης, ΑΕΠ, κτλ.) δεν είναι απαραίτητο να συμπεριληφθούν για την εκτίμηση της κυριότητας, καθώς η αύξηση της είναι δεδομένη με την πάροδο των ετών.

Η χρησιμοποιούμενη συνάρτηση είναι η Gompertz. Η συνάρτηση περιλαμβάνει δύο παραμέτρους προσαρμογής της κλίσης καθώς και μία παράμετρο που καθορίζει το άνω όριο (ανάλογου τύπου είναι η καμπύλη logistic, Cumulative Normal, κ.α. βλ. SPSS 10 Base Manual). Η αριθμητική έκφραση της συνάρτησης έχει ως ακολούθως:

$$VD_i(t) = \frac{1}{e^{e^{M_i + b_i t} + K_i}} \quad (2.3)$$

Όπου $VD_i(t)$ = η πυκνότητα των οχημάτων τύπου I (οχήματα ανά 1000 άτομα)

T = ο χρόνος σε έτη (πχ. 0 για το 1970, 31 για το 2000, κτλ)

$K_i = -\ln(S_i)$

S_i = η πυκνότητα κορεσμού: $S_i = \lim_{t \rightarrow \infty} VD_i(t)$

M_i, b_i = Οι παράμετροι καθορισμού της κλίσης της συνάρτησης

Το S_i , δηλαδή το μέγιστο επίπεδο κορεσμού δεν μπορεί να εκτιμηθεί από τα ιστορικά δεδομένα, για το λόγο αυτό θα πρέπει να προσδιοριστεί εξωτερικά από τον ερευνητή. Θεωρώντας ότι το S κυμαίνεται μεταξύ κάποιων λογικών τιμών ελαχίστου και μεγίστου (πχ. 450 έως 700 οχήματα/1000 κατοίκους, δηλαδή $S_{\min} < S < S_{\max}$), μπορούμε να υπολογίσουμε από την παραπάνω συνάρτηση, τις παραμέτρους M και b , με μέθοδο γραμμικής παλινδρόμησης στα ιστορικά δεδομένα. Ο μετασχηματισμός της (1) σε συνάρτηση τύπου $ax + b$ δίνει το εξής αποτέλεσμα:

(2.4)

$$\text{Ln} [- \ln(\text{VD}_i(t) - \text{K}_i)] = \text{M}_i + \text{b}_i t \quad (2.4)$$

Εφαρμόζοντας γραμμική παλινδρόμηση στη συνάρτηση (2.4), θεωρώντας ότι η εξαρτημένη μεταβλητή είναι το αριστερό σκέλος της συνάρτησης και ανεξάρτητη ο χρόνος t , καταλήγουμε σε μία πρώτη εκτίμηση των M_i και b_i . Πριν την παλινδρόμηση αρχικά εκτελούνται οι πράξεις στην αριστερή πλευρά της συνάρτησης χρησιμοποιώντας όπου K_i , το $-\ln(\text{S}_i)$, όπου το S_i θα είναι το επίπεδο κορεσμού που θεωρούμε ότι βρίσκεται στο διάστημα (450, 700). Για να βρούμε τις κατάλληλες τιμές των M και b , δοκιμάζονται όλες οι πιθανές τιμές του S_i , στο διάστημα ενδιαφέροντος. Δηλαδή, στην πρώτη δοκιμή της παλινδρόμησης επιλέγουμε $\text{S}_i = 450$ και παίρνουμε τιμές για το b , M και R^2 . Στην δεύτερη δοκιμή επιλέγουμε $\text{S}_i = 451$ κτλ., μέχρι να δοκιμάσουμε όλες τις τιμές του S_i μέχρι το 700 (Trial and error). Επιλέγεται τελικά σαν επίπεδο κορεσμού η τιμή εκείνη του S_i για την οποία η παλινδρόμηση έχει το μεγαλύτερο R^2 .

Με τον τρόπο αυτό, μπορούμε να εντοπίσουμε την καμπύλη Gompertz που έχει την καλύτερη προσαρμογή στα ιστορικά δεδομένα και να την προεκτείνουμε στον χρόνο (καθώς ο χρόνος είναι η μόνη ανεξάρτητη μεταβλητή της συνάρτησης 1).

Η συνάρτηση προσφέρει πολύ ικανοποιητική προσαρμογή στα ιστορικά δεδομένα, για τις χώρες στις οποίες χρησιμοποιήθηκε (Γερμανία, Αγγλία, Πορτογαλία και Ελλάδα), με το R^2 να βρίσκεται σε κάθε περίπτωση πάνω από το 0.95. Για την Ελλάδα το R^2 για τα επιβατικά οχήματα ήταν 0.992, γεγονός που υποδηλώνει ότι η καμπύλη Gompertz προσαρμόστηκε πολύ ικανοποιητικά στα ιστορικά δεδομένα.

Εντούτοις, αντιπαραβάλλοντας την πρόβλεψη της μελέτης για το έτος 2000 με τα πραγματικά δεδομένα κυριότητας τα οποία έχουμε διαθέσιμα κατά τον χρόνο συγγραφής της παρούσας εργασίας, διαπιστώνουμε σημαντικότερη απόκλιση. Ο Zachariadis χρησιμοποιώντας τα ιστορικά δεδομένα του στόλου των επιβατικών οχημάτων από το 1970 μέχρι το 1990, εκτίμησε ότι το 2000 η πυκνότητα οχημάτων θα είναι περίπου 210 οχήματα/1000 άτομα. Με βάση το γεγονός ότι η πραγματική πυκνότητα οχημάτων για το 2000 ήταν 300 οχήματα/1000 άτομα γίνεται αντιληπτό ότι στη μελέτη του Zachariadis υποεκτιμήθηκε το S_i , δηλαδή το μέγιστο επίπεδο κορεσμού. Εξαιτίας αυτού, η καμπύλη πρόβλεψης στην περίπτωση της Ελλάδας παρουσιάζει σχετικά σταθεροποιητική τάση σε χαμηλό επίπεδα κυριότητας (γύρω

στο 350 οχήματα/1000 άτομα), μετά το έτος 2010, γεγονός που επισημαίνεται και από τους Zachariadis *et al.* Εντούτοις έχουμε τη δυνατότητα να μεταβάλλουμε εξωτερικά το S_i , ώστε να προσαρμόζουμε την προσαρμογή της συνάρτησης, σύμφωνα με τα νεότερα δεδομένα που είναι διαθέσιμα.

Η κυριότητα οχημάτων εξετάζεται στις δημοσιεύσεις των Dargay and Gately (1997), (1999) με εφαρμογή συνάρτησης Gompertz στα δεδομένα εξέλιξης της κατά κεφαλήν κυριότητας. Η συνάρτηση περιλαμβάνει παραμέτρους ρύθμισης της κλίσης, στο άνω και κάτω τμήμα της και παράμετρο καθορισμού του άνω ορίου. Οι Dargay και Gately θεωρούν ότι θα πρέπει να συμπεριληφθούν στην εξίσωση πρόβλεψης σαν ανεξάρτητες μεταβλητές τόσο το κατά κεφαλήν ΑΕΠ όσο και η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής (της κατά κεφαλήν κυριότητας) με υστέρηση ενός έτους (lagged variable). Το ανώτατο όριο όσον αφορά την κυριότητα οχημάτων, ορίζεται με παραδοχή στα 0.69 αυτοκίνητα ανά κάτοικο, το οποίο θεωρείται ως το μέγιστο επίπεδο κορεσμού της ζήτησης για οχήματα, ανεξαρτήτως χώρας (δηλαδή 690 αυτοκίνητα/1000 κατοίκους). Καθώς το κατά κεφαλήν ΑΕΠ πλησιάζει υψηλά επίπεδα, η κυριότητα οχημάτων αυξάνεται με μικρότερο ρυθμό, ενώ μειώνεται πλησιάζοντας το επίπεδο κορεσμού. Η χρησιμοποιούμενη συνάρτηση Gompertz έχει την παρακάτω μορφή:

$$C_{it} = \theta \cdot [\gamma \cdot e^{a \cdot e^{(b \cdot GDP_{it})}}] + (1-\theta) \cdot C_{it-1} \quad (2.5)$$

Όπου C_{it} (εξαρτημένη μεταβλητή), η προβλεπόμενη κυριότητα οχημάτων τον χρόνο t για την χώρα i , GDP_{it} το κατά κεφαλήν ΑΕΠ σε σταθερές τιμές, ενώ οι παράμετροι θ , α , β και γ ρυθμίζουν την κλίση της συνάρτησης στα χαμηλά και στα υψηλά εισοδηματικά επίπεδα. Ειδικότερα, το θ είναι η ταχύτητα κορεσμού της αγοράς όσον αφορά την κυριότητα οχημάτων, το α ρυθμίζει την κλίση της συνάρτησης στα χαμηλά εισοδήματα, το β ρυθμίζει την κλίση της συνάρτησης στα υψηλά εισοδήματα, ενώ το γ είναι το επίπεδο κορεσμού, πέραν του οποίου δεν αυξάνεται το C_{it} .

Οι παράμετροι θ και γ , δηλαδή η ταχύτητα κορεσμού και το μέγιστο σημείο κορεσμού, θεωρούνται σταθερές για όλες τις χώρες της ανάλυσης. Οι τιμές των α και β , δηλαδή η κλίση της καμπύλης για χαμηλά και υψηλά εισοδήματα, εξαρτώνται από την ελαστικότητα εισοδήματος ως προς την κυριότητα οχημάτων και είναι

διαφορετικές για κάθε χώρα. Είναι προφανές ότι θα είναι διαφορετική η ζήτηση οχημάτων για δεδομένο εισόδημα σε μία ανεπτυγμένη χώρα σε σχέση με μία αναπτυσσόμενη. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην ανάλυση των Dargay και Gately, το β δηλαδή η κλίση της καμπύλης κυριότητας οχημάτων για υψηλά εισοδηματικά επίπεδα, θεωρήθηκε σταθερό για όλες τις εξεταζόμενες χώρες. Γίνεται συνεπώς δεκτή η υπόθεση ότι στα πολύ υψηλά εισοδήματα η συμπεριφορά των καταναλωτών θα είναι η ίδια ανεξαρτήτως από το ποια χώρα εξετάζεται. Οι τιμές του α υπολογίζονται με μέθοδο μη γραμμικής παλινδρόμησης με βάση τα ιστορικά δεδομένα για τον στόλο, το ΑΕΠ και τον πληθυσμό. Γίνονται δεκτές οι παραδοχές σχετικά με την αναμενόμενη εξέλιξη του ΑΕΠ και του πληθυσμού σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των Ηνωμένων Εθνών και της Παγκόσμιας.

Με βάση τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή που εκτιμήθηκε ότι μπορεί να λάβει το α , οι εξεταζόμενες χώρες ταξινομήθηκαν σε πέντε κατηγορίες (i. OECD-Europe, ii. USA, iii. Denmark and Japan, iv. China, India, Pakistan and Turkey, v. South Korea, Mexico, Israel and Taiwan). Ως εκ τούτου υπολογίστηκαν τελικά πέντε διαφορετικές καμπύλες S , με διαφορετικές τιμές του C_{it} και επομένως διαφορετική κλίση και ίδια άνω ασύμπτωτο.

Οι Lam και Tam (2002), ελέγχουν την αξιοπιστία του μοντέλου που χρησιμοποιείται στην περίπτωση του Hong Kong, για εκτίμηση της εξέλιξης του συνολικού αριθμού οχημάτων, γνωρίζοντας την πραγματική τιμή του στόλου για το έτος 1997. Στο ήδη χρησιμοποιούμενο μοντέλο (CTS-2), διαπιστώθηκε αρχικά ότι οι εκτιμήσεις οδηγούν σε αριθμό οχημάτων μικρότερο από τον πραγματικό. Σκοπός της δημοσίευσης είναι η διαμόρφωση ενός μοντέλου εκτίμησης του συνολικού αριθμού οχημάτων το οποίο δεν θα παρουσιάζει αυτοσυσχέτιση στον συντελεστή σφάλματος της παλινδρόμησης (autocorrelation) καθώς και ο υπολογισμός της αξιοπιστίας της πρόβλεψης, με έλεγχο στην κατανομή των σφαλμάτων της παλινδρόμησης.

Για το μοντέλο χρησιμοποιούνται σωρευτικά (aggregate) δεδομένα. Οι μεταβλητές που επιλέχθηκαν για αξιολόγηση είναι το ΑΕΠ, ο αριθμός των ταξιδιών που γίνονται με δημόσια μεταφορικά μέσα, τα pkm των επιβατικών τρένων, το ετήσιο τέλος κυκλοφορίας ανά όχημα, ο φόρος ταξινόμησης των νέων οχημάτων, η μέση τιμή της βενζίνης, ο πληθυσμός και η πληθυσμιακή πυκνότητα.

Για τις επιλεγόμενες μεταβλητές, αρχικά εξετάζεται η συσχέτιση τους. Για αποφυγή της πολυσυγραμμικότητας (multicollinearity), παραλείπεται μία από τις μεταβλητές που παρουσιάζουν μεγάλη συσχέτιση (πάνω από 0.9). Επιπλέον για να αποφευχθεί η αυτοσυσχέτιση (autocorrelation) του σφάλματος, οι μεταβλητές εισάγονται με χρήση λογαριθμικής έκφρασης των διαφορών. Επιπλέον ο στόλος των μοτοσικλετών μετατρέπεται σε ισοδύναμες μονάδες αυτοκινήτων, θεωρώντας ότι τρεις μοτοσικλέτες ισοδυναμούν με ένα αυτοκίνητο. Τελικά, στο μοντέλο υπολογίζεται με παλινδρόμηση ο αριθμός των ισοδύναμων μονάδων αυτοκινήτων τον χρόνο t , με ανεξάρτητες μεταβλητές το ΑΕΠ/Πληθυσμό στον χρόνο $t-1$, τον φόρο ταξινόμησης στον χρόνο $t-1$ και τα ταξίδια με δημόσια μεταφορικά μέσα στον χρόνο t . Στη συνέχεια, υπολογίζεται με τεχνική προσομοίωσης Monte Carlo, η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του μοντέλου με βάση την κατανομή του σφάλματος των συντελεστών των ανεξάρτητων μεταβλητών καθώς και του όρου σφάλματος της παλινδρόμησης. Μετά από εφαρμογή 1268 προσομοιώσεων, ελέγχεται η εκτίμηση του μοντέλου για το εξεταζόμενο έτος 1997. Η εκτίμηση οδηγεί σε αποτέλεσμα υποεκτιμημένο κατά 2.65% ενώ με χρήση του επίσημου μοντέλου CTS-2 ήταν 9%. Αναφέρεται ότι η υποεκτίμηση οφείλεται στις λανθασμένες εκτιμήσεις της εξέλιξης των ανεξάρτητων μεταβλητών, οι οποίες παρέχονται από τις στατιστικές υπηρεσίες του κράτους. Εντούτοις, με την τεχνική που χρησιμοποιείται από τους ερευνητές, δημιουργείται μία περιοχή πιθανών εκτιμήσεων που προσφέρει μεγαλύτερες δυνατότητες ανάλυσης.

Τα κυριότερα συμπεράσματα είναι τα εξής:

1. Θα πρέπει να εξετάζεται σε κάθε περίπτωση η συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών καθώς και η ύπαρξη αυτοσυσχέτισης στο σφάλμα της παλινδρόμησης και να αντιμετωπίζονται αυτά τα προβλήματα.
2. Από το μοντέλο διαπιστώθηκε ότι τα ταξίδια με μεταφορικά μέσα έχουν τη μεγαλύτερη σημαντικότητα στην εκτίμηση του συνολικού αριθμού οχημάτων(με αρνητικό συντελεστή), δεύτερο σε σημαντικότητα είναι το ΑΕΠ/πληθυσμό (με θετικό συντελεστή) και τρίτος ο φόρος ταξινόμησης (με αρνητικό συντελεστή).
3. Η πιθανότητα που έδωσε το μοντέλο για επίτευξη της πραγματικής τιμής του στόλου των οχημάτων για το 1997 ή μεγαλύτερης ήταν 35.53%. Παράλληλα

έδωσε την πιθανότητα με 95% επίπεδο εμπιστοσύνης, η τιμή να βρίσκεται μεταξύ κάποιου μεγίστου και ελαχίστου.

4. Με την τεχνική αυτή μπορούν να δημιουργηθούν σενάρια εξέλιξης της κυριότητας οχημάτων καθώς λαμβάνεται υπόψη η διακύμανση των συντελεστών της παλινδρόμησης.
5. Μπορούν να δημιουργηθούν τρία βασικά σενάρια, χαμηλής εξέλιξης, μέσης εξέλιξης και γρήγορης εξέλιξης του στόλου των οχημάτων.

Από το μοντέλο, είναι πολύ σημαντικές οι διαπιστώσεις των ερευνητών σχετικά με την αυτοσυσχέτιση των σφαλμάτων και την συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η τεχνική που χρησιμοποιείται για κατάρτιση σεναρίων με βάση την κατανομή του σφάλματος της πρόβλεψης αποτελεί εργαλείο κατάρτισης σεναρίων, με βάση τα ποσοστά εμφάνισης.

Μεταφορικού Έργου

Ο Schafer (1998) αποδεχόμενος την ύπαρξη σταθερού GTB και TMB (βλ. «θεωρίες μεταφορικού έργου»), καταστρώνει μοντέλο πρόβλεψης της συνολικής ζήτησης για μεταφορές σε παγκόσμιο επίπεδο. Επισημαίνει ότι τα υπάρχοντα μοντέλα για πρόβλεψη της παγκόσμιας ζήτησης για μεταφορές, δεν λάμβαναν υπόψη τους τη διανύμενη απόσταση όλων των μέσων μεταφοράς. Για την ανάπτυξη του μοντέλου, χρησιμοποιούνται δύο ανεξάρτητες μεταβλητές: ο πληθυσμός και το ΑΕΠ σε σχέση με την απόσταση που διανύεται από τα εναλλακτικά μεταφορικά μέσα.

Αρχικά το σύνολο των χωρών του κόσμου κατατάσσεται σε 11 κατηγορίες, με βάση τα κοινά χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν οι χώρες. Στη συνέχεια, συλλέγονται δεδομένα για την περίοδο 1960-1990, που αφορούν τους 4 βασικούς τρόπους μετακίνησης: το αυτοκίνητο, λεωφορείο, σιδηρόδρομο και αεροπλάνα. Συγκεκριμένα, αναζητούνται τα συνολικά επιβατοχιλιόμετρα (pkm) που διανύθηκαν με κάθε έναν από τους 4 τρόπους μετακίνησης. Ο τρόπος υπολογισμού των pkm και αναγωγής τους στο σύνολο της κάθε περιοχής, εξαρτάται από τα στοιχεία που είναι διαθέσιμα στις μεμονωμένες χώρες. Αναφέρεται ότι σε περίπτωση ύπαρξης δεδομένων για οχηματοχιλιόμετρα (vkm), χρησιμοποιούνται συντελεστές πληρότητας

για να γίνει αναγωγή σε rkm (με πολλαπλασιασμό vkm με μέση πληρότητα) . Για την Ευρώπη, θεωρείται ότι ο μέσος συντελεστής πλήρωσης των οχημάτων το 1960 ήταν 2.5 άτομα/όχημα και το 1990 2 άτομα/όχημα. Στην περίπτωση που είναι διαθέσιμος μόνο ο αριθμός των οχημάτων, χρησιμοποιείται η ετήσια διανυόμενη απόσταση ανά όχημα καθώς και ο συντελεστής πληρότητας (2.5-2 άτομα/όχημα). Επιπλέον, απεικονίζονται σε διαγράμματα, το ποσοστό του αποθέματος εισοδήματος (TMB) ως προς τα οχήματα ανά 1000 άτομα καθώς και το απόθεμα χρόνου, με βάση προϋπάρχουσες έρευνες.

Από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν παρατηρήθηκαν τα εξής:

1. Τα περισσότερα rkm ανά άτομο ετησίως αντιστοιχούν στην Β. Αμερική, με δεύτερη τη δυτική Ευρώπη και έπειτα την Ωκεανία. Τα χαμηλότερα rkm διανύονται στην Κεντρική Ασία, την Αφρική και τη Βόρεια Ασία.
2. Στις περιοχές με χαμηλό εισόδημα, τα συνολικά rkm/άτομο είναι πολύ χαμηλότερα από ότι στις περιοχές με υψηλά εισοδήματα. Η διαφορά αυτή είναι πολύ έντονη μεταξύ των περιοχών. Ενδεικτικά για την Βόρεια Αμερική, το 1990 ο πληθυσμός της αποτελούσε το 5% του παγκόσμιου πληθυσμού, αλλά τα rkm αποτελούσαν το 27% των παγκόσμιων rkm που διανύθηκαν. Ο μέσος κάτοικος της Β. Αμερικής ταξιδεύει 24,400 km τον χρόνο ενώ ο μέσος κάτοικος της Κεντρικής Ασίας μόλις 630, αναλογία 36:1.
3. Το 1990, περίπου το 90% των παγκόσμιων μετακινήσεων πραγματοποιήθηκε με οδικά μέσα.
4. Η επιλογή μεταξύ των μέσων μετακίνησης διαφέρει μεταξύ των χωρών. Στις περιοχές που η μετακινήσεις είναι αυξημένες, κυριαρχεί το αυτοκίνητο και το αεροπλάνο. Στις περιοχές που τα rkm/άτομο είναι περιορισμένα, κυρίαρχο μέσο μετακίνησης είναι το λεωφορείο.
5. Η παραπάνω διαπίστωση επαληθεύει την υπόθεση του μοντέλου του Zahavi (1980) σχετικά με την επιλογή μεταξύ των μέσων μετακίνησης ανάλογα με το εισόδημα.
6. Το TMB σαν ποσοστό του συνολικού εισοδήματος, αυξάνεται έντονα όσο αυξάνει ο στόλος των οχημάτων ανά 1000 άτομα, για τα χαμηλά εισοδήματα και εφόσον ξεπεραστεί το όριο των 200 οχημάτων/1000 άτομα παραμένει

περίπου στο 10-15% του συνολικού εισοδήματος, ενώ σε επίπεδα κορεσμού πιθανώς να παρουσιάζει μικρή μείωση.

7. Το TTB φαίνεται ότι δεν εξαρτάται από το εισόδημα, καθώς σε όλες τις έρευνες που εξετάστηκαν, κυμαίνεται από 0.7-1.6 ώρες ανά ημέρα, ασχέτως τύπου, χρόνου και επιπέδου εισοδήματος.

Εφόσον γίνεται δεκτό ότι το απόθεμα χρήματος (TMB) που δαπανάται για μετακινήσεις αποτελεί ένα σταθερό ποσοστό του συνολικού εισοδήματος (το 15%), σημαίνει ότι όσο αυξάνεται το εισόδημα, αυξάνονται και τα χρήματα που κανείς είναι διατεθειμένος να δαπανήσει για μετακίνηση. Συνεπώς, αυξάνεται και η διανυόμενη απόσταση σε όρους συνολικών rkm, εφόσον δαπανώνται περισσότερα χρήματα για τον ίδιο χρόνο μετακίνησης (σταθερό TTB). Εάν υποθέσουμε η διανυόμενη απόσταση έχει απόλυτη γραμμική συσχέτιση με το εισόδημα που δαπανάται για μετακινήσεις (TMB σταθερό ποσοστό επί του συνολικού εισοδήματος, ανεξάρτητου ύψους εισοδήματος) όπως υποδεικνύουν τα δεδομένα, ο Schaffer εκτιμά τα συνολικά επιβατοχιλιόμετρα με βάση την παρακάτω συνάρτηση:

$$\frac{\text{rkm}}{\text{cap}} = \frac{\text{GDP}}{\text{cap}} \cdot \frac{\text{PCE}}{\text{GDP}} \cdot \text{TMB} \cdot X + C \quad (2.6)$$

Όπου PCE είναι η ιδιωτική κατανάλωση, X είναι το κόστος μεταφοράς (rkm/\$) και C είναι σταθερά. Με γραμμική παλινδρόμηση στα ιστορικά δεδομένα θεωρώντας σαν ανεξάρτητη μεταβλητή της εξίσωσης το GDP/cap, υπολογίζονται οι τιμές για το PCE/GDP x TMB x X (κλίση της συνάρτησης) και για την σταθερά C. Στη συνέχεια γίνεται καταμερισμός των συνολικών rkm στα μέσα μετακίνησης.

Αποτελέσματα ανάλυσης:

1. Γνωρίζοντας ότι το μέσο ΑΕΠ/cap σε παγκόσμιο επίπεδο, το 1990 ήταν \$3000 (σταθερές τιμές του 1980) και θεωρώντας ότι θα παρουσιάζει την ίδια ετήσια αύξηση της περιόδου 1960-1990 που ήταν 2%, γίνεται εκτίμηση των συνολικών rkm/cap για το έτος 2020. Έτσι το 2020 αναμένεται να διπλασιαστεί η διανυόμενη απόσταση ανά άτομο καθώς θα έχει διπλασιαστεί και το ΑΕΠ/cap. Η συνολική διανυόμενη απόσταση όμως θα τριπλασιαστεί καθώς ο πληθυσμός το 2020 θα έχει αυξηθεί κατά 50%.

2. Δεδομένου ότι θα ισχύει το σταθερό ΤΤΒ ανά άτομο της 1 ώρας ανά ημέρα, για να καλυφθεί η αύξηση των rkm θα πρέπει να αυξηθεί η μέση ταχύτητα μετακίνησης.
3. Με σταθερή ενεργειακή κατανάλωση των μέσων μετακίνησης μέχρι το 2020 στα επίπεδα του 1990 (σε MJ/rkm) αναμένεται σε παγκόσμιο επίπεδο να παραμείνει σταθερό ή και να μειωθεί το ποσοστό των αυτοκινήτων για κάλυψη των συνολικών rkm το οποίο στην καλύτερη περίπτωση θα βρίσκεται στα επίπεδα του 1990 με 55% ή στην χειρότερη περίπτωση θα μειωθεί μέχρι και στο 45%.
4. Το ποσοστό των λεωφορείων ακολουθεί ανάλογη εξέλιξη με αυτή των αυτοκινήτων, το οποίο είτε θα είναι σταθερό στα επίπεδα του 1990, στο 29% (ευνοϊκό σενάριο) ή θα μειωθεί στο 19% (χειρότερο σενάριο).
5. Το ποσοστό χρήσης των αεροπλάνων αναμένεται να διπλασιαστεί, καθώς το 1990 κάλυπτε το 10% της συνολικής διανυόμενης απόστασης, ενώ το 2020 αναμένεται να καλύπτει το 21%.
6. Το ποσοστό χρήσης των τρένων αναμένεται να μειωθεί στο 5% το 2020 από 10% το 1990.

Πρέπει να τονιστούν τα μειονεκτήματα και οι παραδοχές της ανάλυσης:

1. Θεωρείται ότι το ποσοστό εισοδήματος που θα δαπανηθεί για μετακίνηση παραμένει σταθερό διαχρονικά (ασχέτως του ύψους εισοδήματος) και επιπλέον ότι αυτό το ποσοστό συνδέεται γραμμικά με την απόσταση. Δηλαδή ότι τα rkm θα αυξάνονται σε απόλυτη αναλογία με το TMB. Κάτι τέτοιο είναι λογικό, μόνο αν κανείς δεχτεί ότι η ανάγκη για μετακίνηση είναι απεριόριστη και επομένως ότι κάποιος που έχει απεριόριστο εισόδημα θα θέλει να διανύσει απεριόριστες αποστάσεις.
2. Σημαντική παραδοχή είναι ότι το ΤΤΒ θα παραμένει και μετά από 20 έτη στην 1 ώρα την ημέρα. Θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί ότι κάτι τέτοιο δεν μπορεί να προβλεφθεί μετά από 30 χρόνια καθώς ενδεχομένως να έχουν πραγματοποιηθεί σοβαρές αλλαγές στις καθημερινές συνήθειες.
3. Δεν υπολογίζονται για τα αυτοκίνητα και λεωφορεία οι νέες τεχνολογίες και ο ρόλος τους.

4. Τα αεροπλάνα δεν μπορούν να εξυπηρετήσουν μετακινήσεις σε αστικές περιοχές και σχετικοί υπολογισμοί δεν χρησιμοποιούνται στην ανάλυση.
5. Σε αρκετές περιπτώσεις τα ιστορικά δεδομένα υπολογίζονται έμμεσα με παραδοχές για την πληρότητα και τη μέση ετήσια απόσταση του μέσου μετακίνησης.
6. Χρησιμοποιείται η υπόθεση για σταθερή αύξηση του ΑΕΠ μέχρι το 2020, κάτι το οποίο είναι παράτολμο.
7. Χρησιμοποιούνται οι προβλέψεις για τον πληθυσμό σε παγκόσμιο επίπεδο αλλά και ανά περιοχή, που σε αρκετές περιπτώσεις ενδεχομένως να μην είναι ακριβείς.
8. Στο TTB (1 ώρα) περιλαμβάνονται και χρόνοι μετακινήσεων με τα πόδια, χρόνοι αναμονής κτλ. οι οποίοι δεν έχουν αφαιρεθεί από την ανάλυση.

Θεωρούμε ότι από την παραπάνω δημοσίευση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο τύπος υπολογισμού των pkm για ανάλυση σε επίπεδο χώρας. Σε περίπτωση που υπάρχουν έγκυρα δεδομένα μπορεί να επιχειρηθεί εκτίμηση, σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα.

Σε μεταγενέστερη δημοσίευση, οι Schafar και Victor (2000), επιχειρούν επανεκτίμηση της μελλοντικής ζήτησης για μετακινήσεις, πάλι σε παγκόσμιο επίπεδο, με το ίδιο σετ δεδομένων για τα pkm, την ίδια κατηγοριοποίηση των χωρών (11 περιοχές) αλλά καλύτερο σετ δεδομένων για το ΑΕΠ (Penn World Tables, 2001) και βελτιωμένη μεθοδολογία. Ο Schafar αναγνωρίζοντας ορισμένες από τις ελλείψεις της προηγούμενης προσέγγισης του (Schafar, 1998), κάνει σημαντική μετατροπή του παλαιότερου μοντέλου του και επιχειρεί αυτή τη φορά τολμηρή εκτίμηση μέχρι το 2050.

Αρχικά αναφέρεται ότι το TTB (1.1 ώρα/ημέρα) που χρησιμοποιείται σε προηγούμενες μελέτες αφορά το συνολικό χρόνο που το άτομο διαθέτει για μετακινήσεις και επομένως δεν αναφέρεται αυτούσια στις μηχανοκίνητες μετακινήσεις. Για το λόγο αυτό, εισάγεται το μέγεθος TTB_{mot} το οποίο είναι ο χρόνος που δαπανάται για μηχανοκίνητες μετακινήσεις και είναι ποσοστό επί του συνολικού TTB. Στη συνέχεια εκτιμάται το TTB_{mot} με βάση τα ιστορικά δεδομένα, με ανεξάρτητη μεταβλητή την διανυόμενη απόσταση ανά άτομο (pkm/cap). Η συνάρτηση που χρησιμοποιείται για υπολογισμό του TTB_{mot}, έχει άνω όριο το

1.1 ώρες/ημέρα (που είναι το συνολικό TTB) και προσαρμόζεται κατάλληλα ώστε να ταιριάζει στα ιστορικά δεδομένα, με μέθοδο παλινδρόμησης. Τελικά εκτιμάται το TTB_{mot} το οποίο αυξάνει έντονα μέχρι τα 20000 pkm/cap (αντιστοιχεί στις 0.95h) ενώ από εκεί και μετά σταθεροποιείται πλησιάζοντας στο άπειρο την τιμή 1.1h.

Σχετικά με το TMB, χρησιμοποιείται η παραδοχή ότι μετά τα 200 αυτοκίνητα/1000 άτομα σταθεροποιείται στο 15% του συνολικού εισοδήματος.

Για να περιορίσει τη διανυόμενη απόσταση, η οποία στο προηγούμενο μοντέλο του τείνει στο άπειρο όσο αυξάνεται το εισόδημα (παράλογο, φαίνεται ότι ο Schaffer κατάλαβε ότι κάτι τέτοιο έχει επηρεάσει όλη του την ανάλυση στο πρώτο μοντέλο), αναπτύσσει μία παραδοχή πάνω στην οποία βασίζονται όλες οι χρησιμοποιούμενες εξισώσεις. Θεώρησε ότι χρησιμοποιώντας το TTB της 1.1 ώρας και με κάλυψη του συνόλου της μετακίνησης με αεροπλάνα τα οποία έχουν μέση ταχύτητα 600 km/h, η μέγιστη απόσταση που κάποιος θα μπορεί ετησίως να διανύσει θα είναι 240,000 km (με μέση ημερήσια τα 660 km). Θεωρώντας και πάλι ότι η αύξηση των pkm/άτομο έχουν απόλυτη γραμμική σχέση με την αύξηση του εισοδήματος (όπως και στο πρώτο μοντέλο), τέτοιου επιπέδου ζήτηση για μετακίνηση εκτιμά ότι θα επιτευχθεί σε εισόδημα USD 240,000/cap ετησίως. Έτσι σε όλες τις παλινδρομήσεις που γίνονται στα ιστορικά δεδομένα ανά περιοχή εξέτασης για την εκτίμηση της εξέλιξης των pkm/cap ετησίως, περιλαμβάνεται ο περιορισμός των 240,000 pkm/cap.

Αναφέρεται στη συνέχεια η συνάρτηση εκτίμησης των συνολικών ετήσιων pkm/cap:

$$\frac{TV}{cap} = \frac{\log\left(\frac{GDP/cap}{g} - h\right) \cdot \left(\frac{GDP}{cap}\right)^e \cdot (240000)^{1-e}}{\log\left(\frac{240000}{g} - h\right)} \quad (2.7)$$

Όπου TV/cap είναι η συνολική ετήσια διανυόμενη απόσταση ανά άτομο, GDP/cap είναι το σταθερό κατά κεφαλήν ΑΕΠ, ενώ g, h, και e είναι παράμετροι που καθορίζουν την κλίση της συνάρτησης και η εκτίμηση τους γίνεται ξεχωριστά για κάθε χώρα ή γεωγραφική περιοχή, με εφαρμογή της συνάρτησης στα ιστορικά δεδομένα και παλινδρόμηση των ελαχίστων τετραγώνων. Η συνάρτηση, όπως φαίνεται και από τον τύπο, «αναγκάζεται» να περάσει από το σημείο του μέγιστου εισοδήματος των USD 240,000/άτομο, δίνοντας TV/cap ίση με 240,000 km/άτομο. Έτσι ικανοποιείται η θεμελιώδης υπόθεση του μοντέλου, που αναπτύχθηκε

προηγούμενως. Με εφαρμογή του παραπάνω τύπου στα ιστορικά δεδομένα γίνεται η εκτίμηση των παραμέτρων και στη συνέχεια η προέκταση της συνάρτησης, μέχρι το 2050. Όπως είναι φανερό, για να γίνει προέκταση, απαιτούνται δεδομένα σχετικά με την εξέλιξη του ΑΕΠ και την εξέλιξη του πληθυσμού των εξεταζόμενων περιοχών. Αυτά τα δεδομένα αντλούνται, από το Penn World Tables και γίνεται εκτίμηση της εξέλιξης του ΑΕΠ και του πληθυσμού με βάση τις προβλέψεις του IPPC και του World Bank.

Εφόσον έχουν υπολογιστεί τα προβλεπόμενα συνολικά ετήσια διανυόμενα χιλιόμετρα, στη συνέχεια το μοντέλο θα πρέπει να τα διαμοιράσει σύμφωνα με τα μελλοντικά ποσοστά του κάθε μεταφορικού μέσου. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται νέοι τύποι που αρχικά υπολογίζουν το μελλοντικό μερίδιο των τρένων (S_R) και στη συνέχεια το μελλοντικό μερίδιο των οδικών μέσων μετακίνησης «χαμηλής ταχύτητας» (S_{LS}), με ανεξάρτητη μεταβλητή το συνολικό TV. Το μερίδιο των λεωφορείων (S_B) υπολογίζεται στη συνέχεια με αφαίρεση των ήδη υπολογισμένων μεριδίων:

$$S_B = S_{LS} - S_R \quad (2.8)$$

Για να γίνει πρόβλεψη του ποσοστού των οχημάτων, δεν υπάρχουν ικανοποιητικά στοιχεία. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιούνται τα στοιχεία των μεριδίων που υπολογίστηκαν για τα λεωφορεία και τα τρένα, προκειμένου να υπολογιστεί το μερίδιο αγοράς των γρήγορων μέσων μεταφοράς (S_{HST}) (γρήγορα τρένα νέου τύπου και αεροπλάνα Τελικά, το μερίδιο των αυτοκινήτων στην μετακίνηση, υπολογίζεται έμμεσα με τον τύπο: $S_C = 1 - S_{LS} - S_{HST}$.

Η εξέλιξη της μέσης ταχύτητας των μεταφορικών μέσων υπολογίζεται από τον τύπο που δίνει το TTB_{mot} .

Αποτελέσματα μοντέλου για το σύνολο του κόσμου:

1. Τα αεροπλάνα και τα άλλα μέσα υψηλής ταχύτητας ενισχύουν κατά πολύ την συμμετοχή τους, καθώς το 2050 αναμένεται να καλύπτουν το 36% της παγκόσμιας κινητικότητας, παρουσιάζοντας ένα ποσοστό PKM κατά 28 φορές μεγαλύτερο από τα επίπεδα του 1990.

2. Το μερίδιο των αεροπλάνων (ποσοστό επί των συνολικών rkm/cap/year) είναι το μόνο που ενισχύεται για το 2050, ενώ όλα τα άλλα μέσα μετακίνησης περιορίζονται.
3. Τα ποσοστά του αυτοκινήτου παρουσιάζει σημαντική και γρήγορη αύξηση στις αναπτυσσόμενες χώρες.
4. Παρότι το ποσοστό του αυτοκινήτου επί των συνολικών rkm αυξάνεται στις αναπτυσσόμενες χώρες, αυτή η αύξηση δεν μπορεί να αντισταθμίσει τη μείωση του στις ανεπτυγμένες.
5. Το σημείο όπου τα αυτοκίνητα αρχίζουν να παρουσιάζουν κάμψη, παρουσιάζεται περίπου στα 22000 rkm/άτομο ετησίως, όπως φαίνεται από την περίπτωση της Β. Αμερικής.
6. Παρότι το ποσοστό συμμετοχής του αυτοκινήτου το 2050 θα είναι στο 42% από 52% το 1990, η σημασία του θα είναι μεγάλη, καθώς θα εξακολουθεί να είναι το κυρίαρχο μέσο για μετακίνηση.

Εξακολουθούν να γίνονται αποδεκτές από την ανάλυση οι έννοιες των TTB και TMB με βάση τις οποίες «χτίζεται» όλη η πρόβλεψη. Καινοτομικό στοιχείο είναι ότι εξετάζεται το ποσοστό του κάθε μέσου και η εξέλιξη του σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα. Ακόμα είναι σημαντική η μεθοδολογία εκτίμησης των rkm/cap, καθώς με χρήση του TTB και TMB αποφεύγουμε πιθανώς μεγαλύτερα λάθη εκτίμησης. Τέτοια λάθη μπορούν να είναι αποτέλεσμα χρήσης ακατάλληλων ανεξάρτητων μεταβλητών ή μη έγκυρων επίσημων στατιστικών δεδομένων για τα vkm, σε μία πιθανή οικονομετρική εκτίμηση των rkm (όπως επισημαίνεται από τους Zachariadis and Samaras, 2001).

Στην δημοσίευση δεν εξετάζονται:

1. η διείσδυση εναλλακτικών μορφών ενέργειας στις μεταφορές,
2. οι επιπτώσεις από μεταβολή στη τιμή των καυσίμων,
3. η χρήση οχημάτων νέας τεχνολογίας, παρά το γεγονός ότι ως χρονικός ορίζοντας αναφέρεται το 2050

Κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών άνθρακα

Στη δημοσίευση των Eskeland και Feyzioğlu (1997), εξετάζονται οι παράγοντες που σχετίζονται με την κατανάλωση καυσίμων, με οικονομετρικό μοντέλο, για την περίπτωση του Μεξικού. Σκοπός είναι να ερμηνευθεί το κατά πόσο οι μεταβολές του εισοδήματος και της τιμής επηρεάζουν τη ζήτηση για καύσιμα. Η συνολική κατανάλωση καυσίμων για επιβατικές οδικές μετακινήσεις εξετάζεται με διάκριση στους εξής τομείς: την κατανάλωση καυσίμου ανά όχημα και τον συνολικό αριθμό οχημάτων. Για κάθε μία από τις σχέσεις αυτές, αναζητούνται οι συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών, οι οποίοι υποδηλώνουν ελαστικότητες. Η ελαστικότητα αποτυπώνει τη σχέση αλληλεξάρτησης μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών.

Για την ανάλυση χρησιμοποιείται η μέθοδος της παλινδρόμησης. Οι μεταβλητές λαμβάνονται σε λογαριθμική μορφή, ώστε οι συντελεστές που θα υπολογιστούν από την παλινδρόμηση να εκφράζουν ελαστικότητες. Τα δεδομένα αφορούν συγκεντρωτικά στοιχεία για τον πληθυσμό, τον στόλο των οχημάτων, το εισόδημα, την τιμή των νέων οχημάτων, την τιμή του καυσίμου, το μήκος του οδικού δικτύου και την συνολική ποσότητα καυσίμων που καταναλώθηκε. Τα μεγέθη διαιρούνται με τον πληθυσμό και εκφράζονται ανά άτομο. Η κατανάλωση ανά όχημα προκύπτει με διαίρεση της συνολικής κατανάλωσης με τα συνολικά οχήματα, στα ιστορικά δεδομένα.

Η κατανάλωση καυσίμου ανά όχημα, εκτιμάται με ανεξάρτητες μεταβλητές την τιμή του καυσίμου, έναν δείκτη που εκφράζει τη μέση τιμή των νέων οχημάτων, το εισόδημα, τα χιλιόμετρα αυτοκινητόδρομου ανά όχημα, καθώς και την υστέρηση της κατανάλωσης, δηλαδή της εξαρτημένης μεταβλητής (Lagged dependant variable) κατά τόσο διάστημα ώστε να μην παρατηρείται σειριακή αυτοσυσχέτιση.

Ο στόλος των οχημάτων κατά τον χρόνο t , θεωρείται ότι αποτελείται από τον στόλο κατά τον χρόνο $t-1$ πολλαπλασιασμένο με κάποιο συντελεστή απόσβεσης και από τα νέα οχήματα που αγοράστηκαν. Ο συντελεστής απόσβεσης εξετάζεται σε δύο εκδοχές: να παραμένει σταθερός διαχρονικά (στο 3%) ή να υπολογίζεται με παλινδρόμηση, με ανεξάρτητες μεταβλητές τον δείκτη τιμής νέων οχημάτων, την τιμή

του καυσίμου και το εισόδημα. Τα νέα οχήματα που αγοράστηκαν υπολογίζονται με παλινδρόμηση, με ανεξάρτητες μεταβλητές τον δείκτη τιμής, την τιμή καυσίμου, το εισόδημα, τα χιλιόμετρα δρόμου ανά όχημα και τον συνολικό στόλο το χρόνο $t-1$.

Από την παλινδρόμηση στις παραπάνω σχέσεις, υπολογίζονται οι ελαστικότητες τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα, σε διάστημα 5 και 10 ετών καθώς και σε διάστημα μεγαλύτερο των 15 ετών.

Αναφέρονται τα κυριότερα αποτελέσματα της ανάλυσης:

1. Η κατανάλωση καυσίμου ανά όχημα παρουσιάζει ελαστικότητα -1.04 ως προς την τιμή του καυσίμου, 0.63 ως προς το εισόδημα, 0.78 ως προς τα χιλιόμετρα αυτοκινητόδρομου ανά όχημα και -0.04 ως προς την τιμή των νέων οχημάτων. Αυτό σημαίνει ότι μείωση της τιμής του καυσίμου κατά 1 μονάδα, οδηγεί σε αύξηση της κατανάλωσης κατά 1 μονάδα. Δηλαδή η τιμή επηρεάζει σημαντικά την κατανάλωση. Το εισόδημα επηρεάζει επίσης την κατανάλωση (με θετικό πρόσημο, δηλαδή αύξηση του εισοδήματος κατά 1 μονάδες οδηγεί σε αύξηση της κατανάλωσης κατά 0.78).
2. Αξιοσημείωτο είναι ότι τα χιλιόμετρα αυτοκινητόδρομου ανά όχημα έχουν θετική συσχέτιση με την κατανάλωση καυσίμου. Δηλαδή όσο περισσότεροι δρόμοι δημιουργούνται, τόσο αυξάνεται η κατανάλωση ανά όχημα. Αυτό έχει ενδιαφέρον καθώς θα περίμενε κανείς ότι με την επέκταση του οδικού δικτύου θα μειωνόταν η κίνηση και θα βελτιωνόταν η κατανάλωση. Αυτή η βελτίωση όμως δεν ισοσταθμίζεται απ' ότι φαίνεται από την αύξηση στη διανυόμενη απόσταση, σε περίπτωση που επεκτείνεται το οδικό δίκτυο.
3. Η τιμή των νέων οχημάτων δεν φαίνεται να έχει σημαντικό ρόλο, για την κατανάλωση ανά όχημα.
4. Η μεταβλητή της υστέρησης του εισοδήματος (lagged variables) έχει αμελητέο συντελεστή, γεγονός που οδηγεί τους ερευνητές να θεωρήσουν ότι οι καταναλωτές δεν αναγνωρίζουν ως σημαντική μεταβλητή, το επιπλέον εισόδημα που διαθέτουν κατά το χρόνο t σε σχέση με τον χρόνο $t-n$, ώστε να καταναλώσουν επιπλέον καύσιμα.
5. Σχετικά με τις ελαστικότητες για την αγορά νέων οχημάτων παρατηρείται ότι το εισόδημα έχει πολύ σημαντικό ρόλο, με θετικό συντελεστή 4.71 . Δηλαδή

αύξηση του εισοδήματος κατά 1 μονάδα οδηγεί σε αύξηση του στόλου των οχημάτων κατά 4.1 μονάδες. Αυτό είναι λογικό για αναπτυσσόμενες χώρες όπως το Μεξικό.

6. Η ελαστικότητα της τιμής των νέων οχημάτων είναι -0.58 και της τιμής της βενζίνης 0.77 . Δηλαδή, όσο αυξάνει η τιμή της βενζίνης, αυξάνονται οι αγορές νέων οχημάτων. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από το γεγονός ότι τα νέα οχήματα έχουν μικρότερη κατανάλωση και επομένως έλκουν τους αγοραστές να τα αγοράσουν, υποκαθιστώντας μερικώς την αύξηση στην τιμή του καυσίμου.
7. Σχετικά με τον συνολικό στόλο των οχημάτων, οι ελαστικότητες τιμής καυσίμου, τιμής οχήματος και εισοδήματος είναι χαμηλές σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα (0.03 , -0.02 και 0.19) αλλά σε ορίζοντα πέραν των δέκα ετών, το εισόδημα φαίνεται να έχει τον κυριότερο ρόλο με ελαστικότητα 0.93 .
8. Σχετικά με την κατανάλωση καυσίμου, σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα φαίνεται ότι εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εξέλιξη του στόλου των οχημάτων.

Στη δημοσίευση δεν δίδονται στοιχεία σχετικά με τον χρονικό ορίζοντα που χρησιμοποιήθηκε για τα ιστορικά δεδομένα, για την κατανάλωση ανά όχημα που υπολογίστηκε με βάση αυτά καθώς και αριθμητικές προβλέψεις. Ακόμα, δεν χρησιμοποιήθηκε μέγιστο επίπεδο κορεσμού για τα οχήματα.

Οι Schafar και Victor (1999), με βάση την εκτίμηση της μελλοντικής κινητικότητας στο μοντέλο που ανέπτυξαν σε άλλη δημοσίευση (Schafar και Victor, 2000), εκτιμούν τις εκπομπές CO_2 από τις παγκόσμιες επιβατικές μεταφορές. Η μελλοντική απαιτούμενη ενέργεια για μεταφορές σε MJ/pkm , εκτιμάται για κάθε μέσο μετακίνησης με αποδοχή των παρακάτω υποθέσεων:

1. Η συνεχώς μειούμενη μέση πληρότητα των αυτοκινήτων θα αντισταθμίσει τα οφέλη από βελτιώσεις στην κατανάλωση καυσίμων των νέων οχημάτων με την απαιτούμενη ενεργειακή ένταση στο μέλλον να κυμαίνεται στα επίπεδα του 1990, για τις ανεπτυγμένες και τις αναπτυσσόμενες χώρες.
2. Μόνο οι μεταφορές υψηλής ταχύτητας, με μέσο όρο πληρότητας επιβατών 60%, θα μειώσουν την ενεργειακή τους κατανάλωση κατά 2% τον χρόνο.

Με βάση τις παραπάνω υποθέσεις, η αθροιστική ενεργειακή απαίτηση του τομέα των μεταφορών εκτιμήθηκε ότι θα ανέλθει στα 5200 EJ (exajoule) το έτος 2050, σημαντικά χαμηλότερη από τα διαθέσιμα αποθέματα πετρελαίου, ενώ οι εκπομπές CO₂ θα τριπλασιαστούν. Με βάση την αναμενόμενη ενεργειακή απαίτηση, ο Schafer προσεγγίζει τις μελλοντικές εκπομπές CO₂, με την εξέταση τριών εναλλακτικών σεναρίων: α) εισαγωγή σημαντικών βελτιώσεων στην ενεργειακή κατανάλωση των οχημάτων, β) επέκταση της χρήσης του φυσικού αερίου και γ) εισαγωγή καυσίμων μηδενικού άνθρακα. Στην τελευταία περίπτωση, οι συνολικές εκπομπές CO₂ για το 2050 είναι σε αρκετά χαμηλότερα επίπεδα από τα σημερινά (40% χαμηλότερα). Συμπερασματικά, αναφέρεται ότι οι εκπομπές CO₂ τελικά μπορούν να ελεγχθούν με χρήση τεχνολογικών μέτρων, ενώ οι βελτιώσεις στην αποδοτικότητα είναι σημαντικό μέτρο, αλλά από μόνο του δεν επαρκεί. Σε μεσοπρόθεσμο ορίζοντα οι εκπομπές CO₂ μπορούν να περιοριστούν με υποκατάσταση ποσοστού πετρελαίου από φυσικό αέριο, ενώ μακροπρόθεσμα με χρήση καυσίμων μηδενικού άνθρακα. Καίριος παράγοντας θεωρείται η ακολουθούμενη κυβερνητική πολιτική καθώς και οι εξελίξεις σε άλλους ενεργειοβόρους τομείς.

Για την περίπτωση της αύξησης της κατανάλωσης των νέων μοντέλων στην Ολλανδία αναφέρεται η μελέτη του ο Van den Brink (2001). Αρχικά διαπιστώθηκε ότι η κατανάλωση των νέων οχημάτων μεταξύ 1990-1997 ήταν σταθερή στα 2.6 MJ/km. Αυτή η διαπίστωση δημιούργησε στον ερευνητή τον προβληματισμό ότι είτε δεν υπήρξαν σημαντικές μηχανολογικές βελτιώσεις στα νέα οχήματα ή μεταβλήθηκαν κάποιοι άλλοι προσδιοριστικοί παράγοντες της κατανάλωσης, που θα πρέπει να εντοπιστούν και να εξεταστούν.

Απεικονίζοντας σε γράφημα την ειδική κατανάλωση ενός νέου οχήματος και την μέση ειδική κατανάλωση του στόλου των οχημάτων για τα έτη 1980-1997, έγιναν οι εξής διαπιστώσεις: I) η καμπύλη κατανάλωσης του μέσου οχήματος του στόλου, ενώ παρουσιάζει μείωση από το 1980 έως το 1990, σταθεροποιείται στην περίοδο 1990-1997, II) η καμπύλη κατανάλωσης των νέων οχημάτων βρίσκεται σε ελαφρώς χαμηλότερο επίπεδο από την καμπύλη της μέσης κατανάλωσης του στόλου, παρουσιάζοντας σημαντική αύξηση από το 1990 μέχρι το 1997. Από το γράφημα, η ειδική κατανάλωση των νέων οχημάτων του 1997 είναι ίση με την ειδική κατανάλωση του 1985 (2.6 MJ/km). Στην παρούσα δημοσίευση, επιχειρείται η

ερμηνεία της τάσης σταθεροποίησης της μέσης κατανάλωσης, με εξέταση των τεχνικών χαρακτηριστικών των νέων οχημάτων. Οι παράγοντες αυτοί είναι η ειδική κατανάλωση των νέων οχημάτων, η ποσοστιαία συμμετοχή των παλαιών αυτοκινήτων (>10 ετών) στα συνολικά vehkm (γήρανση στόλου) καθώς και η οδηγική συμπεριφορά.

Σύμφωνα με τον Van den Brink, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των νέων οχημάτων που προστίθενται κάθε χρόνο στον στόλο είναι βασικός παράγοντας ερμηνείας της παρατηρούμενης αύξησης στην ειδική κατανάλωση. Η κατανάλωση καυσίμου για τα οχήματα εξαρτάται:

- i) από την απαιτούμενη ενέργεια που θα πρέπει να προσδοθεί στον στροφαλοφόρο άξονα από την μηχανή προκειμένου να κινηθεί το όχημα,
- ii) από τις συνθήκες οδήγησης καθώς και
- iii) από τα χαρακτηριστικά της ίδιας της μηχανής.

Η αύξηση του βάρους των νέων μοντέλων (20% σε σχέση με τα προηγούμενα μοντέλα ίδιου τύπου) και η αύξηση του κυβισμού τους είναι οι παράγοντες που συντέλεσαν στην αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για την κίνηση του οχήματος. Αυτοί οι παράγοντες είναι συνέπεια των αυξανόμενων απαιτήσεων για άνεση, ασφάλεια και ταχύτητα στα νέα μοντέλα. Οι παράγοντες αυτοί, ισοστάθμισαν τις θετικές επιπτώσεις στην κατανάλωση, από τη μείωση του αεροδυναμικού συντελεστή, την μείωση της αντίστασης κύλισης και τις βελτιώσεις στην απόδοση των νέων μηχανών.

Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι η αύξηση του βάρους των νέων μοντέλων οδήγησε σε +12% την κατανάλωση καυσίμων. Η αύξηση του μέσου κυβισμού του στόλου οδήγησε σε +4% αύξηση της κατανάλωσης. Η μείωση του αεροδυναμικού συντελεστή και της αντίστασης των ελαστικών οδήγησε σε -7% και άλλοι τεχνικοί παράγοντες όπως βελτιώσεις στην τεχνολογία της μηχανής οδήγησαν σε -9%. Συνεπώς η μέση κατανάλωση των σύγχρονων οχημάτων σε σχέση με τα παλαιότερα παραμένει η ίδια. Εντούτοις, θα πρέπει να τηρηθεί η δέσμευση του Ευρωπαϊκού Συνδέσμου κατασκευαστών αυτοκινήτων (ACEA), όπου αναφέρεται ότι μέχρι το 2008 το μέσο όχημα δεν θα πρέπει να εκπέμπει παραπάνω από 140 g CO₂/km, που ισοδυναμεί σε ειδική κατανάλωση 1.9 MJ/km. Επομένως ως πρόκληση για τους

κατασκευαστές παρουσιάζεται η βελτίωση της ειδικής κατανάλωσης ανά μονάδα βάρους, με χρήση τεχνολογίας αύξησης της απόδοσης των μηχανών. Συνεπώς, σύμφωνα με τον Van den Brink θα πρέπει να αναμένεται στροφή προς την παραγωγή ελαφρότερων και μικρότερων αυτοκινήτων (downsizing).

Ο Stead (1999), θεωρεί ότι η διανυόμενη απόσταση και οι συνθήκες λειτουργίας των οχημάτων, θα πρέπει να συνεκτιμούνται σε υπολογισμούς ενεργειακής κατανάλωσης στις μεταφορές. Ο τομέας των μεταφορών συνεισφέρει το 25% του συνόλου των εκπομπών CO₂ της Μ. Βρετανίας, σημειώνοντας αύξηση της τάξης του 27% κατά την περίοδο 1985-1995. Για την εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO₂, στην παρούσα δημοσίευση, χρησιμοποιούνται δύο εναλλακτικοί τρόποι: η σύνθετη και η απλή μέθοδος, με βάση τα ταξίδια που καταγράφηκαν (1989/1991 Natural Travel Survey – Britain).

Στη σύνθετη μέθοδο ενσωματώνονται στα ταξίδια που καταγράφηκαν, οι συνθήκες λειτουργίας των οχημάτων. Οι συνθήκες λειτουργίας περιλαμβάνουν το είδος του οχήματος που χρησιμοποιήθηκε, τη μέση πληρότητα, την ηλικία, τον τύπο καυσίμου, τη θερμοκρασία και το μέγεθος της μηχανής, την μέση ταχύτητα, ενώ άλλοι παράγοντες όπως η ύπαρξη καταλύτη, το βάρος του οχήματος και το στυλ οδήγησης, αναφέρονται ως σημαντικοί. Στη μέθοδο αυτή, ο Stead αρχικά κατατάσσει τα οχήματα σε σχέση με τον τύπο καυσίμου που χρησιμοποιούν, το μέγεθος της μηχανής και την εκάστοτε ταχύτητα του κάθε τύπου ταξιδιού. Στη συνέχεια, υπολογίζεται με βάση τα νkm που διανύθηκαν για κάθε τύπο ταξιδιού, η μοναδιαία κατανάλωση ενέργειας κάθε κατηγορίας (MJ/rkm), καθώς και οι μοναδιαίες εκπομπές ρύπων (g/rkm), με βάση συντελεστές εκπομπών. Για την αναγωγή των νkm σε rkm λαμβάνεται υπόψη η διορθωμένη μέση πληρότητα σύμφωνα τον τύπο του ταξιδιού (εργασία, συνοδεία, ψώνια, διακοπές, διασκέδαση).

Αναγνωρίζοντας την πολυπλοκότητα και τις σημαντικές παραδοχές της “σύνθετης” μεθόδου, ο Stead στη συνέχεια χρησιμοποιεί την “απλή” μέθοδο, η οποία απαιτεί μόνο την συνολική διανυόμενη απόσταση ανά τύπο οχήματος, (αποφεύγονται τα υπόλοιπα στοιχεία) χρησιμοποιώντας έναν προσεγγιστικό συντελεστή κατανάλωσης που προκύπτει από επισκόπηση βιβλιογραφίας και σύγκριση με εθνικές ενεργειακές στατιστικές.

Τελικά, υπολογίζονται συντελεστές συσχέτισης, για τα αποτελέσματα που δίνουν οι δύο διαφορετικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν. Παρατηρείται ισχυρή θετική συσχέτιση (0.94) μεταξύ του αποτελέσματος της κατανάλωσης ενέργειας που δίνει η απλή μέθοδο σε σχέση με την σύνθετη μέθοδο, αλλά και ισχυρή συσχέτιση των εκπομπών CO₂ σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας και για τις δύο μεθόδους. Ισχυρή συσχέτιση (0.91) παρουσιάζει η διανύμενη απόσταση σε σχέση με τις εκπομπές CO₂. Η ανάλυση συμπεραίνει ότι η απλή μέθοδος δίνει παραπλήσια αποτελέσματα με την σύνθετη μέθοδο.

Επειδή σύμφωνα με τον Stead, η διανύμενη απόσταση ανά άτομο (pkm/cap) συσχετίζεται με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του τομέα των μεταφορών, στόχος θα πρέπει να είναι η αύξηση της μέσης πληρότητας, καθώς αυτό θα επιφέρει μείωση των εκπομπών ανά pkm. Θα πρέπει να τονιστεί ότι επειδή τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται προέρχονται από έρευνα του 1991, δεν λαμβάνονται υπόψη τα καταλυτικά, τα οποία όπως είναι γνωστό εκπέμπουν περισσότερο CO₂/km σε σχέση με ένα αντίστοιχο μη καταλυτικό αυτοκίνητο.

2.4.2 Αναλυτικά μοντέλα (Disaggregate models)

Τα αναλυτικά μοντέλα, εστιάζουν σε επίπεδο νοικοκυριού, αναλύοντας αποτελέσματα από έρευνες συμπεριφοράς, θεωρώντας ότι τα άτομα επιδιώκουν τη μεγιστοποίηση της συνολικής τους χρησιμότητας. Μία συγκεντρωτική παρουσίαση των μοντέλων που εκτιμούν την εξέλιξη του αριθμού των οχημάτων, με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ατόμων, βρίσκεται στη δημοσίευση των Jong *et al.* (2002). Ορισμένα αναλυτικά μοντέλα αναφέρονται στη συνέχεια, από τα οποία προκύπτουν οι μεταβλητές που θα πρέπει να εξετάζονται σε αναλύσεις που βασίζονται σε έρευνες επιπέδου νοικοκυριού.

Ένα αναλυτικό μοντέλο που έχει εφαρμογή σε επίπεδο κράτους είναι των Cramer and Vos (1985), για την Ολλανδία. Στο μοντέλο, ο στόλος των οχημάτων κατά το χρόνο t θεωρείται ότι εξαρτάται από τις αγορές των νέων οχημάτων, την πιθανότητα απόσυρσης λόγω παλαιότητας, καθώς και τις πωλήσεις μεταχειρισμένων οχημάτων. Στους υπολογισμούς υπολογίζονται οι εισαγωγές και εξαγωγές οχημάτων. Σε δεύτερο επίπεδο ανάλυσης, εξετάζεται η ζήτηση για οχήματα, με βάση την τιμή των

οχημάτων, το εισόδημα ανά νοικοκυριό κτλ. Το επίπεδο ζήτησης είναι συνάρτηση του αριθμού των πιθανών αγοραστών και του επιπέδου κορεσμού των οχημάτων. Οι πιθανοί αγοραστές υπολογίζονται με βάση τον αριθμό των οχημάτων ανά νοικοκυριό και τον πληθυσμό μεταξύ 20-70 ετών.

Το μοντέλο του HGC (1990), επιχειρεί την εκτίμηση της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών από τις επιβατικές ιδιωτικές μετακινήσεις στη Νορβηγία. Η προσέγγιση γίνεται με βάση τη μεγιστοποίηση της χρησιμότητας ως συνάρτηση του εισοδήματος, του αριθμού των οχημάτων ανά νοικοκυριό, της διανυόμενης απόστασης, του σταθερού και μεταβλητού κόστους μετακίνησης καθώς και του κόστους των άλλων αγαθών που καταναλώθηκαν, με όλα τα μεγέθη σε ετήσια κλίμακα. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το πακέτο GAUSS. Στατιστικά σημαντικοί συντελεστές εκτιμήθηκαν ότι είναι το διαθέσιμο εισόδημα του νοικοκυριού, το μεταβλητό κόστος οδήγησης (τιμή και ποσότητα καυσίμου), το μέγεθος του νοικοκυριού καθώς και ο βαθμός αστικοποίησης. Τα αποτελέσματα του μοντέλου στη συνέχεια συγκρίθηκαν με τις προβλέψεις της στατιστικής υπηρεσίας. Οι εκτιμήσεις θεωρήθηκαν λογικές αν και υποεκτιμημένες.

Στο μοντέλο που αναπτύχθηκε από τους Golob *et al.* (1996), επιχειρείται πρόβλεψη της μελλοντικής χρήσης των οχημάτων, σε επίπεδο νοικοκυριών. Η πρόβλεψη έγινε ανά κατηγορία καυσίμου, τύπο και τεχνικά χαρακτηριστικά οχήματος και έτος κατασκευής. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από ταχυδρομική έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Καλιφόρνια. Αρχικά οι ερωτώμενοι απάντησαν σε ερωτήσεις σχετικά με την χρήση που κάνουν στο αυτοκίνητο που κατέχουν, ενώ στη συνέχεια ρωτήθηκαν την χρήση που θα έκαναν σε κάποια νέα μοντέλα αυτοκινήτων. Οι μεταβλητές του μοντέλου διαχωρίστηκαν σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία καταγράφει τη συμπεριφορά, δηλαδή την απόσταση που διανύεται κτλ., η δεύτερη τα φυσικά χαρακτηριστικά του οχήματος και η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε νοικοκυριού. Η έρευνα αποκάλυψε ότι η ηλικία του οδηγού σχετίζεται με την απόσταση που διανύεται. Σημαντικές μεταβλητές θεωρούνται το επάγγελμα και το φύλλο του οδηγού. Ακόμα παρατηρήθηκε ότι η ηλικία του αυτοκινήτου σχετίζεται με τη χρήση του, καθώς όσο παλαιότερο είναι, τόσο λιγότερο οδηγείται. Ακόμα παρατηρήθηκε ότι αύξηση του λειτουργικού κόστους, οδηγεί σε αύξηση της χρήσης των πιο καινούργιων οχημάτων.

Στη δημοσίευση των Bhat και Pulugurta (1998), επιχειρείται η μοντελοποίηση της συμπεριφοράς σε επίπεδο νοικοκυριού όσον αφορά την κυριότητα αυτοκινήτων. Εκτός από την γνωστή λογική μεγιστοποίησης της χρησιμότητας, επιχειρείται και μία δεύτερη προσέγγιση η οποία διασπά την συνολική χρησιμότητα σε επιμέρους αποφάσεις σχετικά με τον αριθμό των οχημάτων που μπορεί να έχει ένα νοικοκυριό, θεωρώντας ότι μπορεί να επιλέξει μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων. Στατιστικά σημαντικές μεταβλητές, υπολογίστηκε ότι είναι ο αριθμός των εργαζομένων ενηλίκων, ο αριθμός των μη εργαζομένων και το εισόδημα του νοικοκυριού.

Μία ενδιαφέρουσα οικονομετρική προσέγγιση, σχετικά με την εκτίμηση της κυριότητας οχημάτων, γίνεται από τους Dargay και Vythoulkas (1999). Στη δημοσίευση αυτή γίνεται χρήση ενός ψευδο-πίνακα, δηλαδή ενός κατασκευασμένου πίνακα δεδομένων, που περιλαμβάνει τη μέση τιμή της εξεταζόμενης μεταβλητής συμπεριφοράς του νοικοκυριού, για διαφορετικές σειρές ετών. Η μεταβλητή ως προς την οποία κατασκευάζεται ο πίνακας, είναι η μέση ηλικία του αρχηγού της οικογένειας. Διαπιστώνεται το συμπέρασμα από τον πίνακα αυτό, ότι οι αρχηγοί της οικογένειας που έχουν γεννηθεί νωρίτερα (δηλαδή οι μεγαλύτεροι σε ηλικία), τείνουν να έχουν χαμηλότερο ποσοστό κυριότητας οχημάτων στη διάρκεια της ζωής τους, από αυτούς που γεννιούνται αργότερα.

Στη συνέχεια, με βάση την γενική αυτή παρατήρηση, χρησιμοποιούνται δεδομένα έρευνας σε 7,200 νοικοκυριά, μεταξύ των ετών 1983-1993, για κατασκευή μοντέλου. Ως εξαρτημένη μεταβλητή θεωρείται ο αριθμός των οχημάτων ανά νοικοκυριό, ενώ οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι το εισόδημα, ο αριθμός των ενηλίκων, ο αριθμός των παιδιών, η περιοχή κατοικίας (αστική ή αγροτική) ενώ η επίδραση της ηλικίας του αρχηγού της οικογένειας, ενσωματώνεται σαν ανεξάρτητη μεταβλητή. Παράλληλα, χρησιμοποιείται το σταθερό και το μεταβλητό κόστος, για τα αυτοκίνητα καθώς και η τιμή του εισιτηρίου για τις δημόσιες συγκοινωνίες, σαν ανεξάρτητες μεταβλητές. Από την ανάλυση, φάνηκε ότι όλες οι μεταβλητές ήταν στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 95%, εκτός από την τιμή του εισιτηρίου και τον αριθμό των παιδιών.

Στη δημοσίευση των Hanly and Dargay (2000), εξετάζεται πάλι σε επίπεδο νοικοκυριού, το κατά πόσον η κυριότητα οχημάτων του παρελθόντος έχει σημαντική επίδραση στην παρούσα κατάσταση. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται δεδομένα

για την κυριότητα οχημάτων σε επίπεδο νοικοκυριών για 4 έτη (1993-1996), σύμφωνα με κρατική έρευνα στη Μ. Βρετανία. Ως εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνεται η ιδιοκτησία οχημάτων, για κάθε ένα από τα 4 έτη, ενώ ως ανεξάρτητες θεωρούνται το εισόδημα και άλλα κοινωνικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά του νοικοκυριού, όπως η ηλικία του αρχηγού της οικογένειας, ο αριθμός των ενηλίκων (σε ηλικία οδήγησης), ο αριθμός των παιδιών, η πληθυσμιακή πυκνότητα. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης θεωρούν ότι η κυριότητα οχημάτων του παρελθόντος (των 4 εξεταζόμενων ετών) επηρεάζει την τρέχουσα κυριότητα, με βάση τις εξεταζόμενες μεταβλητές, με επίπεδο σημαντικότητας 95%. Παρατηρήθηκε ότι όταν ο αρχηγός της οικογένειας είναι συνταξιούχος, η κυριότητα επηρεάζεται αρνητικά.

Οι Brikeland και Jorgensen (2001), ανέπτυξαν μοντέλο που ερμηνεύει την επιλογή των υποψήφιων αγοραστών αυτοκινήτων, με βάση την ενεργειακή αποδοτικότητα των νέων αυτοκινήτων. Στη συνέχεια χρησιμοποίησαν το μοντέλο αυτό για να αναλύσουν τις πολιτικές που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για αύξηση της αποδοτικότητας του στόλου των αυτοκινήτων. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν περιελάμβαναν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των 1500 οχημάτων που ήταν διαθέσιμα στην Δανία το 1997. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν οι απαντήσεις από 150,000 νοικοκυριά, τα οποία αγόρασαν νέο αυτοκίνητο το 1997. Σε κάθε νοικοκυριό προτάθηκαν 50 πιθανά οχήματα, μέσα στα οποία βρισκόταν και το δικό τους, με βάση τα οποία θα έπρεπε να απαντήσουν σε 60 παραμέτρους ερμηνείας της αγοραστικής τους συμπεριφοράς. Οι παράμετροι αυτοί χρησιμοποιήθηκαν για καθορισμό της προτίμησης σχετικά με την άνεση, την επιτάχυνση, το κόστος καυσίμου, το κόστος αγοράς κτλ. Παρατηρήθηκε ότι το εισόδημα είχε μεγάλη σημασία στην επιλογή. Επιπλέον, το κόστος του καυσίμου, ως συνέπεια αύξησης του κυβισμού, θεωρήθηκε σημαντική παράμετρος. Η επιτάχυνση, σύμφωνα με το μοντέλο είναι πολύ σημαντική ιδιαίτερα στους νέους σε ηλικία αγοραστές και λιγότερο σημαντική στους αγοραστές μεγαλύτερης ηλικίας. Το μοντέλο χρησιμοποιήθηκε για πρόβλεψη των πωλήσεων του 1997 στη Δανία, με αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Στη δημοσίευση του Whelan (2001), σχολιάζονται τα κρατικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για πρόβλεψη της κυριότητας αυτοκινήτων στη Μ. Βρετανία και εντοπίζονται οι αδυναμίες τους και τα σημεία που χρειάζονται βελτιώσεις. Το

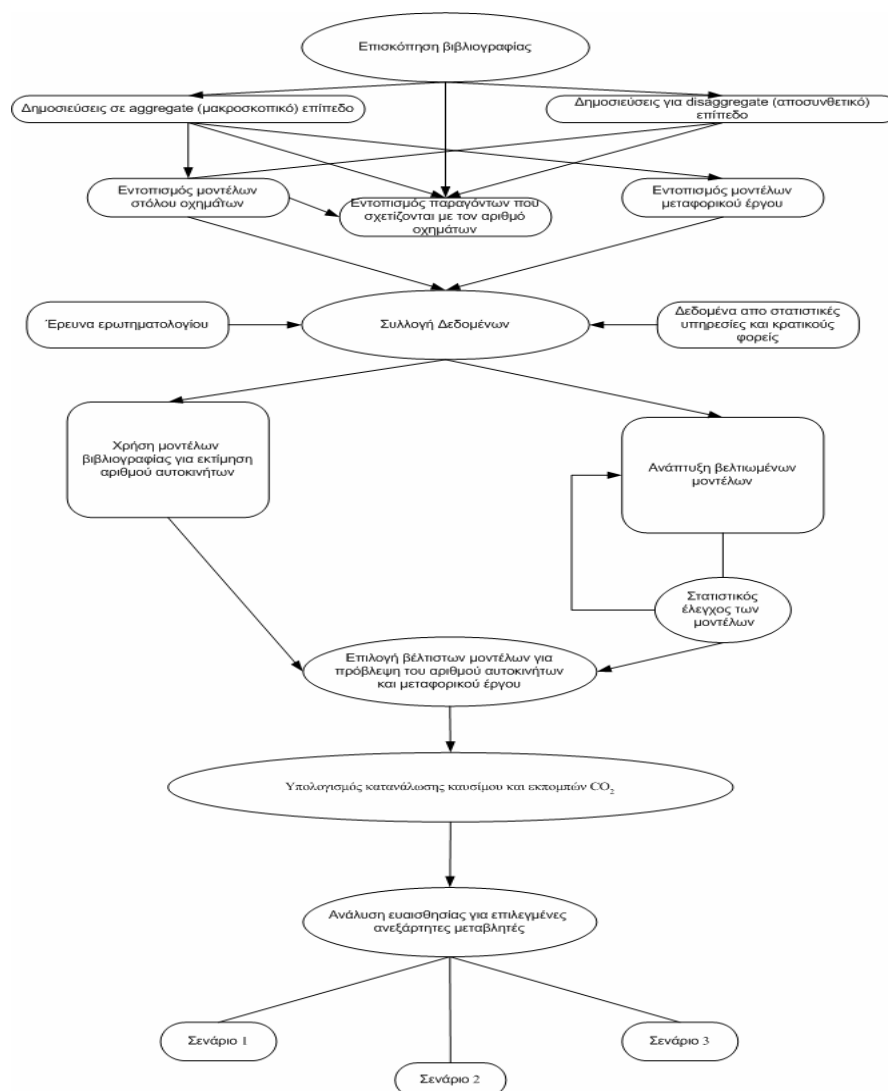
μοντέλο NTRF είναι το επίσημο κρατικό μοντέλο πρόβλεψης, το οποίο χρησιμοποιεί τα δεδομένα ερευνών μετακινήσεων σε επίπεδο νοικοκυριών καθώς και τη λογική του σταδιακού κορεσμού της κυριότητας με σιγμοειδή (S) καμπύλη. Τα σημεία στα οποία θεωρείται ότι πρέπει να βελτιωθεί το υπάρχον μοντέλο είναι η αναπροσαρμογή του μέγιστου επιπέδου κορεσμού, η εξέταση της επίδρασης των εταιρικών οχημάτων στην αύξηση του συνολικού στόλου, η αναπροσαρμογή λόγω αύξησης της κυριότητας οχημάτων στα νοικοκυριά καθώς και η χρήση ανάλυσης ευαισθησίας στο κόστος και την κυριότητα. Το νέο μοντέλο NTRF-2001, ενσωματώνει τις παραπάνω βελτιώσεις. Στο συγκεκριμένο μοντέλο γίνονται οι απαραίτητες προσαρμογές για συσχέτιση της εργασιακής κατάστασης με το εισόδημα, ενώ καθορίζονται εξωτερικά οι ελαστικότητες των νοικοκυριών ως προς το κόστος μετακίνησης. Επιπλέον, το εισόδημα κάθε περιοχής αναπροσαρμόζεται με ειδικούς συντελεστές, ώστε να μετατραπεί σε αγοραστικές μονάδες.

3. Μεθοδολογία

3.1 Εισαγωγή

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση και η ανάπτυξη σωρευτικών (aggregate) μοντέλων εκτίμησης αριθμού αυτοκινήτων μεταφορικού έργου με σκοπό τη χρήση των καλύτερων μοντέλων για εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας και

εκπομπών άνθρακα που προκύπτουν από τις επιβατικές οδικές μετακινήσεις. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιείται βιβλιογραφική επισκόπηση, έρευνα με ερωτηματολόγιο και της στατιστική ανάλυση.



Σχήμα 3.1 Διαγραμματική απεικόνιση της προτεινόμενης μεθοδολογίας

3.2 Συλλογή δεδομένων και παρουσίαση ιστορικών τάσεων

Εστιάζοντας στην Ελλάδα, στόχος μας σε αυτό το βήμα είναι ο εντοπισμός και η συγκέντρωση της μέγιστης διαθέσιμης σειράς ιστορικών δεδομένων, σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν την κυριότητα οχημάτων και το μεταφορικό έργο. Επιμέρους στόχος είναι η πραγματοποίηση έρευνας με ερωτηματολόγια, για

αποτύπωση της παρούσας κατάστασης και επαλήθευσης των ιστορικών τάσεων. Για την συλλογή των δεδομένων, χρησιμοποιούνται οι εξής μέθοδοι:

- Συγκέντρωση στατιστικών στοιχείων από κρατικούς και ευρωπαϊκούς οργανισμούς για τους παράγοντες που θεωρούνται σημαντικοί για τον τομέα των μεταφορών. Συγκεντρώθηκαν στοιχεία από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, το ΥΠΕΧΩΔΕ, το ΚΑΠΕ, το Υπουργείο Μεταφορών, την Eurostat και των Σύνδεσμο Εισαγωγέων Αντιπροσώπων Αυτοκινήτων. Γίνεται χρήση γραφικών παραστάσεων για την παρουσίαση των ιστορικών τάσεων.
- Πραγματοποίηση έρευνας πεδίου με ερωτηματολόγια, σχετικά με τις οδικές μετακινήσεις και την κυριότητα οχημάτων και παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Οι ερωτήσεις θα γίνονται σε επίπεδο νοικοκυριού.
- Χρησιμοποίηση των διαπιστώσεων της βιβλιογραφικής επισκόπησης για τεκμηρίωση των παραγόντων που σχετίζονται με τον στόλο των αυτοκινήτων και το μεταφορικό έργο.

3.3 Εφαρμογή μοντέλων βιβλιογραφίας στα ιστορικά δεδομένα

Χρησιμοποιούνται τα μοντέλα που εντοπίστηκαν από την επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, για εκτίμηση του αριθμού των αυτοκινήτων και του μεταφορικού έργου, για την περίπτωση της Ελλάδας. Στόχος μας σε αυτό το στάδιο είναι τα εξής:

- Η παρουσίαση της προτεινόμενης συναρτησιακής σχέσης και η δυνατότητα προσαρμογής των μοντέλων στα ιστορικά δεδομένα.
- Η αξιολόγηση της επάρκειας και των μοντέλων και της εκτιμητικής τους δυνατότητας.
- Ο εντοπισμός των κύριων επεξηγηματικών μεταβλητών.

3.4 Ανάπτυξη βελτιωμένων μοντέλων εκτίμησης αριθμού οχημάτων και μεταφορικού έργου

Στόχος είναι η ανάπτυξη βελτιωμένων συναρτησιακών σχέσεων, με χρήση των δεδομένων που έχουν συγκεντρωθεί. Θα εφαρμοστεί η μέθοδος της πολλαπλής παλινδρόμησης, ενώ θα γίνει έλεγχος των μοντέλων με βάση τα στατιστικά κριτήρια που παρουσιάζονται αναλυτικά στη συνέχεια:

1) Έλεγχος των χρησιμοποιούμενων μεταβλητών (Specification errors)

Γίνεται έλεγχος για το εάν οι υπάρχοντες πλεονάζουσες επεξηγηματικές μεταβλητές και εάν έχει παραληφθεί κάποια σημαντική ανεξάρτητη μεταβλητή από την εξίσωση της παλινδρόμησης. Εάν έχει συμβεί κάποια από τις δύο παραπάνω περιπτώσεις, οδηγούμαστε σε σφάλμα προσδιορισμού της εξίσωσης (specification bias).

Στην περίπτωση που έχει παραληφθεί από την εξίσωση μία σημαντική μεταβλητή, οι συντελεστές της παλινδρόμησης δεν είναι οι καλύτεροι δυνατοί (BLUE) καθώς δεν έχουν την ελάχιστη διακύμανση (Studenmund, 2001). Στην περίπτωση αυτή, η λύση είναι να εντοπισθεί και να προστεθεί στο μοντέλο η μεταβλητή που έχει παραληφθεί. Ο καλύτερος τρόπος για να γίνει κάτι τέτοιο είναι να ελέγξουμε το μοντέλο σε θεωρητικό επίπεδο και να διαπιστώσουμε πριν την εισαγωγή των δεδομένων στον υπολογιστή, ότι είναι πλήρες. Εφόσον έχει γίνει η δοκιμή της παλινδρόμησης θα πρέπει να εξετάσουμε τα πρόσημα των συντελεστών, σε σχέση με τα αναμενόμενα θεωρητικά πρόσημα. Επιπλέον, θα πρέπει να γίνει γραφική απεικόνιση των καταλοίπων της παλινδρόμησης, για να διαπιστωθεί εάν ακολουθούν κάποιο μοτίβο, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ενδεχομένως έχει παραληφθεί κάποια μεταβλητή.

Στην περίπτωση που έχει συμπεριληφθεί στην παλινδρόμηση μία μεταβλητή που δεν χρειάζεται, αυξάνεται η διακύμανση των εκτιμώμενων συντελεστών.

2) Έλεγχος για πολυσυγραμμικότητα (Multicollinearity)

Κάτι τέτοιο οδηγεί σε αύξηση της διακύμανσης και συνεπώς αύξηση του τυπικού σφάλματος του εκτιμώμενου συντελεστή. Επιπλέον οδηγεί σε μείωση του t-score. Εντούτοις η ύπαρξη πολυσυγραμμικότητας δεν μεταβάλλει την προσαρμογή της εξίσωσης στα δεδομένα και δεν επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη δυνατότητα πρόβλεψης.

Μερική πολυσυγραμμικότητα υπάρχει σε όλες τις εξισώσεις, καθώς είναι αδύνατον σε ένα πραγματικό παράδειγμα να εντοπιστούν επεξηγηματικές μεταβλητές που είναι εντελώς ασυσχέτιστες. Το κυριότερο επομένως είναι να διαπιστωθεί σε τι βαθμό υπάρχει η πολυσυγραμμικότητα.

Οι κυριότεροι τρόποι χειρισμού της πολυσυγραμμικότητας είναι οι εξής:

1. Να μην κάνουμε τίποτα: Πολλές φορές οι αλλαγές στην εξίσωση για να αποφύγουμε την πολυσυγραμμικότητα, οδηγούν σε σοβαρότερα σφάλματα εκτίμησης. Ειδικά, εφόσον η πολυσυγραμμικότητα δεν επηρεάζει την προσαρμογή στα δεδομένα, σε πολλές περιπτώσεις απλά αναφέρουμε την ύπαρξη της.
2. Να απομακρύνουμε μία περιττή μεταβλητή: Ελέγχοντας τη συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών, μπορούμε να αφαιρέσουμε από την εξίσωση μία από τις δύο ισχυρά συσχετιζόμενες μεταβλητές.
3. Να μετατρέψουμε τις μεταβλητές: Σε αυτή την περίπτωση μπορούμε να σχηματίζουμε μία νέα μεταβλητή που περιλαμβάνει τις δύο συσχετιζόμενες μεταβλητές (πχ. έναν δείκτη) ή να χρησιμοποιήσουμε τις πρώτες διαφορές όλων των μεταβλητών για την εξίσωση παλινδρόμησης.
4. Να χρησιμοποιήσουμε αντί της απλής παλινδρόμησης (OLS) την μέθοδο Ridge Regression, με την οποία μειώνεται η διακύμανση της κατανομής των $\hat{\mathbf{b}}$ (εκτιμώμενων συντελεστών της παλινδρόμησης), έτσι ώστε να αντιμετωπιστεί η πολυσυγραμμικότητα. Το αποτέλεσμα σε αυτή την περίπτωση περιλαμβάνει προκατάληψη (bias), καθώς οι συντελεστές των μεταβλητών της παλινδρόμησης είναι μειωμένοι τεχνητά (με πολλαπλασιασμό με έναν συντελεστή λ) ώστε να έχουν μικρότερη διακύμανση.

3) Έλεγχος για σειριακή συσχέτιση ή αυτοσυσχέτιση (*serial correlation or autocorrelation*)

Όταν υπάρχει αυτοσυσχέτιση, η τιμή του σφάλματος σε μία παρατήρηση, είναι συνάρτηση του σφάλματος της προηγούμενης παρατήρησης. Η αυτοσυσχέτιση εντοπίζεται εύκολα από τη γραφική αναπαράσταση του σφάλματος σε σχέση με τον χρόνο. Εάν παρουσιάζεται στο σφάλμα της παλινδρόμησης κάποιο αναγνωρίσιμο μοτίβο, σημαίνει ότι υπάρχει αυτοσυσχέτιση. Η αυτοσυσχέτιση εντοπίζεται από τα

διαγράμματα ACF (Autocorellation Function) και PACF (Partial Autocorellation Function).

Οι συνέπειες της αυτοσυσχέτισης είναι:

- η αύξηση της διακύμανσης της κατανομής των $\hat{\beta}$ (εκτιμώμενων συντελεστών της παλινδρόμησης). Έτσι αυξάνει η πιθανότητα ο εκτιμώμενος συντελεστής $\hat{\beta}$ να διαφέρει από τον πραγματικό συντελεστή β .
- η ύπαρξη αυτοσυσχέτισης οδηγεί την OLS να υποεκτιμήσει τα τυπικά σφάλματα των συντελεστών. Έτσι το t-score, το \bar{R}^2 και το F-score μπορεί να είναι πολύ ικανοποιητικά, αλλά η εκτίμηση τους γίνεται προκατειλημμένα και είναι λανθασμένη.

Τρόποι εντοπισμού και αντιμετώπισης της αυτοσυσχέτισης είναι οι εξής:

1. Η χρήση του Durbin-Watson statistic, για έλεγχο ύπαρξης αυτοσυσχέτισης πρώτου βαθμού, στον όρο του σφάλματος.
2. Η παλινδρόμηση να γίνει με χρήση του GLS (Generalized Least Squares) αντί του κλασσικού OLS (Ordinary Least Squares).

3.5 Σύγκριση μοντέλων και επιλογή βέλτιστων μοντέλων

Τα αποτελέσματα που μας δίνουν τα μοντέλα της βιβλιογραφίας αλλά και τα δικά μας διορθωμένα μοντέλα, συγκρίνονται και αναφέρονται οι αποκλίσεις τους αλλά και η αποτελεσματικότητά τους.

3.6 Πρόβλεψη ανεξάρτητων μεταβλητών

Πραγματοποιείται πρόβλεψη των ανεξάρτητων μεταβλητών με τη μέθοδο Box-Jenkins (μοντέλα ARIMA), ενώ όπου είναι διαθέσιμες, χρησιμοποιούνται οι επίσημες προβλέψεις των διεθνών οργανισμών (UNEP, Eurostat, World Bank). Η μέθοδος Box-Jenkins μπορεί να εκτιμήσει την εξέλιξη μίας μεταβλητής, θεωρώντας ότι οι μελλοντικές τιμές είναι συνάρτηση των παρελθόντων τιμών της ίδιας μεταβλητής, με την προϋπόθεση η μεταβλητή να παρουσιάζει διαχρονική στασιμότητα (stationarity).

3.7 Ανάλυση ευαισθησίας

Εφόσον έχουν επιλεγεί τα περισσότερο ικανοποιητικά μοντέλα, επιλέγονται ορισμένες σημαντικές ανεξάρτητες μεταβλητές και θεωρούμε εναλλακτικά σενάρια εξέλιξής τους. Με τον τρόπο αυτό ελέγχουμε την ευαισθησία του μοντέλου για διάφορα σενάρια εξέλιξης των επιλεγμένων ανεξάρτητων μεταβλητών και με αυτό τον τρόπο επιβεβαιώνεται η σημαντικότητά τους.

3.8 Υπολογισμός κατανάλωσης καυσίμου και εκπομπών άνθρακα

Η κατανάλωση καυσίμου και οι εκπομπές άνθρακα, υπολογίζονται με βάση τις εκτιμήσεις των μοντέλων οχημάτων και μεταφορικού έργου.

Ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμου μπορεί να γίνει με τους παρακάτω τρόπους:

- 1) Με πολλαπλασιασμό των συνολικών rkm με τον συντελεστή κατανάλωσης σε gr ή l/rkm
- 2) Με πολλαπλασιασμό των συνολικών vkm με τον μέσο συντελεστή κατανάλωσης του στόλου (σε gr ή l/km).
- 3) Με κατάστρωση μοντέλου, θεωρώντας σαν εξαρτημένη μεταβλητή την συνολική ποσότητα καυσίμων που καταναλώθηκε

Στην πρώτη περίπτωση, χρησιμοποιείται ο συντελεστής κατανάλωσης που υπολογίστηκε από τα ιστορικά δεδομένα και γίνεται προέκταση του στο μέλλον, με χρήση κάποιων περιορισμών. Σε αυτή την περίπτωση, πολλαπλασιάζεται η εκτίμηση της εξέλιξης του μεταφορικού έργου (σε rkm) με τον εκτιμώμενο συντελεστή κατανάλωσης.

Στην δεύτερη περίπτωση γίνεται το ίδιο με χρήση των vkm. Στην τρίτη περίπτωση, αναπτύσσεται μοντέλο εκτίμησης της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου, όπως αυτή δίδεται από τα ιστορικά δεδομένα, με ανεξάρτητες μεταβλητές τα οχήματα, το μεταφορικό έργο ανά όχημα και άλλους παράγοντες που έχουν εντοπιστεί στη βιβλιογραφική επισκόπηση. Στην παρούσα προσέγγιση χρησιμοποιούμε τα vkm.

Οι εκπομπές άνθρακα υπολογίζονται με πολλαπλασιασμό της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου (που υπολογίστηκε προηγουμένως) με έναν συντελεστή εκπομπών που δίδεται από τους επίσημους κρατικούς οργανισμούς.

3.9 Συμπεράσματα – Προτάσεις περαιτέρω έρευνας

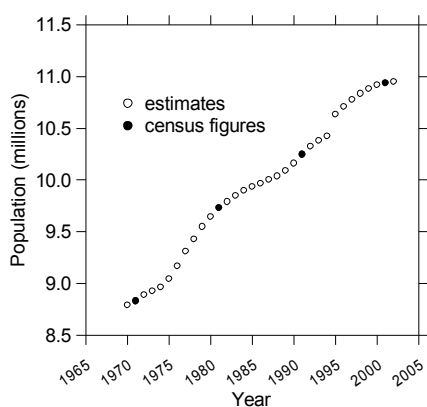
Στο τελευταίο τμήμα παρουσιάζονται οι κυριότερες διαπιστώσεις, τονίζεται οι συμβολή αλλά και τα κενά της παρούσας εργασίας και αναφέρονται οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

4. Ανάλυση

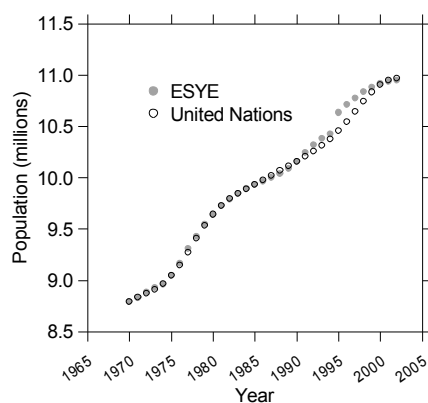
4.2 Ιστορικές τάσεις

4.2.1 Μακροοικονομικά μεγέθη

Αρχικά, εξετάζονται οι ιστορικές τάσεις για τις μεταβλητές ενδιαφέροντος της ανάλυσης. Παρότι σε δημοσιεύσεις ανάλυσης μεταφορικών συστημάτων οι διάφοροι ερευνητές χρησιμοποίησαν ιστορικά δεδομένα που δεν εκτείνονται μέχρι το παρόν, στη δική μας περίπτωση κατέστη εφικτή η συλλογή ετήσιων χρονολογικών δεδομένων για σειρά 33 ετών (1970-2002). Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν είναι σωρευτικά (aggregate), αφορούν δηλαδή το σύνολο της χώρας, χωρίς διάκριση ανά γεωγραφική περιοχή.



Σχήμα 4.1. Πληθυσμός (ΕΣΥΕ)



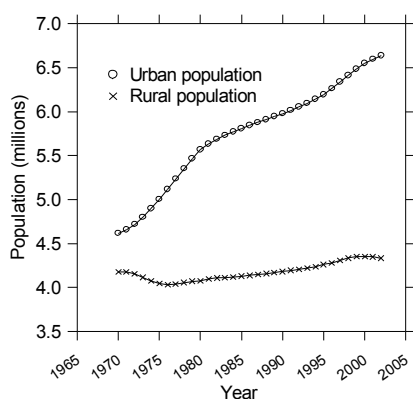
Σχήμα 4.2. Πληθυσμός (ΕΣΥΕ και United Nations)

Στο Σχήμα 4.1 απεικονίζεται ο πληθυσμός της Ελλάδας. Με μαύρες κουκίδες παρουσιάζεται ο πραγματικός πληθυσμός σύμφωνα με τις εθνικές απογραφές, ενώ με λευκές κουκίδες φαίνονται οι εκτιμήσεις πληθυσμού στο μέσο του έτους, σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΣΥΕ, 2003b). Παρατηρούμε ότι η απογραφή του 2001 έδωσε μία αρκετά αυξημένη τιμή για τον πληθυσμό. Αυτό εξηγείται από την αύξηση της εισροής οικονομικών μεταναστών (μεταξύ 1991-2001), προερχόμενων από τις Βαλκανικές και Ανατολικοευρωπαϊκές χώρες.

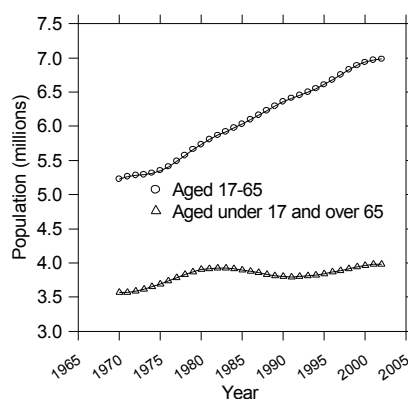
Στο σχήμα 4.2 γίνεται σύγκριση του πληθυσμού, όπως αυτός καταγράφεται από την ΕΣΥΕ και τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών (United Nations, 2004). Οι πληθυσμιακές εκτιμήσεις της ΕΣΥΕ στο μέσο έτους για τα έτη 1995-2000, έχουν αναθεωρηθεί σύμφωνα με την απογραφή του 2001, ενώ οι εκτιμήσεις από το 1991 έως το 1994 βασίζονται στην απογραφή του 1991.

Αποτέλεσμα αυτού είναι να παρατηρείται ένα μη επιθυμητό άλμα της καμπύλης πληθυσμού, μεταξύ των ετών 1994 και 1995 (της τάξης των 200,000 ατόμων). Για το

λόγο αυτό, θεωρούμε ότι οι εκτιμήσεις πληθυσμού (μέσο έτους) της ΕΣΥΕ είναι από το 1991 και έπειτα, μη αντιπροσωπευτικές. Εντούτοις, οι εκτιμήσεις των United Nations για το διάστημα μεταξύ 1991 και 2001, βασίζονται στα δεδομένα της τελευταίας απογραφής, ενώ χρησιμοποιούνται 3 εναλλακτικά σενάρια εξέλιξης, σύμφωνα με τον αναμενόμενο ρυθμό των γεννήσεων (μέσος, υψηλός και χαμηλός ρυθμός). Επιλέγουμε να χρησιμοποιούμε στο εξής τις εκτιμήσεις πληθυσμού του United Nations με τον μέσο ρυθμό γεννήσεων. Αυτό αντιπροσωπεύει καλύτερα την περίπτωση της Ελλάδας (δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά οι γεννήσεις), ενώ η κλίση της καμπύλης πληθυσμού σύμφωνα με τα United Nations, είναι ομαλοποιημένη από το 1991 και έπειτα (βλ Σχήμα 4.2).



Σχήμα 4.3. Εξέλιξη αστικού και αγροτικού πληθυσμού



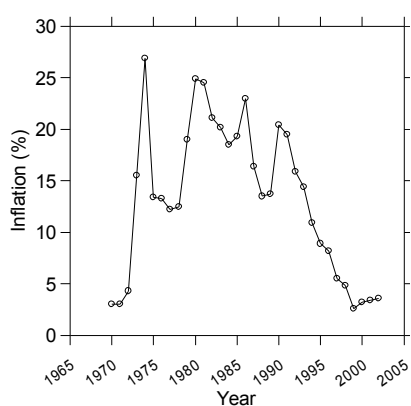
Σχήμα 4.3. Εξέλιξη πληθυσμού ηλικίας 17 - 65 σε σχέση με <17 και >65

Στο Σχήμα 4.3 παρουσιάζεται η εξέλιξη του αστικού και αγροτικού πληθυσμού, σύμφωνα με τον United Nations. Είναι φανερή η τάση αστικοποίησης που επικρατεί στην Ελλάδα (η μεγαλύτερη αύξηση του αστικού πληθυσμού σημειώνεται μεταξύ των ετών 1970-1980), καθώς ο αστικός πληθυσμός έχει αυξηθεί κατά 2 εκ. μεταξύ των ετών 1970 και 2002, ενώ ο αγροτικός παραμένει σχεδόν στα επίπεδα του 1970, για το έτος 2002.

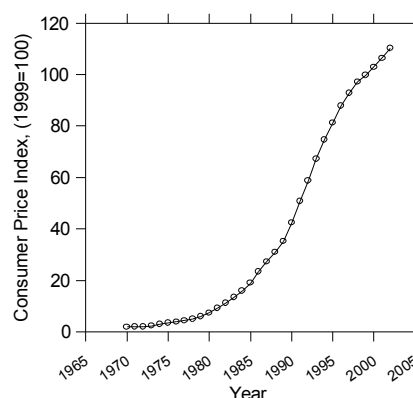
Στο Σχήμα 4.4 παρουσιάζεται η αύξηση του πληθυσμού ηλικίας μεταξύ 17-65 (οικονομικά ενεργός πληθυσμός) σε σχέση με τον πληθυσμό κάτω των 17 και άνω των 65. Η ηλικιακή ομάδα 17-65 παρουσιάζει γραμμική αύξηση σε σχέση με τον χρόνο, ενώ η ομάδα < των 17 και > των 65, παρουσιάζει οριακή αύξηση. Το γεγονός αυτό μας ενδιαφέρει σε μελέτες μεταφορών, καθώς το σύνολο του οικονομικά

ενεργού πληθυσμού είναι αυτό που υποκινεί την αύξηση των μετακινήσεων, ιδιαίτερα αυτών που γίνονται με ιδιωτικά οχήματα, καθώς τα άτομα της συγκεκριμένης ηλικιακής ομάδας, είναι σε θέση να κατέχουν και να οδηγούν οχήματα.

Πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση της οικονομίας μπορούν να αντληθούν από την εξέταση του πληθωρισμού και της ανεργίας, όπως φαίνεται στα Σχήματα 4.5-4.8.



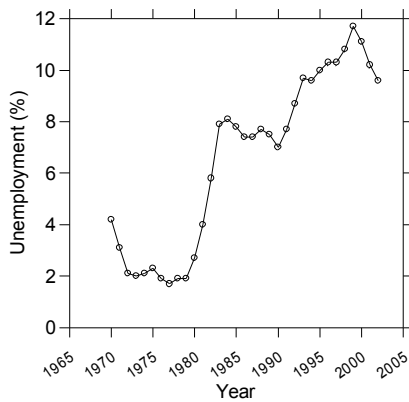
Σχήμα 4.5. Ετήσιος πληθωρισμός στο μέσον του έτους (%)



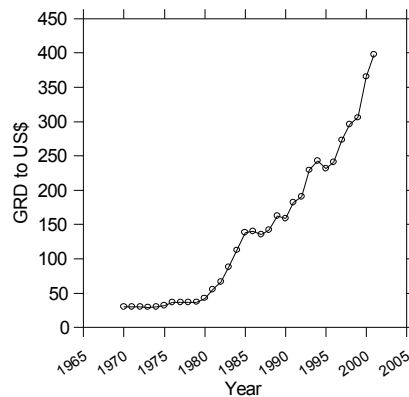
Σχήμα 4.6 Δείκτης Τιμών Καταναλωτή με έτος βάσης το 1999

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.5, ο πληθωρισμός βρισκόταν σε πολύ χαμηλά επίπεδα στις αρχές της δεκαετίας το 1970, αλλά αυξήθηκε σημαντικά και μειώθηκε ξανά μέσα στην δεκαετία. Παρατηρείται νέα αύξηση, ιδιαίτερα στις αρχές της δεκαετίας του 1980 αλλά σημειώνεται σταθερή μείωση κατά τη δεκαετία του 1990, με μικρή αυξητική τάση από το 1999 και έπειτα.

Στο Σχήμα 4.6 παρουσιάζεται ο Δείκτης Τιμών Καταναλωτή, με έτος βάσης το 1999. Ο δείκτης αυτός αποτελεί απαραίτητο δεδομένο για οικονομικές αναλύσεις, καθώς φανερώνει την αξία σε τρέχουσες τιμές, για το γνωστό «καλάθι της νοικοκυράς» (το γενικό επίπεδο τιμών) από την οικονομική θεωρία. Ο δείκτης αυτός διαμορφώνεται με βάση τον ετήσιο πληθωρισμό, ενώ για μετατροπή οποιουδήποτε οικονομικού μεγέθους από τρέχουσες τιμές σε σταθερές ενός έτους βάσης (αποπληθωρισμός), απαιτείται διαίρεση με τον Δείκτη Τιμών Καταναλωτή.



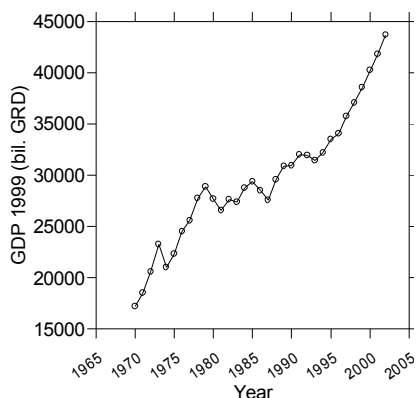
Σχήμα 4.7. Ανεργία (%)



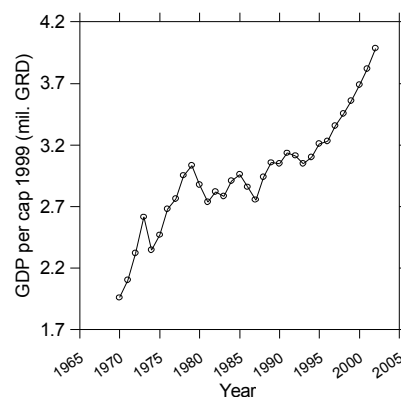
Σχήμα 4.8. Ισοτιμία δραχμής-δολαρίου, σε τρέχουσες τιμές

Η ανεργία (Σχήμα 4.7), ακολουθεί αντίθετη πορεία σε σχέση με τον πληθωρισμό, επαληθεύοντας την κλασική θεωρία του Phillips, από την οικονομική (αύξηση πληθωρισμού => μείωση ανεργίας και το αντίθετο). Στο Σχήμα 4.8 φαίνεται το κόστος ενός δολαρίου σε δραχμές (σε τρέχουσες τιμές). Το δεδομένο αυτό είναι σημαντικό, καθώς πιθανή αύξηση της δραχμής έναντι του δολαρίου σημαίνει αύξηση της αγοραστικής δύναμης των καταναλωτών και αντιστοιχεί σε αύξηση του εισοδήματός τους. Σε προϊόντα που η τιμή τους εξαρτάται από το δολάριο (όπως καύσιμα, προϊόντα τεχνολογίας αλλά και αυτοκίνητα), η ισοτιμία είναι βασική εισροή για οικονομικές αναλύσεις. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να γίνεται μετατροπή της ισοτιμίας σε σταθερές τιμές, με βάση τον Δείκτη Τιμών Καταναλωτή, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

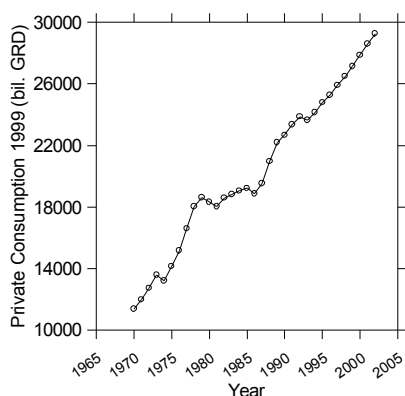
Για την διαχρονική εξέταση του εγχώριου εισοδήματος, χρησιμοποιείται το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (GDP) και η εγχώρια ιδιωτική κατανάλωση (Private Consumption). Τα μεγέθη αυτά απεικονίζονται στα Σχήματα 4.9 – 4.12.



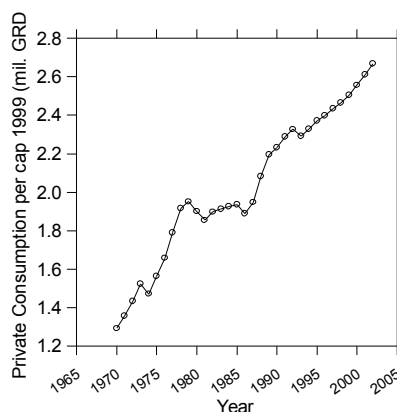
Σχήμα 4.9. Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν σε σταθερές τιμές 1999



Σχήμα 4.10. Κατά κεφαλήν Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν σε σταθερές τιμές 1999



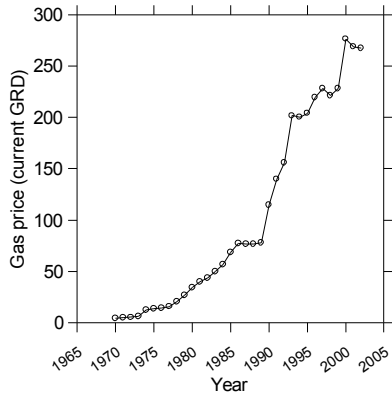
Σχήμα 4.11. Εγχώρια Ιδιωτική Κατανάλωση σε σταθερές τιμές 1999



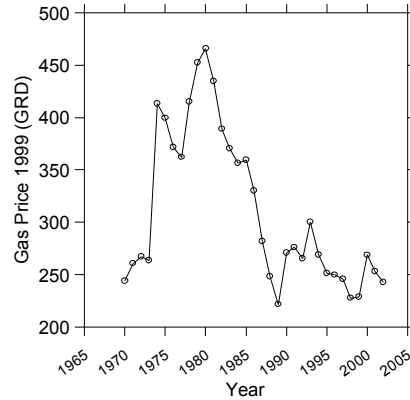
Σχήμα 4.12. Κατά κεφαλήν Εγχώρια Ιδιωτική Κατανάλωση σε σταθερές τιμές 1999

Στα Σχήματα 4.9 και 4.10 παρουσιάζεται η εξέλιξη του ΑΕΠ σε σταθερές τιμές (ώστε να γίνεται αντιληπτή η καθαρή αύξηση), τόσο συνολικά όσο και κατά κεφαλήν. Τα δεδομένα για την κατασκευή των καμπυλών αντλήθηκαν από την Στατιστική Υπηρεσία (ΕΣΥΕ, 2002). Το ΑΕΠ σε σταθερές τιμές του 2002 είναι κατά 2.5 φορές μεγαλύτερο από αυτό του 1970 που σημαίνει ότι η παραγωγικές δυνατότητες της οικονομίας στην συγκεκριμένη περίοδο υπερδιπλασιάστηκαν. Το κατά κεφαλήν ΑΕΠ του 2002 (βλ. Σχήμα 4.10) είναι διπλάσιο από αυτό του 1970, με αναλογία περίπου 4 εκ. δρχ. ανά άτομο. Η περίοδος 1979-1988 ήταν η χειρότερη από άποψης εξέλιξης της οικονομίας, καθώς παρατηρείται ότι το κατά κεφαλήν ΑΕΠ του 1979 σε σταθερές τιμές είναι το ίδιο με αυτό του 1988. Από το 1993 και μέχρι σήμερα, το ΑΕΠ ακολουθεί έντονη αυξητική πορεία, γεγονός που υποδηλώνει τις σημαντικές βελτιώσεις στην παραγωγική δυνατότητα της χώρας. Στα Σχήματα 4.11 και 4.12 απεικονίζεται η ιδιωτική κατανάλωση συνολικά και κατά κεφαλήν, δηλαδή η συνολική καταναλωτική δαπάνη των νοικοκυριών. Η εξέλιξη αυτού του μεγέθους είναι ανάλογη του ΑΕΠ.

Τα Σχήματα 4.13 και 4.14 παρουσιάζουν την διακύμανση της μέσης ετήσιας τιμής της βενζίνης, τόσο σε τρέχουσες όσο και σε σταθερές τιμές, για τα έτη 1970-2002.



Σχήμα 4.13. Τιμή βενζίνης Super (τρέχουσες τιμές)



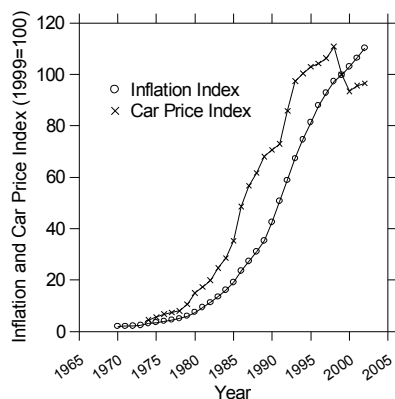
Σχήμα 4.14. Τιμή βενζίνης Super, αποπληθωρισμένη (σταθερές τιμές 1999)

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το Σχήμα 4.14, όπου οι τιμή της βενζίνης έχει μετατραπεί σε σταθερές τιμές του 1999, με αφαίρεση του πληθωρισμού. Παρατηρούμε ότι η τιμή της βενζίνης αυξήθηκε κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1980, κατά τη διάρκεια δηλαδή των δύο πετρελαϊκών κρίσεων. Από τις αρχές του 1980 και μέχρι σήμερα, η τιμή της βενζίνης παρουσιάζει σημαντική μείωση. Σε σταθερές τιμές, σήμερα είναι φθηνότερη από ότι ήταν το 1970.

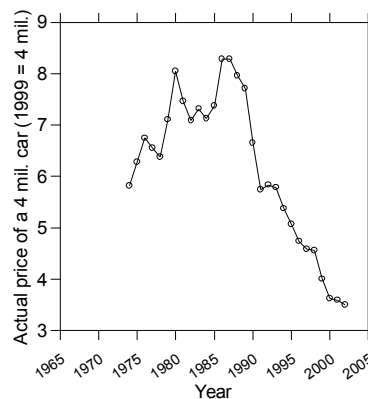
Στο Σχήμα 4.15 παρουσιάζεται ένα μέγεθος που έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την ανάλυση που θα ακολουθήσει: η ετήσια εξέλιξη του δείκτη τιμής οχημάτων. Στις δημοσιεύσεις που επισκοπήθηκαν σχετικά με την εκτίμηση της εξέλιξης του στόλου των οχημάτων, αυτό το μέγεθος δεν έχει χρησιμοποιηθεί, εκτός από ελάχιστες περιπτώσεις, καθώς η ανάκτηση του είναι σχετικά δύσκολη. Στη δική μας ανάλυση, επειδή έχουμε εστιάσει σε εθνικό επίπεδο, η ανάκτηση αυτού του δεδομένου έγινε εφικτή ύστερα από αναζήτηση στα αρμόδια για την κατάρτιση οικονομικών δεικτών τμήματα της Στατιστικής Υπηρεσίας (ΕΣΥΕ, 2003a). Μπορέσαμε να εντοπίσουμε τον υποδείκτη της εξέλιξης τιμής οχημάτων, ο οποίος περιλαμβάνεται στον δείκτη τιμών καταναλωτή, για τα έτη 1974-2002. Η εκτίμηση του δείκτη τιμών αυτοκινήτων προκύπτει από διαδικασία τιμοληψίας για αντιπροσωπευτικά μοντέλα αυτοκινήτων, ανά τακτά χρονικά διαστήματα για κάθε έτος.

Οι λεπτομέρειες για τον υπολογισμό του δείκτη τιμών καταναλωτή και τις υποομάδες που τον αποτελούν, παρέχονται σε ειδικό έντυπο της στατιστικής υπηρεσίας,

το οποίο μπορέσαμε να εντοπίσουμε έπειτα από επαφή με την Διεύθυνση Δεικτών (ΕΣΥΕ, 2001).



Σχήμα 4.15. Μέσος ετήσιος δείκτης τιμής αυτοκινήτου σε σχέση με τον Δείκτη Τιμών Καταναλωτή



Σχήμα 4.16. Εξέλιξη τιμής αυτοκινήτου κόστους 4 εκατομμυρίων δρχ. το 1999, σε σταθερές τιμές του 1999

Στο Σχήμα 4.16 παρουσιάζεται εξέλιξη της σχετικής τιμής ενός αυτοκινήτου κόστους 4 εκ. δρχ. το 1999, σύμφωνα με το δείκτη τιμής αυτοκινήτου, ύστερα από αποπληθωρισμό. Παρατηρούμε ότι ένα αυτοκίνητο που κοστίζει 4 εκ. δρχ. το 1999, κοστίζει περίπου 3.5 δρχ. του 1999, για το έτος 2002. Το ίδιο αυτοκίνητο κόστιζε 8 εκ. δρχ. του 1999, κατά το έτος 1988. Διαπιστώνουμε ότι το κόστος αγοράς για το 2002 σε σταθερές τιμές, έχει μειωθεί στο μισό αυτού που ίσχυε το 1988, για το υποθετικά ίδιο αυτοκίνητο. Από το 1975 μέχρι το 1988 οι τιμές των αυτοκινήτων παρουσίασαν έντονη ανοδική τάση, ενώ από το 1988 μέχρι σήμερα παρατηρείται συνεχής μείωση των τιμών. Ιδιαίτερα τα τελευταία 3 χρόνια (2000-2002), η τιμή σε απόλυτο αποπληθωρισμένο νόμισμα, είναι χαμηλότερη από αυτή του 1999.

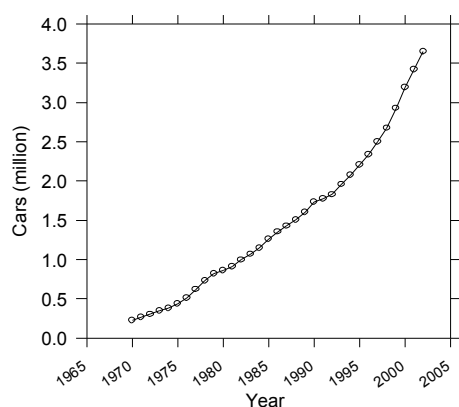
Συμπεραίνεται από τα παραπάνω, ότι το αυτοκίνητο (ιδιαίτερα τα τελευταία 4 χρόνια), έχει γίνει ιδιαίτερα ελκυστικό για τον μέσο αγοραστή, καθώς η ετήσια αύξηση στην τιμή του είναι χαμηλότερη ακόμα και από τον πληθωρισμό, ενώ το διαθέσιμο εισόδημα (όπως είδαμε από το ΑΕΠ) ακολουθεί αυξητική τάση.

Η αύξηση του αριθμού των οχημάτων, ιδιαίτερα από την περίοδο που η σχετική τιμή του αυτοκινήτου άρχισε να μειώνεται, έχει άμεση σχέση την προηγούμενη παρατήρηση, όπως διαπιστώνεται και στην ενότητα των οχημάτων, που ακολουθεί.

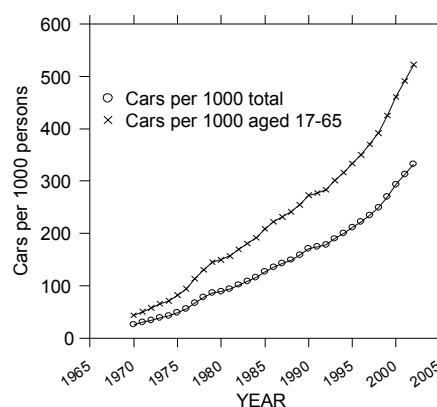
4.2.2 Οχήματα

Εστιάζοντας το ενδιαφέρον μας στα οχήματα, το Σχήμα 4.17 δείχνει την ανοδική τάση του συνολικού αριθμού επιβατικών αυτοκινήτων ως προς το χρόνο ενώ το Σχήμα 4.18 ασχολείται με την κατά κεφαλήν ιδιοκτησία αυτοκινήτων (για το σύνολο του πληθυσμού και για τον οικονομικά ενεργό πληθυσμό ηλικίας 17 έως 65 ετών).

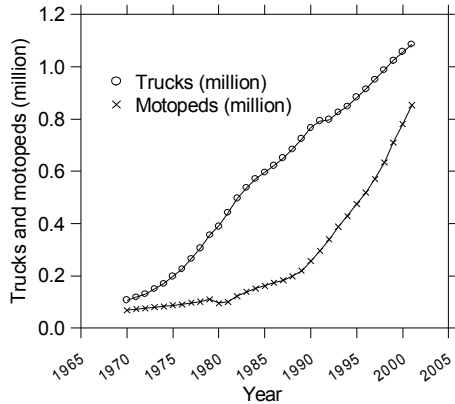
Παρατηρούμε ότι από το 1991 και μετά, η αύξηση του στόλου των αυτοκινήτων γίνεται με μεγαλύτερο ρυθμό. Αυτό συνδέεται άμεσα με την μείωση της τιμής των αυτοκινήτων που επήλθε από το 1991 και έπειτα (βλ. Σχήμα 4.16). Τα αυτοκίνητα, από 225,000 το 1970, ανήλθαν σε 1,700,000 το 1990 και σε 3,600,000 το 2002. Σε σχέση με το 1970, το 2002 ο στόλος των αυτοκινήτων έχει 16πλασιαστεί. Το γεγονός αυτό συνδέεται με το μικρό ρυθμό απόσυρσης των παλαιών οχημάτων από την κυκλοφορία. Στην Ελλάδα, το ποσοστό απόσυρσης είναι 0.6 – 0.8% επί του συνολικού στόλου των επιβατικών αυτοκινήτων ετησίως (Χόνδρος, 2001).



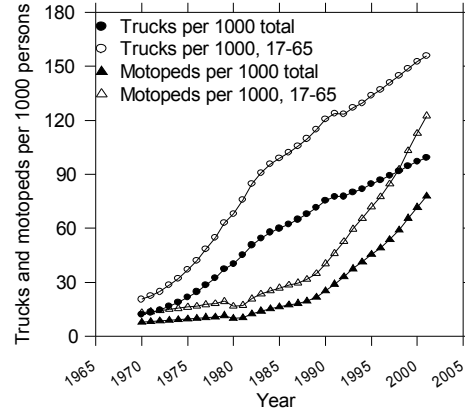
Σχήμα 4.17. Συνολικός αριθμός επιβατικών αυτοκινήτων (εκατομμύρια)



Σχήμα 4.18. Επιβατικά αυτοκίνητα ανά 1000 άτομα σε σχέση με επιβατικά αυτοκίνητα ανά 1000 ηλικίας 17-65



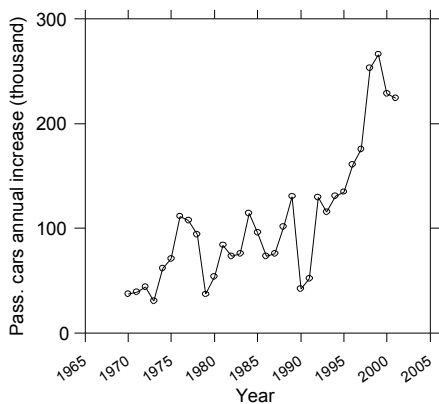
Σχήμα 4.19. Συνολικός αριθμός φορτηγών και μηχανοκίνητων δίκυκλων



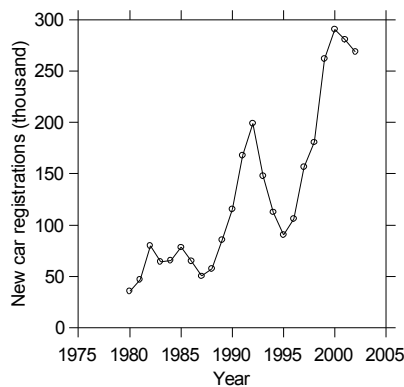
Σχήμα 4.20. Φορτηγά και δίκυκλα ανά 1000 άτομα και ανά 1000 άτομα ηλικίας 17-65

Στα Σχήματα 4.19 και 4.20 παρουσιάζεται η αύξηση του στόλου των φορτηγών και των μηχανοκίνητων δίκυκλων, τόσο συνολικά όσο και ανά 1000 άτομα. Παρατηρούμε ότι τα δίκυκλα, ενώ μέχρι το 1990 αυξάνονται με πολύ μικρό ρυθμό, παρουσιάζουν σημαντική έντονη αυξητική τάση από το 1990 και έπειτα, γεγονός που συνδέεται και με την αύξηση του αστικού πληθυσμού (βλ. Σχήμα 4.3). Η μετακίνηση του πληθυσμού προς τις πόλεις, οδηγεί σε έντονα κυκλοφοριακά προβλήματα, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ζήτηση για δίκυκλα, ως ταχύτερος τρόπος μετακίνησης σε συνθήκες κυκλοφοριακού φόρτου. Τα δίκυκλα από 90,000 το 1970, ανήλθαν σε 250,000 το 1990 και σε 850,000 το 2001. Στα φορτηγά, η αύξηση είναι σχεδόν γραμμική σε σχέση με το χρόνο. Ο στόλος των φορτηγών το 1970 ήταν 100,000 ενώ το 2001 ήταν 1,100,000.

Στα Σχήματα 4.21 και 4.22 που ακολουθούν, παρουσιάζονται δύο σημαντικές μεταβλητές του στόλου των οχημάτων: Η ετήσια αύξηση του στόλου και τα νέα οχήματα που εισέρχονται στην κυκλοφορία. Η διαφορά αυτών των δύο μεγεθών με αφαίρεση, δίνει τα οχήματα που αποσύρονται κάθε χρόνο από την κυκλοφορία. Δηλαδή εάν οι νέες ταξινομήσεις ισούνται με την αύξηση του στόλου (οι δύο καμπύλες ίδιες) σημαίνει ότι ο αριθμός των νέων οχημάτων που εισέρχονται σε κυκλοφορία, ισούται με τον αριθμό των αυτοκινήτων που αποσύρονται λόγω παλαιότητας ή καταστροφής. Κάτι τέτοιο ασφαλώς δεν συμβαίνει στην περίπτωση της Ελλάδας, όπως σχολιάσαμε και προηγουμένως.



Σχήμα 4.21. Ετήσια αύξηση του στόλου των επιβατικών αυτοκινήτων (σε χιλιάδες αυτοκίνητα)

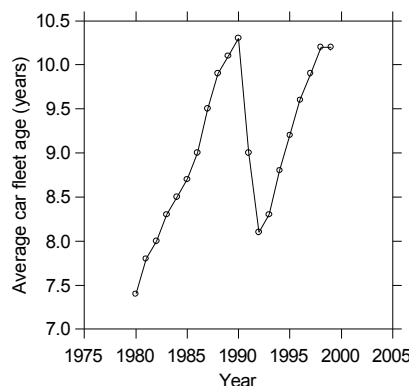


Σχήμα 4.22. Ταξινομήσεις νέων αυτοκινήτων στην κυκλοφορία (χιλιάδες αυτοκίνητα)

Παρατηρούμε στο Σχήμα 4.21 ότι μέχρι το 1990, τα αυτοκίνητα που προστίθενται ετησίως στον υπάρχοντα στόλο, κυμαίνονται από 20-100 χιλιάδες. Από το 1990 και έπειτα, αφενός λόγω της απόσυρσης κατά τα έτη 1991-1993 και αφετέρου λόγω της μείωσης των τιμών των αυτοκινήτων (βλ. Σχήμα 4.16), η ετήσια αύξηση του στόλου ακολουθεί ανοδική πορεία, φτάνοντας το 2000 τα 290,000 νέα αυτοκίνητα.

Σχολιάζοντας το Σχήμα 4.22, κατά τα έτη της απόσυρσης (1991-1993) οι ταξινομήσεις οχημάτων σημειώνουν αιχμή, ενώ όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.21, η αύξηση του στόλου είναι αρκετά μικρότερη. Αυτό σημαίνει ότι στο διάστημα αυτό, αποσύρθηκαν περισσότερα αυτοκίνητα από αυτά που εισήλθαν στην κυκλοφορία.

Ενδιαφέρον σε σχέση με την προηγούμενη παρατήρηση, παρουσιάζει το Σχήμα 4.23, όπου φαίνεται η μέση ηλικία του στόλου των επιβατικών αυτοκινήτων. Αναφέρουμε ότι τα δεδομένα σχετικά με την μέση ηλικία, προέρχονται από μοντέλα και όχι από μέτρηση, επομένως πρόκειται για εκτιμήσεις, σύμφωνα με την Eurostat (2001).



Σχήμα 4.23 Μέση ηλικία στόλου επιβατικών αυτοκινήτων σε έτη

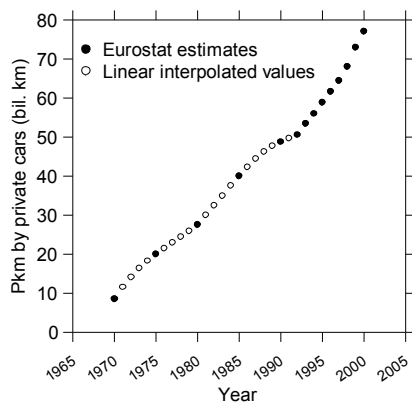
Η μέση ηλικία του στόλου, από το 1980 και έπειτα ακολουθεί έντονη ανοδική πορεία, φτάνοντας σχεδόν τα 10,5 έτη το 1990. Τότε αποφασίστηκε να υλοποιηθεί το πρόγραμμα απόσυρσης των παλαιών οχημάτων με ευνοϊκούς όρους. Τα ακριβώς επόμενα έτη 1991-92, η μέση ηλικία του στόλου μειώθηκε σημαντικά, φτάνοντας τα 8 έτη. Αυτό φάνηκε και στα προηγούμενα Σχήματα 4.21 και 4.22, αφού οι ταξινομήσεις νέων οχημάτων ήταν πολύ περισσότερες από την ετήσια αύξηση του στόλου. Για τα επόμενα έτη και μέχρι το 1999, όπου και τελειώνουν τα δεδομένα που διαθέτουμε, η μέση ηλικία αυξήθηκε ξανά, φτάνοντας τα 10 έτη.

Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η Ελλάδα έχει μαζί με την Πολωνία, τον γηραιότερο στόλο επιβατικών οχημάτων, καθώς η μέση ηλικία του στόλου της Ε.Ε για το 1998 ήταν 7.3 έτη, δηλαδή 3 έτη χαμηλότερη από την Ελληνική περίπτωση (European Environmental Agency, 2001).

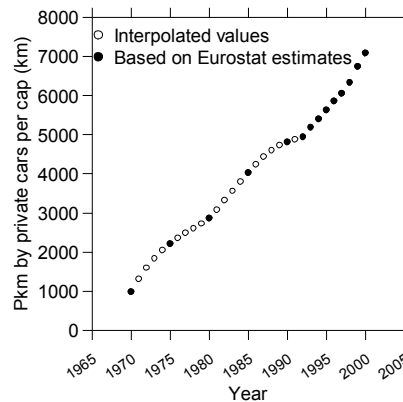
4.2.3 Μεταφορικό Έργο

Το μεταφορικό έργο εκφράζεται σε επιβατοχιλιόμετρα (pkm) και οχηματοχιλιόμετρα (vkm), όπως έχει προαναφερθεί στην επισκόπηση βιβλιογραφίας. Στην πρώτη περίπτωση καταγράφεται η απόσταση που έχει διανυθεί από ανθρώπους, με χρήση του εξεταζόμενου μέσου, ενώ στη δεύτερη περίπτωση εξετάζεται η απόσταση που έχει διανύσει το χρησιμοποιούμενο όχημα. Η ακριβής μέτρηση της απόστασης που διανύεται, ιδιαίτερα όταν εξετάζεται ένα μεγάλο σύνολο (όπως στη δική μας περίπτωση το σύνολο του στόλου) είναι αδύνατον να πραγματοποιηθεί. Για το λόγο αυτό, γίνονται έρευνες μετακινήσεων, με παράλληλη θεώρηση των ενεργειακών καταναλώσεων και η απόσταση εκτιμάται έμμεσα.

Τα δεδομένα που παρουσιάζουμε στα Σχήματα 4.24 έως 4.27 προέρχονται από τις εκτιμήσεις της Eurostat, ενώ για τα έτη που δεν παρέχονται εκτιμήσεις πραγματοποιήσαμε γραμμική παρεμβολή μέσω SYSTAT (διαδικασία Smooth της εντολής Graphic Analysis με χρήση κανονικής κατανομής και πολυωνυμική εξομάλυνση 3^{ου} βαθμού, των δεδομένων).



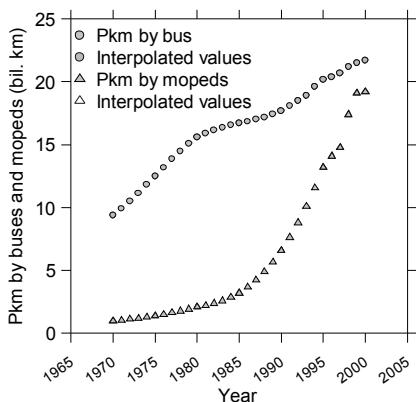
Σχήμα 4.24 Επιβατοχιλιόμετρα με χρήση επιβατικών αυτοκινήτων (δισ. χιλιόμετρα)



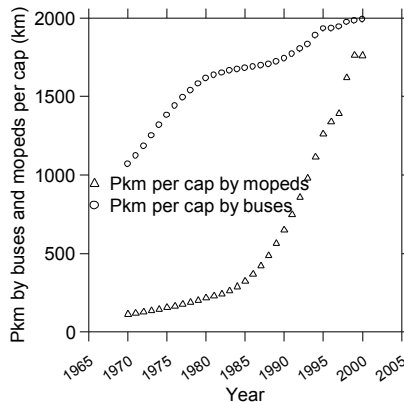
Σχήμα 4.25. Επιβατοχιλιόμετρα ανά άτομο, με επιβατικά αυτοκίνητα (χιλιόμετρα)

Βλέπουμε από το Σχήμα 4.24 και 4.25 ότι τα rkm ακολουθούν αυξητική τάση με γραμμικό ρυθμό μέχρι το 1992, ενώ από το 1992 και έπειτα παρατηρείται ακόμα μεγαλύτερος ρυθμός αύξησης. Αυτό είναι σύμφωνο με τις παρατηρήσεις των προηγούμενων παραγράφων, σχετικά με την εντονότερη αύξηση του στόλου των οχημάτων από το 1992 και έπειτα. Επομένως η αύξηση αυτή έχει υποκινήσει την αύξηση των rkm. Το πόσο ακριβώς αυξάνονται τα επιβατοχιλιόμετρα ετησίως, εξαρτάται όχι μόνο από την αύξηση του αριθμού των οχημάτων αλλά και από τον μέσο συντελεστή πλήρωσης (άτομα ανά όχημα). Η μεταβολή της στάσης των ατόμων προς αύξηση της χρήσης αυτοκινήτου (και συνεπώς αύξηση της ετήσιας διανυόμενης απόστασης ανά αυτοκίνητο), θεωρείται δύσκολο να αλλάξει σημαντικά σε μικρό χρονικό ορίζοντα (καθώς κάτι τέτοιο εξαρτάται από τη μεταφορική υποδομή και τον κυκλοφοριακό φόρτο). Επομένως θεωρούμε στην ανάλυση, ότι τα rkm εξαρτώνται από τα νkm και την μέση πλήρωση των οχημάτων.

Στα Σχήματα 4.26 και 4.27 παρουσιάζονται τα rkm με χρήση λεωφορείου και δικύκλου. Στην περίπτωση των λεωφορείων, η διαχρονική αύξηση δεν είναι ιδιαίτερα έντονη, καθώς ο στόλος των λεωφορείων αυξάνεται με μικρό ρυθμό, καθώς ελέγχεται από το κράτος. Για τα δίκυκλα, η έντονη αύξηση στη διανυόμενη απόσταση, που παρατηρείται μετά το 1985, ερμηνεύεται από τη ραγδαία ετήσια αύξηση του αριθμού τους κατά την περίοδο 1985-2002 (βλ. Σχήμα 4.19).



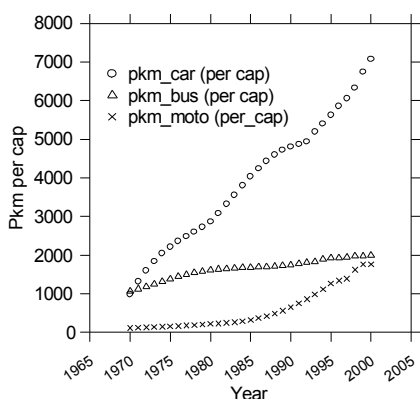
Σχήμα 4.26 Επιβατοχιλιόμετρα με χρήση λεωφορείων και μηχανοκίνητων δικύκλων (bill. km)



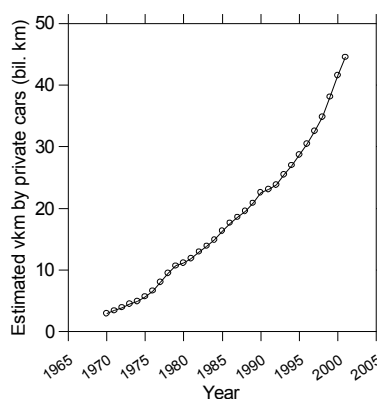
Σχήμα 4.27 Επιβατοχιλιόμετρα ανά άτομο με λεωφορεία και μηχανοκίνητα δίκυκλα (km)

Στο Σχήμα 4.28 διαπιστώνουμε το μερίδιο των αυτοκινήτων για κάλυψη των αναγκών μετακίνησης, αυξάνεται με πολύ εντονότερο ρυθμό σε σχέση με το αντίστοιχο των λεωφορείων. Η συμμετοχή των μοτοσικλετών είναι αυξανόμενη, ιδιαίτερα από το 1985 και έπειτα.

Στο Σχήμα 4.29 απεικονίζονται τα vkm, τα οποία χρησιμοποιούνται για μέτρηση του μεταφορικού έργου των οχημάτων (σε αντίθεση με τα rkm που είναι η απόσταση που διανύουν οι επιβάτες). Τα vkm έχουν υπολογιστεί έμμεσα με πολλαπλασιασμό του συνολικού αριθμού των οχημάτων, με την μέση ετήσια απόσταση που διανύεται ανά όχημα (η οποία θεωρείται σταθερή για μεσοπρόθεσμες περιόδους και για την Ελλάδα είναι περίπου 13,000 km ανά έτος, σύμφωνα με το ΥΠΕΧΩΔΕ;2003, Zachariadis and Samaras;2001, Hickman et al.;1999).

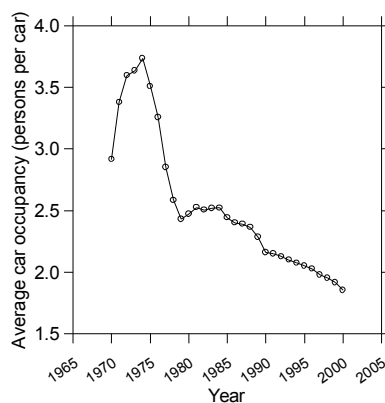


Σχήμα 4.28 Ετήσια εξέλιξη των κατά κεφαλήν επιβατοχιλιομέτρων (pkm) με μηχανοκίνητα μέσα μετακίνησης



Σχήμα 4.29 Εκτιμώμενα οχηματοχιλιόμετρα (vkm) στόλου επιβατικών αυτοκινήτων (δισ. χιλιόμετρα)

Παρατηρώντας το Σχήμα 4.24 σε σχέση με το Σχήμα 4.29, διαπιστώνουμε ότι τα οχηματοχιλιόμετρα (vkm) αυξάνονται γρηγορότερα από τα επιβατοχιλιόμετρα (pkm). Αυτό σημαίνει ότι τα αυτοκίνητα οδηγούνται ολοένα και περισσότερο ενώ οι διακινούμενοι επιβάτες δεν αυξάνονται αναλόγως. Το προηγούμενο ερμηνεύεται από τη διαχρονική μείωση της μέσης πληρότητας, καθώς αυξάνεται ο στόλος. Διαιρώντας τα pkm με τα vkm, βρίσκουμε τη μέση εκτιμώμενη πλήρωση των αυτοκινήτων για την περίοδο ενδιαφέροντος. Στο Σχήμα 4.30 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα.



Σχήμα 4.30 Μέση πληρότητα ανά αυτοκίνητο (αριθμός επιβατών ανά όχημα)

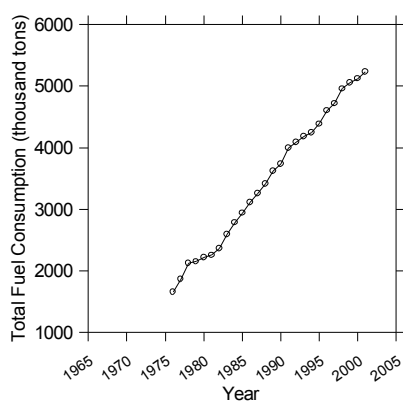
Παρατηρούμε ότι για την περίοδο 1970-1975 η μέση πλήρωση αυξάνει, καθώς ο αριθμός των αυτοκινήτων ήταν ακόμα πολύ χαμηλός, ενώ η ανάγκη για μετακίνηση με ιδιωτικά αυτοκίνητα ήταν ιδιαίτερα αυξημένη κυρίως λόγω της αστικοποίησης (άνθηση 1970-1975), όπως είδαμε και στο Σχήμα 4.3. Από το 1975 και μετά, ο αριθμός του στόλου των αυτοκινήτων αυξάνει με μεγάλο ρυθμό και πλέον ολοένα και περισσότερα άτομα διαθέτουν το δικό τους αυτοκίνητο, με συνέπεια η μέση πλήρωση να μειώνεται σταθερά μέχρι σήμερα, όπου είναι στο 1.8 άτομα ανά αυτοκίνητο.

Πρέπει στο σημείο αυτό να σημειωθεί, ότι η μέση πληρότητα διαφέρει μεταξύ των ατόμων σύμφωνα με τον σκοπό της μετακίνησης (εργασία, αναψυχή κτλ.) αλλά και σύμφωνα με την περιοχή κατοικίας, τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά κτλ.

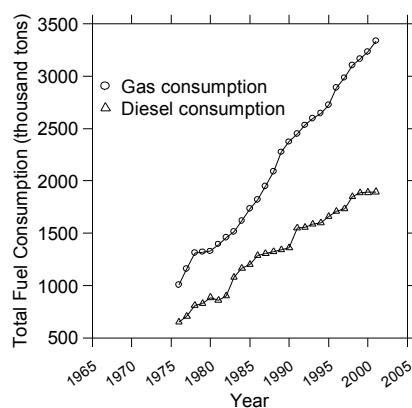
4.2.4 Κατανάλωση καυσίμων

Χρησιμοποιώντας την κατανάλωση καυσίμου μπορούν να εκτιμηθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στις ατμόσφαιρα, ως συνέπεια των μετακινήσεων. Τα στοιχεία για την κατασκευή των επόμενων καμπυλών, προέρχονται από το Υπουργείο Ανάπτυξης (2002).

Στο Σχήμα 4.31 απεικονίζεται η συνολική κατανάλωση καυσίμων για οδικές μετακινήσεις. Παρατηρούμε ότι η καμπύλη ακολουθεί σχεδόν γραμμική αύξηση σε σχέση με τον χρόνο. Η καμπύλη αύξησης του αριθμού των οχημάτων, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως (Σχήμα 4.17) ενώ αρχικά αυξάνεται γραμμικά, στη συνέχεια αυξάνεται με γρηγορότερο ρυθμό. Η καμπύλη κατανάλωσης καυσίμων ακολουθεί εντούτοις σταθερή αύξηση. Αυτό ερμηνεύεται από τις βελτιώσεις που έχουν υλοποιηθεί σχετικά με τη βελτίωση της απόδοσης των μηχανών. Επιπλέον, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.32, η κατανάλωση βενζίνης αυξάνεται με γρηγορότερο ρυθμό από την κατανάλωση πετρελαίου, οδηγώντας έτσι τη συνολική ποσότητα καυσίμου σε σχεδόν σταθερή αύξηση. Το πετρέλαιο καταναλώνεται από τα φορτηγά και τα λεωφορεία, τα οποία όπως είδαμε αυξάνονται με μικρότερο ρυθμό σε σχέση με τα αυτοκίνητα.

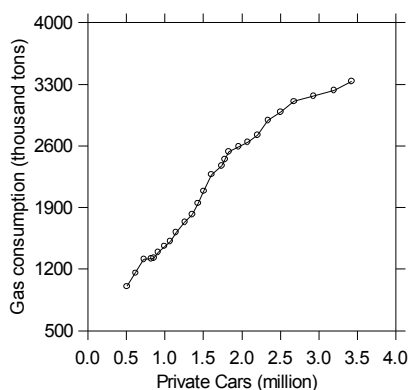


Σχήμα 4.31 Συνολική κατανάλωση καυσίμων για οδικές μεταφορές

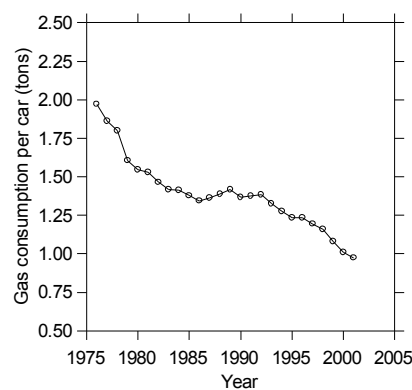


Σχήμα 4.32. Κατανάλωση βενζίνης (Super και Αμόλυβδης) και πετρελαίου κίνησης για οδικές μεταφορές

Στο Σχήμα 4.33 αποτυπώνεται η αύξηση της κατανάλωσης βενζίνης (σούπερ και αμόλυβδης) σε σχέση με την αύξηση του στόλου των οχημάτων. Παρατηρούμε ότι από το επίπεδο των 2,000,000 αυτοκινήτων (που αντιστοιχεί στο έτος 1994) και μέχρι σήμερα, η κατανάλωση βενζίνης αυξάνεται με μικρότερο ρυθμό. Αυτό οφείλεται στην εξοικονόμηση καυσίμου που προκύπτει από τις νέες τεχνολογίες στους κινητήρες, οι οποίες υπερκαλύπτουν την αύξηση της κατανάλωσης ως αποτέλεσμα της αυξανόμενης απαίτησης των καταναλωτών για ασφαλέστερα (συνεπώς βαρύτερα) και ταχύτερα (συνεπώς μεγαλύτερου κυβισμού) αυτοκίνητα.



Σχήμα 4.33. Κατανάλωση βενζίνης σε σχέση με την αύξηση των επιβατικών αυτοκινήτων



Σχήμα 4.34 Μέση ετήσια κατανάλωση βενζίνης ανά αυτοκίνητο

Στο Σχήμα 4.34 δίνεται η ετήσια κατανάλωση βενζίνης ανά αυτοκίνητο (σε τόνους ετησίως). Για τον υπολογισμό αυτού του μεγέθους, διαιρούμε την συνολική κατανάλωση βενζίνης με τον συνολικό αριθμό οχημάτων. Παρατηρούμε ότι η κατανάλωση έχει μειωθεί από τους 2 τόνους το 1970, στον 1 τόνο το 2001. Αυτό οφείλεται, όπως αναλύθηκε στην εξοικονόμηση λόγω νέας τεχνολογίας. Εντούτοις, κάτι τέτοιο μπορεί να υποκινείται και από ενδεχόμενη μείωση της διανυόμενης απόστασης ανά όχημα, την οποία στην παρούσα ανάλυση έχουμε θεωρήσει σταθερή.

4.3 Έρευνα Ερωτηματολογίου

Στην ενότητα αυτή, θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν τα δεδομένα της επιστημονικής μας έρευνας, που έλαβε χώρα στον νομό Αττικής κατά την περίοδο του Φεβρουαρίου-Απριλίου του έτους 2004, σε τυχαίο δείγμα 172 ατόμων τα οποία κατέχουν αυτοκίνητα. Κατά την επίδοση των ερωτηματολογίων, επισημάνθηκε στους ερωτώμενους ότι τα ερωτηματολόγια είναι ανώνυμα και η συμπλήρωσή τους γίνεται για ερευνητικούς και μόνο σκοπούς. Για το λόγο αυτό τους ζητήθηκε να απαντήσουν με ειλικρίνεια, όσοι από αυτούς επιθυμούσαν, γιατί θα συμβάλουν στην ερευνητική διαδικασία. Οι ερωτήσεις εστιάζουν σε επίπεδο νοικοκυριού, με σκοπό την αποτύπωση συγκεκριμένων κοινωνικό-οικονομικών και μεταφορικών χαρακτηριστικών, τα οποία θεωρούμε ότι παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στα πλαίσια της παρούσας ανάλυσης.

Σκοπός της έρευνας είναι η αποτύπωση της παρούσας κατάστασης (συλλέγουμε δεδομένα για το 2004, καθώς δεν υπάρχουν διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία πέραν του 2002), ώστε να γίνει εφικτή η σύγκριση με τα ιστορικά διαθέσιμα για την περίοδο 1970-2002. Κάτι τέτοιο θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε τη δυναμική εξέλιξης των υπό εξέταση μεταβλητών, ενώ επιπλέον θα μπορέσουμε να επαληθεύσουμε την εγκυρότητα των στατιστικών στοιχείων και των υποθέσεων που χρησιμοποιούμε για την ανάπτυξη μοντέλων εκτίμησης. Συγκεκριμένα, καθώς τα μοντέλα που προτείνουμε επιχειρούν πρόβλεψη από το 2002 και έπειτα, μας ενδιαφέρει να αντιπαραβάλλουμε τις εκτιμήσεις που προκύπτουν για το 2004, με τα δεδομένα από την ανάλυση των ερωτηματολογίων. Επιπλέον, μέσω της έρευνας που πραγματοποιήσαμε, μπορέσαμε να συλλέξουμε στοιχεία για την ηλικία του στόλου, τη μέση πληρότητα καθώς και τον μέσο κυβισμό. Τα στοιχεία αυτά έχουν ιδιαίτερη σημασία, καθώς σε ανάλογες μελέτες χρησιμοποιούνται έμμεσοι υπολογισμοί ή υποθέσεις, που πιθανόν να διαφέρουν αρκετά από την πραγματικότητα. Για την Ελλάδα, δεν βρέθηκε διαθέσιμη κάποια συνολική έρευνα σχετικά με την κυριότητα οχημάτων και τα χαρακτηριστικά του στόλου, πέραν των δεδομένων της στατιστικής υπηρεσίας, ενώ δεν υπάρχουν δεδομένα για την μέση πληρότητα των οχημάτων καθώς και την ετήσια διανυόμενη απόσταση.

Πρέπει να επισημάνουμε και πάλι, ότι το η ανάλυση που επιχειρούμε είναι μακροσκοπική (aggregate) καθώς αναφερόμαστε σε επίπεδο χώρας και όχι σε επίπεδο περιοχής. Δεδομένα που αφορούν μεμονωμένες γεωγραφικές περιοχές (στην περίπτωση της έρευνας μας τον νομό Αττικής), αποτελούν αντικείμενο ενδιαφέροντος των αναλυτικών (disaggregate) προσεγγίσεων. Συνεπώς, στη δική μας εργασία, η αναγωγή των δεδομένων σε σύνολο χώρας, θα πρέπει να γίνει με βάση συγκεκριμένους περιορισμούς.

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε και θα ερμηνεύσουμε τα στατιστικά δεδομένα του δείγματος μας, με γραφικές παραστάσεις και πίνακες. Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από 20 ερωτήσεις, ενώ τα αποτελέσματα αναφέρονται ανά ερώτηση. Οι μεμονωμένες απαντήσεις κάθε ερωτώμενου παρατίθενται σε πίνακα, στο Παράρτημα της παρούσας εργασίας.

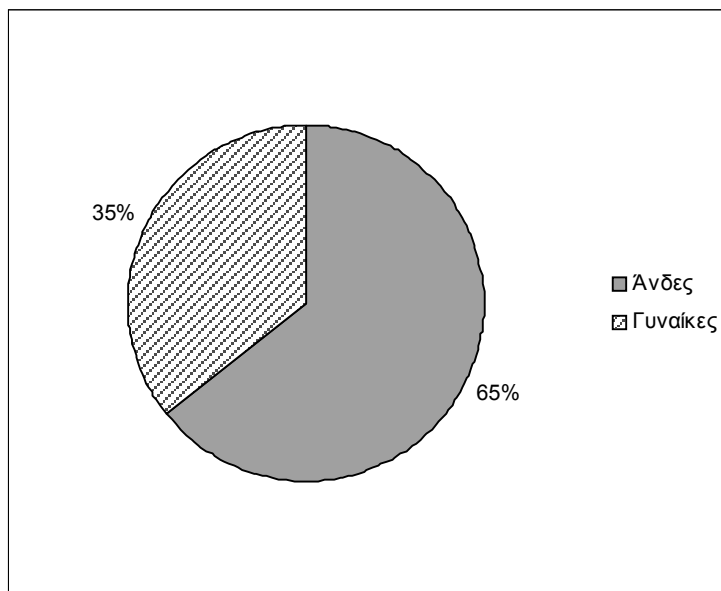
4.3.1 Κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά δείγματος

A. Φύλο

Όπως φαίνεται στον πίνακα, στην έρευνα έλαβαν μέρος 172 άτομα. Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των ατόμων που παρέδωσαν συμπληρωμένα ερωτηματολόγια ήταν άνδρες. Αυτό είναι λογικό, καθώς οι ερωτήσεις εστιάζουν σε επίπεδο νοικοκυριού και οι άνδρες αναλαμβάνουν συνήθως το ρόλο εκπροσώπησης της οικογένειας. Επιπλέον, ορισμένες ερωτήσεις αφορούν εξειδικευμένα χαρακτηριστικά των αυτοκινήτων που διαθέτουν τα νοικοκυριά. Συνήθως οι άνδρες γνωρίζουν καλύτερα τα τεχνικά χαρακτηριστικά για τα αυτοκίνητα που διαθέτει το νοικοκυριό.

Πίνακας 4.1 Φύλο και ποσοστό επί των συνολικών απαντήσεων

	Συχνότητες	Ποσοστό %
Άνδρας	111	64.5
Γυναίκα	61	35.5
ΣΥΝΟΛΟ	172	100.0



Σχήμα 4.35

B. Ηλικία

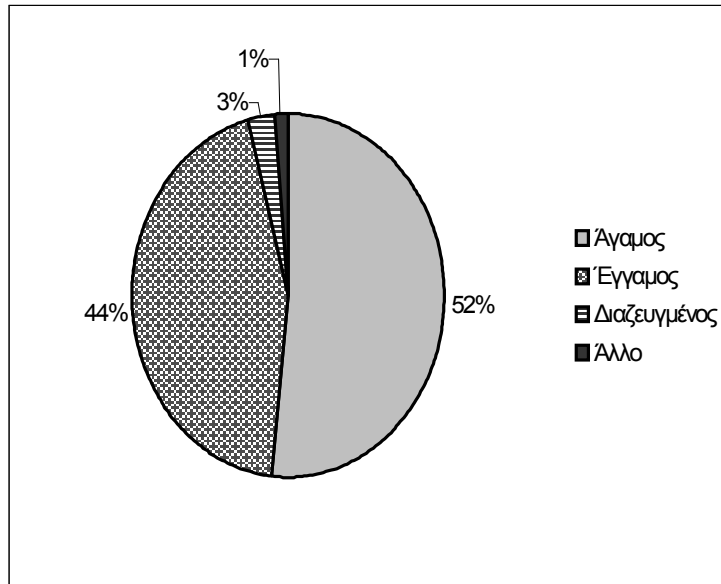
Η ερώτηση σχετικά με την ηλικία ήταν ανοικτού τύπου. Απάντησαν συνολικά 172 άτομα και υπολογίσαμε την μέση ηλικία του δείγματος η οποία είναι τα 33,78 έτη. Η ηλικία του αρχηγού την οικογένειας σχετίζεται με την κυριότητα οχημάτων, σύμφωνα με τους Dargay and Vythoukcas (1999).

Γ. Οικογενειακή κατάσταση

Περισσότεροι από το 50% των ατόμων που συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο δήλωσαν άγαμοι. Αυτό είναι σύμφωνο με τη μέση ηλικία του δείγματος (33,7 έτη) και το ποσοστό των ερωτηματολογίων που συμπληρώθηκαν από άνδρες (65%).

Πίνακας 4.2. Οικογενειακή κατάσταση δείγματος

	Συχνότητες	Ποσοστό %
Άγαμος	75	51.7
Έγγαμος	64	44.1
Διαζευγμένος	4	2.8
Άλλο	2	1.4
ΣΥΝΟΛΟ	145	100.0



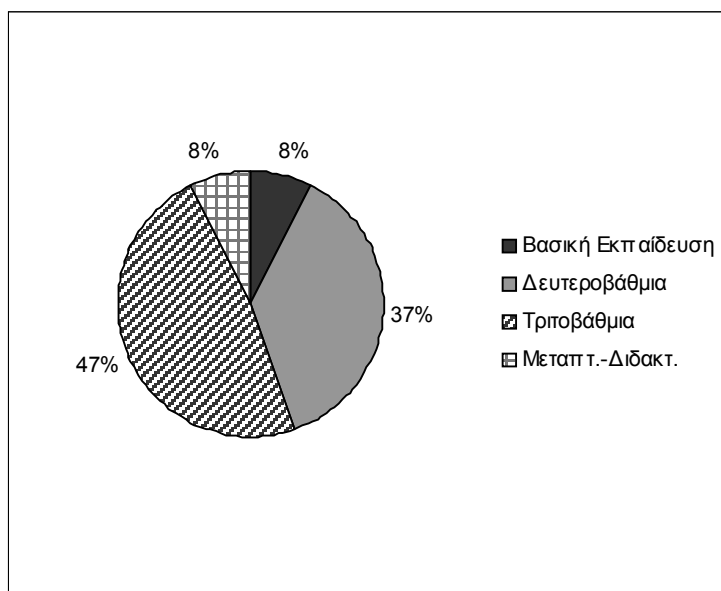
Σχήμα 4.36

Δ. Εκπαιδευτικό επίπεδο

Πάνω από το 50% του δείγματος δήλωσε ότι έχει αποκτήσει τριτοβάθμια εκπαίδευση, ενώ μόλις το 7.6% έχει σταματήσει στην βασική εκπαίδευση. Αυτό είναι αναμενόμενο, καθώς η μέση ηλικία του δείγματος ήταν σχετικά χαμηλή.

Πίνακας 4.3. Εκπαιδευτικό επίπεδο δείγματος

	Συχνότητες	Ποσοστό %
Βασική Εκπαίδευση	11	7.6
Δευτεροβάθμια	54	37.2
Τριτοβάθμια	69	47.6
Μεταπτυχ.-Διδακτ.	11	7.6
ΣΥΝΟΛΟ	145	100.0



Σχήμα 4.37

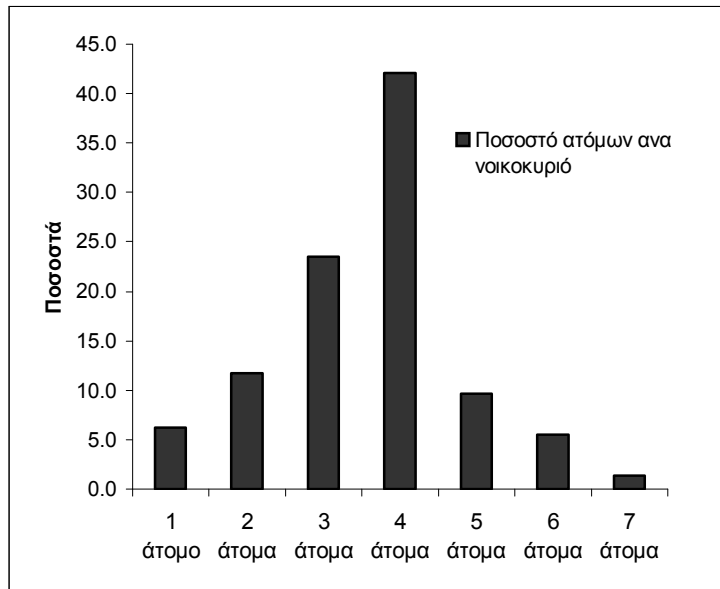
Ε. Αριθμός ατόμων ανά νοικοκυριό

Στη συγκεκριμένη ερώτηση απάντησαν 145 άτομα, και υπολογίσαμε ότι στα αντίστοιχα νοικοκυριά αντιστοιχούν 521 άτομα. Το μέσο μέγεθος του νοικοκυριού υπολογίστηκε στα 3.6 άτομα, ενώ περίπου στο 60% των νοικοκυριών διαμένουν 4 ή περισσότερα άτομα.

Πίνακας 4.4. Αριθμός ατόμων ανά νοικοκυριό και υπολογισμός συνολικού αριθμού ατόμων και μέσου μεγέθους νοικοκυριού

	Συχνότητες	Ποσοστό %
1 άτομο	9	6.2
2 άτομα	17	11.7
3 άτομα	34	23.4
4 άτομα	61	42.1
5 άτομα	14	9.7
6 άτομα	8	5.5
7 άτομα	2	1.4
ΣΥΝΟΛΟ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΩΝ	145	100.0

ΣΥΝΟΛΟ ΑΤΟΜΩΝ ΣΤΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ	521
ΜΕΣΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΟΥ (άτομα ανά νοικοκυριό)	3.6



Σχήμα 4.38

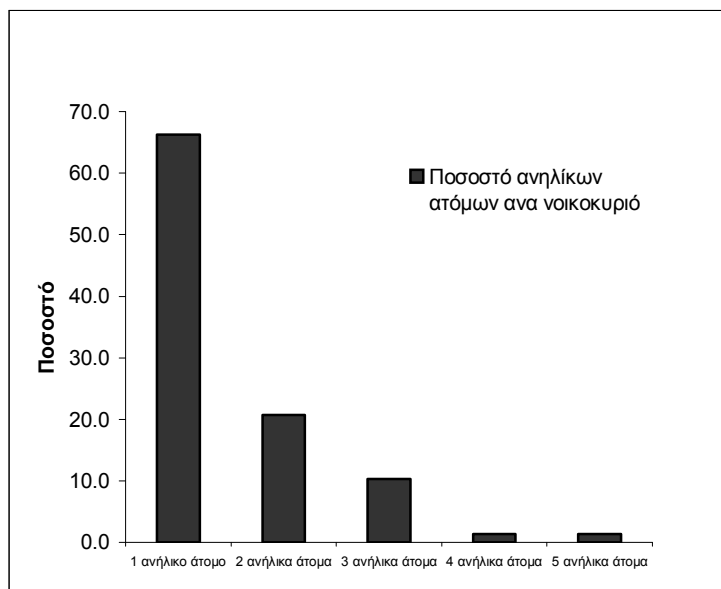
ΣΤ. Αριθμός ανήλικων μελών ανά νοικοκυριό

Με βάση τις απαντήσεις που δόθηκαν, υπολογίσαμε ότι ο μέσος όρος ανήλικων ατόμων ανά νοικοκυριό είναι 1.51. Σε ποσοστό 66% αντιστοιχεί ένα ανήλικο άτομο ανά νοικοκυριό.

Πίνακας 4.5. Ανήλικα άτομα ανά νοικοκυριό και υπολογισμός συνολικού αριθμού ανήλικων ατόμων

	Συχνότητες	Ποσοστό %
1 ανήλικο άτομο	96	66.2
2 ανήλικα άτομα	30	20.7
3 ανήλικα άτομα	15	10.3
4 ανήλικα άτομα	2	1.4
5 ανήλικα άτομα	2	1.4
ΣΥΝΟΛΟ	145	100.0

ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΗΛΙΚΩΝ ΑΤΟΜΩΝ	219
Μέσος όρος ανήλικων ανά νοικοκυριό	1.51



Σχήμα 4.39

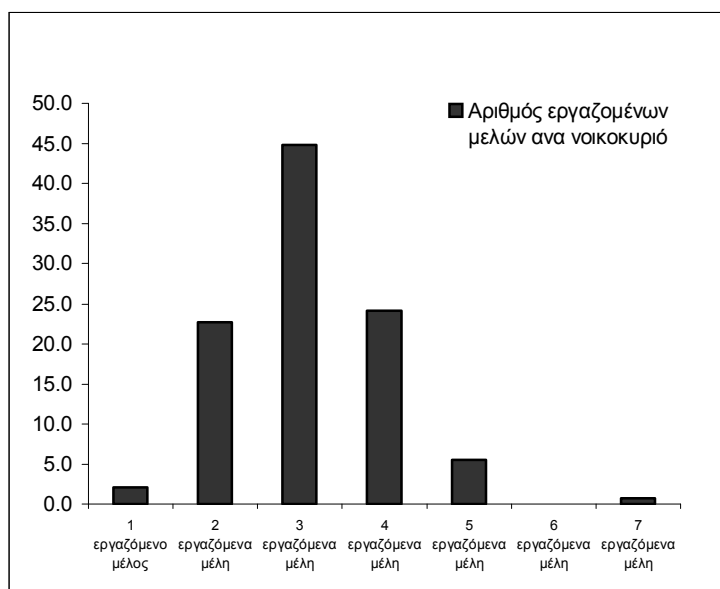
Z. Αριθμός εργαζόμενων μελών ανά νοικοκυριό

Ο αριθμός των εργαζόμενων ατόμων μετρήθηκε σε 451, σε σχέση με τον συνολικό αριθμό ατόμων που διαμένουν στα νοικοκυριά που είναι 521. Αυτός ο σχετικά υψηλός αριθμός υποδεικνύει ότι σε αρκετές περιπτώσεις υπάρχουν εργαζόμενα ανήλικα μέλη.

Πίνακας 4.6. Αριθμός εργαζόμενων ατόμων ανά νοικοκυριό και υπολογισμός συνολικού αριθμού εργαζόμενων μελών

	Συχνότητες	Ποσοστό %
1 εργαζόμενο μέλος	3	2.1
2 εργαζόμενα μέλη	33	22.8
3 εργαζόμενα μέλη	65	44.8
4 εργαζόμενα μέλη	35	24.1
5 εργαζόμενα μέλη	8	5.5
6 εργαζόμενα μέλη	0	0.0
7 εργαζόμενα μέλη	1	0.7
ΣΥΝΟΛΟ	145	100.0

Σύνολο εργαζόμενων μελών	451
Μέσος αριθμός εργαζόμενων μελών ανά νοικοκυριό	3.11



Σχήμα 4.40

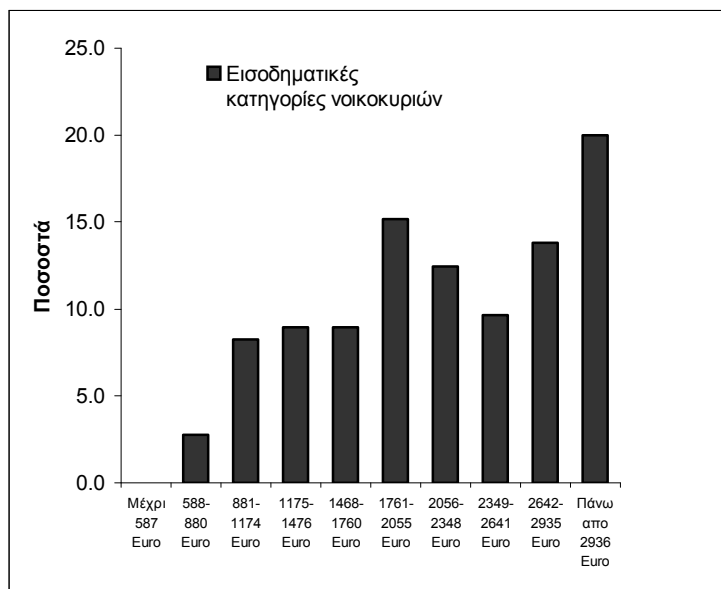
Η. Συνολικό μηνιαίο εισόδημα νοικοκυριού

Η ερώτηση αφορά το συνολικό μηνιαίο εισόδημα που εισρέει στο νοικοκυριό μηνιαίως. Με βάση του ότι κατά μέσο όρο, εργάζονται περίπου 3 άτομα ανά νοικοκυριό, όπως υπολογίσαμε σε προηγούμενη ερώτηση, είναι λογικό το μέσο μηνιαίο εισόδημα του νοικοκυριού να ανέρχεται στο εκτιμώμενο ποσόν των 2172 Euro.

Πίνακας 4.7. Μέσο μηνιαίο εισόδημα νοικοκυριών

	Συχνότητες	Ποσοστό %
Μέχρι 587 Euro (200 χιλ.δρχ)	0	0.0
588-880 (201-300 χιλ.δρχ)	4	2.8
881-1174 (301-400 χιλ.δρχ.)	12	8.3
1175-1476 (401-500 χιλ.δρχ.)	13	9.0
1468-1760 (501-600 χιλ.δρχ.)	13	9.0
1761-2055 (601-700 χιλ.δρχ.)	22	15.2
2056-2348 (701-800 χιλ.δρχ.)	18	12.4
2349-2641 (801-900 χιλ.δρχ.)	14	9.7
2642-2935 (901 χιλ.δρχ - 1 εκ.δρχ)	20	13.8
Πάνω από 2936 (πάνω από 1 εκ.δρχ.)	29	20.0
ΣΥΝΟΛΟ	145	100

Μέσο μηνιαίο εισόδημα ανά νοικοκυριό(προσέγγιση)	2172 Euro
--	-----------



Σχήμα 4.41

4.3.2 Χαρακτηριστικά μετακινήσεων

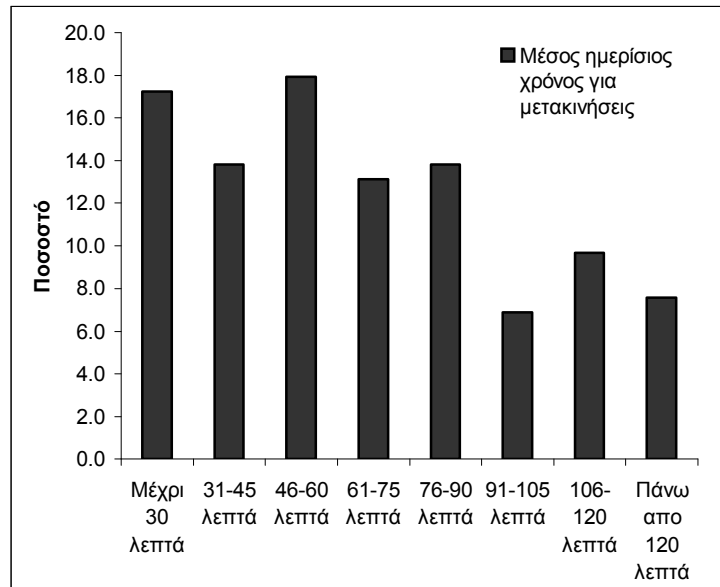
A. Μέσος χρόνος που δαπανάται καθημερινά για μετακινήσεις (με μηχανοκίνητα μέσα μετακίνησης)

Στην ερώτηση αυτή, υπολογίσαμε τον μέσο χρόνο που το άτομο δαπανά καθημερινά για μετακινήσεις με μηχανοκίνητα μέσα μετακίνησης (χωρίς να συμπεριλαμβάνεται το περπάτημα). Ο χρόνος που υπολογίσαμε είναι σύμφωνος με την θεωρία ύπαρξης σταθερού αποθέματος χρόνου μετακίνησης (TTB) = 1,1 ώρα ανά ημέρα (μαζί με περπάτημα), σύμφωνα με τους Zahavi and Dendrinis (1980) και Schafer and Victor (2000).

Πίνακας 4.8. Μέσος ημερήσιος χρόνος που δαπανάται για μετακινήσεις, ανά άτομο

	Συχνότητες	Ποσοστό %
Μέχρι 30 λεπτά	25	17.2
31-45 λεπτά	20	13.8
46-60 λεπτά	26	17.9
61-75 λεπτά	19	13.1
76-90 λεπτά	20	13.8
91-105 λεπτά	10	6.9
106-120 λεπτά	14	9.7
Πάνω από 120 λεπτά	11	7.6
ΣΥΝΟΛΟ	145	100.0

Μέσος χρόνος μετακίνησης με μηχανοκίνητα μέσα ανά άτομο	57 λεπτά
---	----------



Σχήμα 4.42

B. Χρόνος μετάβασης στην εργασία

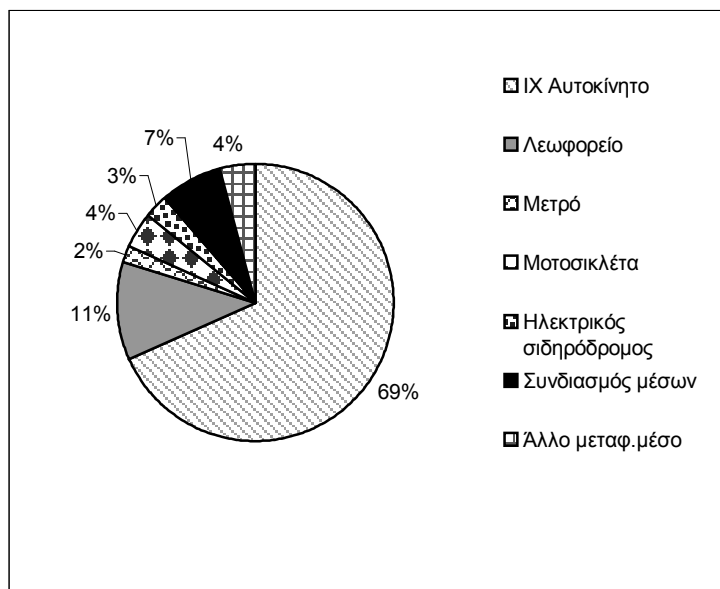
Η ερώτηση αυτή ήταν ανοικτή και οι απαντήσεις δόθηκαν σε λεπτά. Το σύνολο των απαντήσεων ήταν 145 και το σύνολο των λεπτών ήταν 4328. Από τα παραπάνω, προκύπτει ότι ο μέσος χρόνος για μετάβαση στην εργασία είναι 29,8 λεπτά.

Γ. Συνηθισμένο μεταφορικό μέσο για μετάβαση στην εργασία

Το αυτοκίνητο είναι το επικρατέστερο μεταφορικό μέσον για μετάβαση στην εργασία, με ποσοστό σχεδόν 70%.

Πίνακας 4.9. Μεταφορικό μέσο μετάβασης στην εργασία

	Συχνότητες	Ποσοστό %
ΙΧ Αυτοκίνητο	115	68.5
Λεωφορείο	19	11.3
Μετρό	3	1.8
Μοτοσικλέτα	7	4.2
Ηλεκτρικός σιδηρόδρομος	5	3.0
Συνδυασμός μέσων	12	7.1
Άλλο μεταφ.μέσο	7	4.2
ΣΥΝΟΛΟ	168	100.0



Σχήμα 4.43

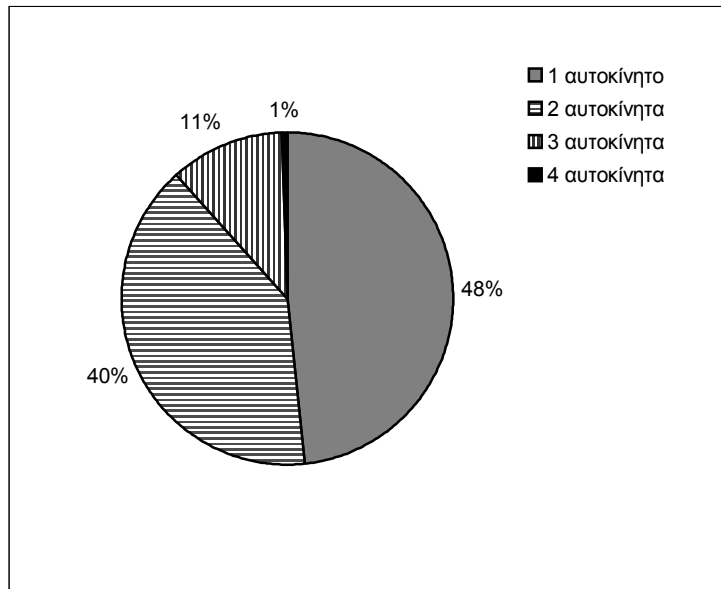
4.3.3 Στοιχεία για τα αυτοκίνητα

A. Αριθμός αυτοκινήτων ανά νοικοκυριό

Πίνακας 4.10. Αριθμός αυτοκινήτων ανά νοικοκυριό

	Συχνότητες	Ποσοστό %
1 αυτοκίνητο	83	48.3
2 αυτοκίνητα	69	40.1
3 αυτοκίνητα	19	11.0
4 αυτοκίνητα	1	0.6
ΣΥΝΟΛΟ	172	100

Συνολικός αριθμός αυτοκινήτων	282
Μέσος αριθμός αυτοκινήτων ανά νοικοκυριό	1.64



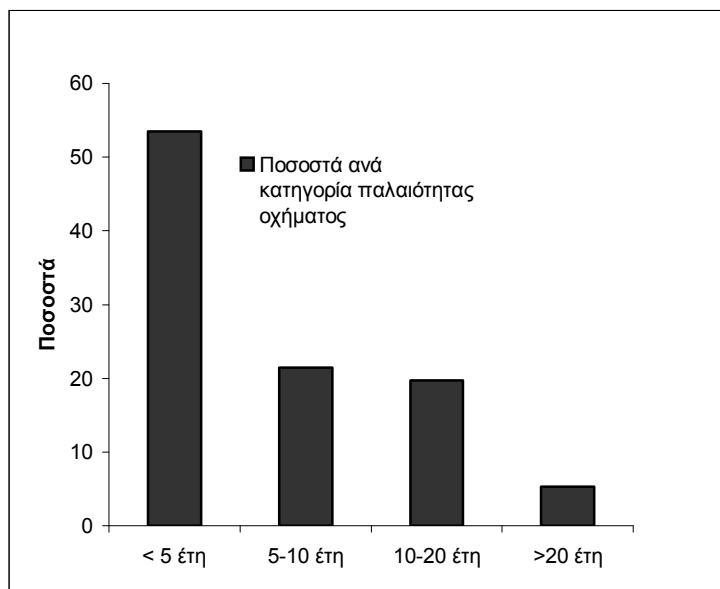
Σχήμα 4.44

B. Μέση ηλικία αυτοκινήτων

Για κάθε αυτοκίνητο υπήρχε ερώτηση του νοικοκυριού, υπήρχε ερώτηση όπου έπρεπε να συμπληρωθεί η ημερομηνία αγοράς του αυτοκινήτου (ή πρώτης κυκλοφορίας εάν αγοράστηκε μεταχειρισμένο). Αφαιρέσαμε από την ημερομηνία συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου, την ημερομηνία αγοράς και με αυτό τον τρόπο υπολογίσαμε την μέση ηλικία για κάθε αυτοκίνητο που δηλώθηκε. Ο μέσος όρος όλων των ηλικιών, για τα 282 αυτοκίνητα που αντιστοιχούσαν στα 172 νοικοκυριά που απάντησαν, είναι τα 7.01 έτη. Αυτή θεωρείται ως η υπολογιζόμενη μέση ηλικία του στόλου.

Πίνακας 4.11. Μέση ηλικία στόλου αυτοκινήτων

	Συχνότητες	Ποσοστό %
< 5 έτη	152	53.5
5-10 έτη	61	21.5
10-20 έτη	56	19.7
>20 έτη	15	5.3
ΣΥΝΟΛΟ	284	100.0



Σχήμα 4.45

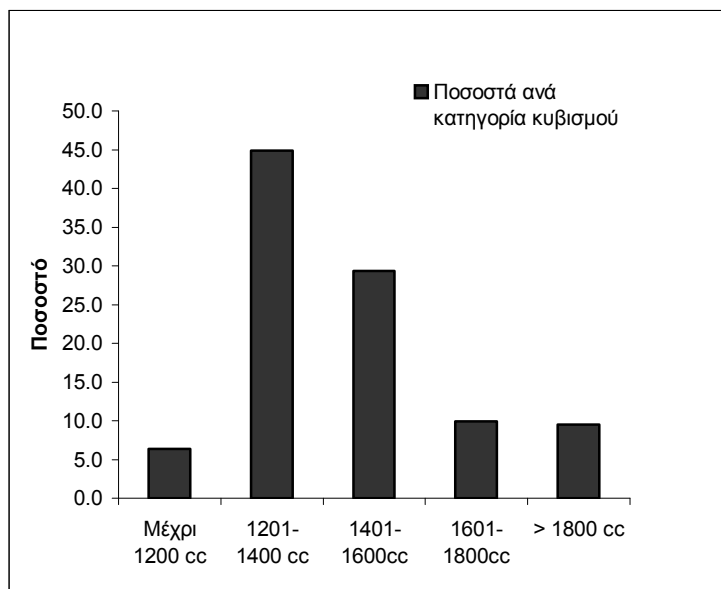
Γ. Μέσος κυβισμός αυτοκινήτων

Ο μέσος κυβισμός είναι σχετικά υψηλός, στα 1500 κυβικά εκατοστά (cc). Η πλειοψηφία των ερωτώμενων (45%) διαθέτουν αυτοκίνητα από 1200 έως 1400 κυβικά εκατοστά. Σχετικά μεγάλο (19%) είναι το ποσοστό των ατόμων που έχουν αυτοκίνητο άνω των 1600 κυβικών εκατοστών. Με την κατάργηση του τεκμηρίου των αυτοκινήτων το 2003, αναμένουμε να αυξηθεί περαιτέρω ο μέσος κυβισμός του στόλου.

Πίνακας 4.12. Μέσος κυβισμός στόλου αυτοκινήτων

	Συχνότητες	Ποσοστό %
Μέχρι 1200 cc	18	6.4
1201-1400 cc	127	44.9
1401-1600cc	83	29.3
1601-1800cc	28	9.9
> 1800 cc	27	9.5
ΣΥΝΟΛΟ	283	100.0

Μέσος κυβισμός (cc)	1507
---------------------	------



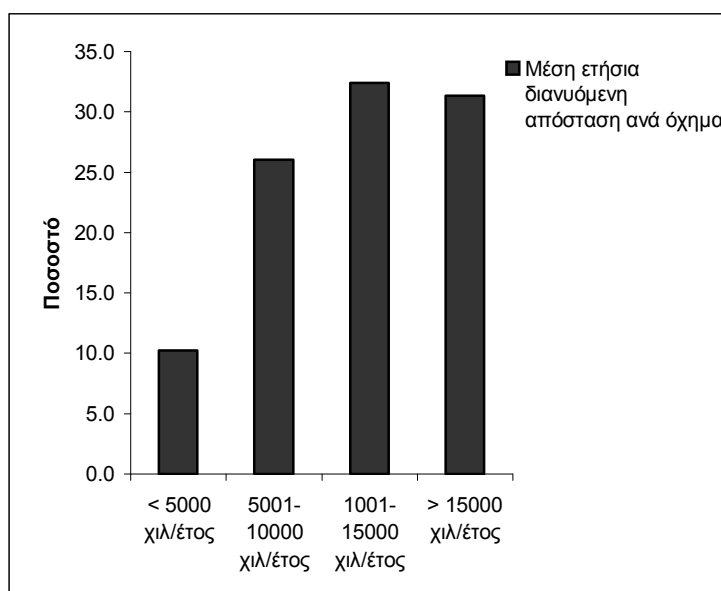
Σχήμα 4.46

Δ. Μέση διανυόμενη απόσταση ανά έτος (οχηματοχιλιόμετρα)

Η ερώτηση ήταν ανοικτού τύπου. Η μέση ετήσια διανυόμενη απόσταση υπολογίστηκε με βάση την ημερομηνία αγοράς που δηλώθηκε και τα χιλιόμετρα που αναγράφονται στο κοντέρ του αυτοκινήτου την ημερομηνία συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου. Σύμφωνα με τους Hickman et al. (1999), η μέση ετήσια διανυόμενη απόσταση ανά όχημα για την Ελλάδα, είναι τα 13000 χιλιόμετρα. Οι Schafer and Victor (2000) θεωρούν ότι η διανυόμενη απόσταση δεν μεταβάλλεται σε μεγάλο βαθμό διαχρονικά, καθώς στη δημοσίευσή τους υπολόγισαν ότι τα αυτοκίνητα το 2050 θα οδηγούνται με τον ίδιο ρυθμό που οδηγήθηκαν το 1980. Εμείς υπολογίσαμε την απόσταση στα 14500 χιλιόμετρα. Θεωρούμε ότι αυτή η απόκλιση σε σχέση με τον Hickman, οφείλεται στο γεγονός του ότι η έρευνα έγινε αποκλειστικά στην περιοχή της Αττικής, όπου οι μετακινήσεις είναι περισσότερες. Επιπλέον, η ηλικία των αυτοκινήτων σχετίζεται θετικά με την απόσταση, σύμφωνα με τον Stead (1999). Τα νεότερα οχήματα οδηγούνται περισσότερο, στην περίπτωση που ένα νοικοκυριό διαθέτει περισσότερα του ενός αυτοκινήτου. Επειδή παρατηρήθηκε μείωση της ηλικίας του στόλου, από τα 10 έτη το 2000, στα 7 έτη το 2004, είναι λογική αυτή η προσωρινή αύξηση της ετήσιας διανυόμενης απόστασης. Για να παραμείνει διαχρονικά σε αυτά τα επίπεδα, θα πρέπει να παραμείνει σταθερή η μέση ηλικία του στόλου.

Πίνακας 4.13. Μέση ετήσια διανύμενη απόσταση ανά αυτοκίνητο

	Συχνότητες	Ποσοστό %
< 5000 χιλ/έτος	29	10.2
5001-10000 χιλ/έτος	74	26.1
1001-15000 χιλ/έτος	92	32.4
> 15000 χιλ/έτος	89	31.3
ΣΥΝΟΛΑ	284	100.0



Σχήμα 4.47

Ε. Μέσος συντελεστής πλήρωσης αυτοκινήτων

Στην ερώτηση αυτή, οι ερωτώμενοι έπρεπε να μοιράσουν 100 μονάδες, ανάλογα με τον αριθμό των ατόμων που βρίσκονται στο αυτοκίνητο, για κάθε προορισμό. Για παράδειγμα, στην περίπτωση μετάβασης στην εργασία, έπρεπε να μοιραστούν 100 μονάδες, ανάλογα με την πιθανότητα να βρίσκονται από 1 έως 5 άτομα στο αυτοκίνητο. Στην ερώτηση απάντησαν 172 άτομα. Μπορέσαμε να υπολογίσουμε την μέση πλήρωση ανά πιθανό προορισμό. Οι μετακινήσεις κατά την περίοδο διακοπών παρουσίασαν την μεγαλύτερη πλήρωση (2,7 άτομα στο αυτοκίνητο), ενώ οι μετακινήσεις προς την εργασία, την μικρότερη. Η μέση πληρότητα υπολογίστηκε στο 1,78 άτομα ανά αυτοκίνητο. Αυτή η εκτίμηση είναι σύμφωνη με τα ιστορικά δεδομένα που έχουμε, για τα οποία η μέση πλήρωση το 2001 ήταν 1.85 άτομα, καθώς παρατηρείται διαχρονική μείωση αυτής λόγω αύξησης του αριθμού των οχημάτων (βλ. ενότητα ιστορικές τάσεις).

Πίνακας 4.14 Μέσος συντελεστής πλήρωσης αυτοκινήτων

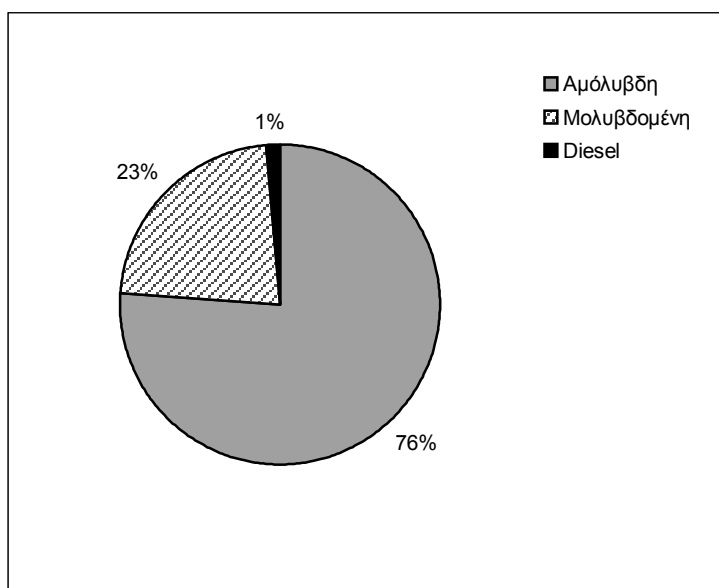
	Μέσος αριθμός ατόμων στο αυτοκίνητο
Μετάβαση στην εργασία	1.14
Διακοπές	2.68
Συνήθειες μετακινήσεις στην πόλη	1.52
Μέση πληρότητα για όλους τους παραπάνω προορισμούς	1.78

ΣΤ. Τύπος βενζίνης που καταναλώνει το αυτοκίνητο

Στην ερώτηση αυτή παρουσιάζονται τα αυτοκίνητα κατατάσσονται σύμφωνα με τον τύπο βενζίνης που καταναλώνουν.

Πίνακας 4.15 Κατάταξη αυτοκινήτων ανάλογα με τον τύπο βενζίνης

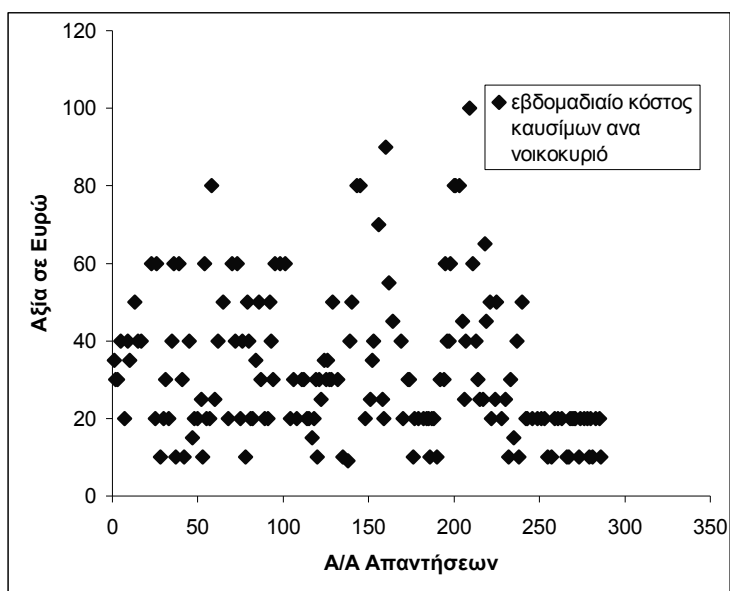
	Συχνότητες	Ποσοστά %
Αμόλυβδη	216	76.1
Μολυβδόχως	64	22.5
Diesel	4	1.4
ΣΥΝΟΛΑ	284	100.0



Σχήμα 4.48

Ζ. Εβδομαδιαία δαπάνη για καύσιμα αυτοκινήτων ανά νοικοκυριό

Το μέσο κόστος καυσίμων ανά νοικοκυριό, με βάση τις απαντήσεις που δόθηκαν, υπολογίστηκε στα 32,2 Euro. Το σύνολο των έγκυρων απαντήσεων ήταν 167. Στο Σχήμα παρουσιάζεται το σύνολο των απαντήσεων που δόθηκαν.



Σχήμα 4.49

4.4 Τεκμηρίωση επεξηγηματικών μεταβλητών

Αναφέρονται στη συνέχεια οι επεξηγηματικές μεταβλητές που κρίνονται σημαντικές για την εξέλιξη του στόλου των αυτοκινήτων και του μεταφορικού έργου, όπως αυτές εντοπίζονται από την επισκόπηση βιβλιογραφίας. Εις βάθος ανάλυση των δημοσιεύσεων που αναφέρονται στη συνέχεια, παρατίθεται στο κεφάλαιο της επισκόπησης.

4.4.1 Στόλου οχημάτων

Για την ανάπτυξη ενός aggregate μοντέλου εκτίμησης του αριθμού των οχημάτων, θεωρείται ότι ο πληθυσμός και το εισόδημα αποτελούν σημαντικές επεξηγηματικές μεταβλητές.

Κάτι τέτοιο είναι αναμενόμενο καθώς αύξηση του πληθυσμού σημαίνει και αύξηση των μετακινήσεων (αύξηση της συνολικής διανυόμενης απόστασης σε επίπεδο κράτους), ακόμα και με το μετριοπαθές σενάριο ότι η ανάγκη μετακίνησης ανά άτομο (σε km ανά έτος) παραμένει σταθερή διαχρονικά. Επομένως όσο περισσότερα άτομα προστίθενται στον πληθυσμό, τόσο μεγαλώνει και η συνολική διανυόμενη απόσταση. Για την κάλυψη αυτής της απόστασης (συνεπώς της ανάγκης μετακίνησης), σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι μετακινήσεις με επιβατικά οχήματα. Συνεπώς, ο στόλος των επιβατικών οχημάτων αναμένεται να αυξάνεται, ακολουθώντας την αύξηση του πληθυσμού. Στο disaggregate μοντέλο των Dargay και Vythoulkas (1999), παρατηρήθηκε ότι η κυριότητα οχημάτων εξαρτάται και από την ηλικία του πληθυσμού, καθώς τα άτομα που βρίσκονται στην τρίτη ηλικία (άνω των 65) παρατηρήθηκε ότι έχουν χαμηλότερο επίπεδο κυριότητας οχημάτων. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει και η δημοσίευση των Hanly and Dargay (2000).

Ο Tanner (1981) αναφέρει ότι η ανάγκη μετακίνησης εξαρτάται και από το αν το άτομο κατοικεί σε αστική ή αγροτική περιοχή. Ο βαθμός αστικοποίησης βρέθηκε ότι είναι στατιστικά σημαντική μεταβλητή στο μοντέλο του HGC (1990), όπου επιχειρείται εκτίμηση της κατανάλωσης καυσίμου για μετακινήσεις. Στις αναπτυσσόμενες χώρες, έχει διαπιστωθεί ισχυρή συσχέτιση μεταξύ του ρυθμού αστικοποίησης και του ρυθμού εξέλιξης της ζήτησης για ενέργεια και μεταφορές (Belhaj, 2002).

Από τις δημοσιεύσεις που επισκοπήθηκαν, διαπιστώνεται ότι το εισόδημα θεωρείται ότι έχει στενή σχέση με την αύξηση του αριθμού των οχημάτων. Στα aggregate μοντέλα που είχαμε στη διάθεση μας, ως δείκτης εισοδήματος θεωρείται το ΑΕΠ σε σταθερές τιμές έτους βάσης, διαιρούμενο με τον συνολικό πληθυσμό (Zachariadis, 1995; Dargay and Gately, 1997; Lam and Tam; 2002; Prevedouros and Ping; 1998). Στη δημοσίευση των Dargay and Gately (1999), τα οχήματα θεωρείται ότι αυξάνουν ακολουθώντας σιγμοειδή συνάρτηση, σε σχέση με την αύξηση του κατά κεφαλήν εισοδήματος. Στη δημοσίευση των Eskeland και Feyzioglu (1997), για την εκτίμηση της αύξησης του στόλου των αυτοκινήτων, το εισόδημα θεωρήθηκε σημαντική επεξηγηματική μεταβλητή. Στα disaggregate μοντέλα, το εισόδημα των νοικοκυριών, αποτέλεσε σημαντική ερμηνευτική μεταβλητή της κατά κεφαλήν ετήσιας ανάγκης για μετακίνηση (km/year). Οι Zahavi και Dendrinos (1980) διαπίστωσαν αύξηση της διανυόμενης απόστασης ανά άτομο, καθώς αυξάνεται το εισόδημα, για σταθερό διαθέσιμο χρόνο μετακίνησης (1,1 ώρα/ημέρα). Με βάση τη διαπίστωση αυτή, με αύξηση του εισοδήματος, το άτομο θα κινηθεί προς γρηγορότερα μέσα μετακίνησης (όπως το αυτοκίνητο αντί του λεωφορείου), για να καλύψει την αύξηση της ανάγκης του, στον δεδομένο χρόνο που διαθέτει.

Η τιμή του αυτοκινήτου θα πρέπει να εξετάζεται σε σχέση με την εξέλιξη της κατά κεφαλήν κυριότητας αυτοκινήτων, όπως αναφέρεται από τους Dargay και Gately (1999). Η μέση τιμή των νέων αυτοκινήτων χρησιμοποιείται ως επεξηγηματική μεταβλητή στο μοντέλο εκτίμησης του αριθμού αυτοκινήτων των Eskeland και Feyzioglu (1997). Στα disaggregate μοντέλα των Cramer and Vos (1985), η ζήτηση για αυτοκίνητα θεωρείται ότι ερμηνεύεται σε ικανοποιητικό βαθμό από τη διακύμανση της τιμής των νέων αυτοκινήτων. Οι Prevedouros and Ping (1998) αναφέρουν ότι η τιμή του αυτοκινήτου συσχετίζεται με την κυριότητα οχημάτων, αλλά όταν χρησιμοποιείται σαν επεξηγηματική μεταβλητή δεν θα πρέπει να είναι μαζί με την τιμή καυσίμου και το εισόδημα, καθώς αυτά παρουσιάζουν έντονη συσχέτιση και θα υπάρξει το πρόβλημα του multicollinearity (συζητήθηκε στη μεθοδολογία).

Η τιμή του καυσίμου θεωρείται ότι επηρεάζει την κυριότητα οχημάτων, σύμφωνα με τους Dargay και Vythoukias (1999). Οι Paravantis and Prevedouros (2001), χρησιμοποιούν την τιμή του καυσίμου σε μοντέλο εκτίμησης του μεταφορικού έργου μέσω σιδηρόδρομου. Οι Brikeland και Jorgensen (2001) θεωρούν ότι μεταξύ των

άλλων παραγόντων, το κόστος του καυσίμου επηρεάζει την επιλογή αγοράς νέου αυτοκινήτου.

Ο πληθωρισμός, η ανεργία και ο δείκτης τιμών καταναλωτή θα πρέπει να εξετάζονται ως επεξηγηματικές μεταβλητές της κυριότητας οχημάτων, σύμφωνα με τους Prevedouros and Ping (1998). Αναμένουμε ότι αύξηση της ανεργίας οδηγεί σε μείωση της ζήτησης για αυτοκίνητα. Ο δείκτης τιμών καταναλωτή είναι απαραίτητος προκειμένου να αποπληθώσουμε τα οικονομικά μεγέθη που χρησιμοποιούμε, ώστε να μετατραπούν σε σταθερές τιμές (αντικατοπτρίζοντας έτσι πραγματικές αξίες).

4.4.2 Μεταφορικού έργου

Οι Schaffer και Victor (2000), χρησιμοποίησαν την εκτίμηση του μεταφορικού έργου, για να εκτιμήσουν τα μελλοντικά μερίδια των μεταφορικών μέσων. Μπορούμε να κινηθούμε αντίθετα, δηλαδή να θέσουμε την εξέλιξη του αριθμού των οχημάτων ως επεξηγηματική μεταβλητή, για εκτίμηση του μεταφορικού έργου. Για την εκτίμηση της εξέλιξης του αριθμού των οχημάτων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι προαναφερόμενες επεξηγηματικές μεταβλητές.

Η μέση πλήρωση των οχημάτων θα πρέπει να θεωρηθεί σαν επεξηγηματική μεταβλητή, καθώς το μεταφορικό έργο σε pkm εξαρτάται από την απόσταση που διανύεται από τα οχήματα (vkm) καθώς και από τη μέση πλήρωση των οχημάτων.

Τα vkm , θεωρούνται με παραδοχή, ότι παραμένουν σταθερά για την περίοδο της ανάλυσης. Την ίδια μέθοδο ακολουθούν οι Schaffer και Victor (2000).

4.5 Εφαρμογή μοντέλων βιβλιογραφίας στα ιστορικά δεδομένα

4.5.1 Στόλος οχημάτων

Όπως αναφέρθηκε στην επισκόπηση, στο μοντέλο εκτίμησης της κυριότητας αυτοκινήτων του Zachariadis (1995), γίνεται εφαρμογή συνάρτησης Gompertz στα ιστορικά δεδομένα και προέκταση στο μέλλον (το προτεινόμενο μοντέλο υπάγεται στην κατηγορία curve fitting). Έτσι γίνεται δεκτή η υπόθεση ότι η κατά κεφαλήν κυριότητα αυτοκινήτων (αριθμός αυτοκινήτων ανά 1000 άτομα) θα αυξάνεται διαχρονικά ακολουθώντας σιγμοειδή (S) καμπύλη, με μοναδικό προσδιοριστικό παράγοντα το μέγιστο θεωρητικό επίπεδο κορεσμού (άνω ασύμπτωτος).

Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η θεώρηση πιθανών ερμηνευτικών μεταβλητών (για τις οποίες απαιτείται συλλογή ιστορικών δεδομένων). Συνεπώς, μοναδική ανεξάρτητη μεταβλητή θεωρείται ο χρόνος. Οι σταθερές που αναζητούνται είναι το μέγιστο επίπεδο κορεσμού και οι παράμετροι που ρυθμίζουν την ταχύτητα κορεσμού της συνάρτησης σε σχέση με το χρόνο, καθώς οδηγούμαστε προς στη μέγιστη θεωρητική τιμή.

Η εξίσωση που προτείνει είναι η ακόλουθη:

$$VD_i(t) = \frac{1}{e^{M_i + b_i t} + K_i} \quad (4.1)$$

Όπου $VD_i(t)$ = η πυκνότητα των οχημάτων τύπου I (οχήματα ανά 1000 άτομα)

T = ο χρόνος σε έτη (πχ. 0 για το 1970, 31 για το 2000, κτλ)

$K_i = -\ln(S_i)$

S_i = το μέγιστο επίπεδο κορεσμού: $S_i = \lim_{t \rightarrow \infty} VD_i(t)$

M_i, b_i = παράμετροι καθορισμού της κλίσης της συνάρτησης

Ο μετασχηματισμός της (1) σε συνάρτηση τύπου $ax + b$ δίνει το εξής αποτέλεσμα:

$$\ln [-\ln(VD_i(t) - K_i)] = M_i + b_i t \quad (4.2)$$

Στόχος του μετασχηματισμού είναι να εντοπιστούν με εφαρμογή γραμμικής παλινδρόμησης, το επίπεδο κορεσμού (S_i) και οι παράμετροι κλίσης (M_i και b_i), με

κριτήριο τη βελτιστοποίηση της προσαρμογής στα ιστορικά δεδομένα σύμφωνα με το R^2 adjusted.

Έτσι εφαρμόζουμε επαναληπτική διαδικασία παλινδρόμησης, για όλες τις τιμές του S_i στο διάστημα (450,700) με κριτήριο τερματισμού τη βελτιστοποίηση του R^2 . Με τον τρόπο αυτό εντοπίζονται οι συντελεστές M_i και b_i για τους οποίους προκύπτει το βέλτιστο R^2 και χρησιμοποιείται η αντιστοιχούσα τιμή του S_i .

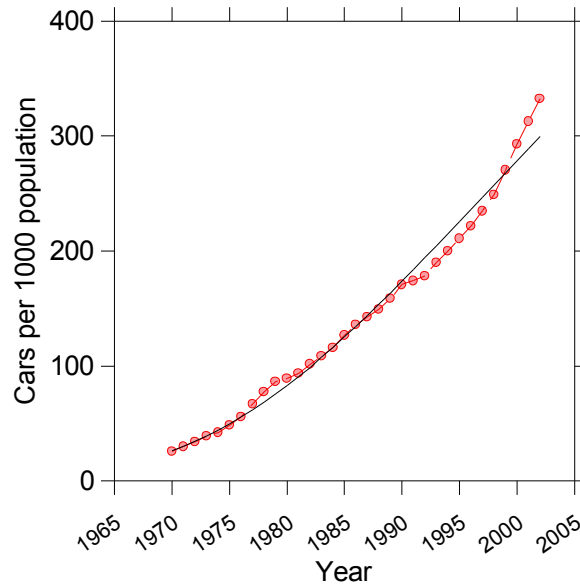
Με εφαρμογή ενημερωμένων δεδομένων κυριότητας για την Ελλάδα (έχουμε στοιχεία μέχρι και το 2002 ενώ στη δημοσίευση τελικό έτος είναι το 1990), διαπιστώνουμε ότι το θεωρητικό επίπεδο κορεσμού είχε υποεκτιμηθεί καθώς εξετάστηκε το S_i στο διάστημα (350-500).

Αναφέρουμε ότι εντοπίσαμε το βέλτιστο R^2 στο $S_i = 650$. Η τιμή αυτή φαίνεται λογική, αν κρίνουμε ότι ο μέσος όρος της Ε.Ε βρισκόταν στα 460 αυτοκίνητα ανά 1000 άτομα, για το 2002.

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης στην (4.2), έδωσαν τα εξής:

$$\begin{aligned} \ln [-\ln(\text{VDi}(t) - K_i)] &= 1.165 - 0.04437 \cdot t \\ \text{t-values: } &70.566 ; -50.0363 \\ \text{VIF: } &1 \\ R^2_{\text{adj}} &= 0.987 \end{aligned}$$

Εφόσον έχουμε εκτιμήσει τις παραμέτρους M_i και b_i (ο σταθερός όρος και ο συντελεστής του t) τις εισάγουμε στην συνάρτηση (1), ώστε να υπολογίσουμε την κυριότητα αυτοκινήτων. Οι εκτιμήσεις (μαύρη γραμμή) σε σχέση με τα πραγματικά δεδομένα, παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.50.



Σχήμα 4.50: Ερμηνευτική δυνατότητα μοντέλου Zachariadis όσον αφορά την κατά κεφαλήν κυριότητα οχημάτων (με τελείες παρουσιάζονται τα πραγματικά δεδομένα).

Παρατηρούμε ότι η εκτίμηση με βάση την μέθοδο του Zachariadis, παρουσιάζει σημαντική απόκλιση από τα πραγματικά δεδομένα, ιδιαίτερα από το 1990 και έπειτα.

Η καμπύλη προφανώς δεν μπορεί να ακολουθήσει την πραγματική ταχύτητα κορεσμού, η οποία από το 1990 και έπειτα αυξήθηκε λόγω της σταδιακής πτώσης της τιμής των αυτοκινήτων, της απόσυρσης και της αυξημένης οικονομικής ανάπτυξης (βλ. ενότητα 4.2).

Μπορούμε να συμπεράνουμε από τα παραπάνω ότι η μέθοδος της χρήσης καμπύλης Gompertz, με μοναδική μεταβλητή τον χρόνο και άνω όριο το θεωρητικό επίπεδο κορεσμού, δεν παρέχει ικανοποιητική δυνατότητα πρόβλεψης. Αυτό φαίνεται με έλεγχο της δημοσίευσης του Zachariadis (1995), όπου με τη μέθοδο που προτείνει, είχαν εκτιμηθεί για το 2002 περίπου 210 οχήματα ανά 1000 πληθυσμό, ενώ τα πραγματικά δεδομένα για το έτος αυτό είναι τα 312 αυτοκίνητα (ΕΣΥΕ, 2003).

Παρατηρούμε ότι η παράλειψη άλλων παραγόντων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σαν ανεξάρτητες μεταβλητές, οδηγεί σε περιορισμένη ερμηνεία του ζητούμενου μεγέθους. Η μέθοδος αυτή θα μπορούσε να φανεί χρήσιμη σε περίπτωση που δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα για μεγάλη σειρά ετών, τα οποία θα μπορούσαν να εισαχθούν ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Σε χώρες για τις οποίες δεν υπάρχουν

αναλυτικά δεδομένα η Gompertz μπορεί να δώσει μία γενική εικόνα της τάσης. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πρόχειρες μακροπρόθεσμες εκτιμήσεις, καθώς απαιτεί δεδομένα μόνο για τον πληθυσμό και τον αριθμό των οχημάτων.

Το μοντέλο των Dargay και Gately (1999), χρησιμοποιείται για εκτίμηση της κυριότητας οχημάτων σε επίπεδο χώρας.

Και σε αυτή την περίπτωση εφαρμόζεται η συνάρτηση Gompertz για εκτίμηση της κυριότητας αυτοκινήτων. Η συνάρτηση τροποποιείται έτσι ώστε να περιλαμβάνει σαν ανεξάρτητες μεταβλητές το κατά κεφαλήν ΑΕΠ καθώς και την εξαρτημένη μεταβλητή (αυτοκίνητα ανά άτομο) με υστέρηση ενός έτους (lagged dependent variable). Επιπλέον χρησιμοποιούνται τέσσερις παράμετροι ρύθμισης της κλίσης (αντί για δύο του Zachariadis).

Στην περίπτωση αυτή εξετάζεται η προσαρμογή στα ιστορικά δεδομένα, με σκοπό τον εντοπισμό του μέγιστου επιπέδου κορεσμού, καθώς και της ταχύτητα κορεσμού, σε σχέση με την αύξηση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ. Οι υπόλοιπες παράμετροι θεωρούνται σταθερές για όλες τις χώρες.

Ο τύπος που εφαρμόζεται είναι ο εξής:

$$C_{it} = \theta \cdot [\gamma \cdot e^{\alpha \cdot e^{(\beta \cdot \text{GDP}_{it})}}] + (1-\theta) \cdot C_{it-1} \quad (4.3)$$

Όπου, C_{it} = η κυριότητα αυτοκινήτων στο χρόνο t

GDP_{it} = το κατά κεφαλήν ΑΕΠ σε σταθερές τιμές

θ = παράμετρος ρύθμισης της ταχύτητας κορεσμού

γ = παράμετρος ρύθμισης του μέγιστου επιπέδου κορεσμού

α = παράμετρος ρύθμισης της κλίσης στο κάτω μέρος της συνάρτησης (χαμηλά εισοδήματα)

β = παράμετρος ρύθμισης της κλίσης στο άνω μέρος της συνάρτησης (υψηλά εισοδήματα)

Γίνεται δεκτή η υπόθεση ότι οι τιμές για τα γ , α και θ θα είναι ίδιες, άσχετως με την χώρα για την οποία θα εφαρμοστεί το μοντέλο. Το β που είναι η κλίση στα υψηλά εισοδήματα, θεωρείται ότι μεταβάλλεται σύμφωνα με την εξεταζόμενη περίπτωση (χώρα).

Στη συνέχεια εφαρμόζουμε το μοντέλο για τα ιστορικά δεδομένα της Ελλάδας, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της μη γραμμικής παλινδρόμησης, σκοπεύοντας στην ελαχιστοποίηση του σφάλματος, με κριτήριο το R^2 (εντολή non linear regression του SPSS). Πρέπει να αναφέρουμε ότι κανένα από τα στατιστικά προγράμματα που είχαμε στη διάθεση μας δεν μπορεί να προσφέρει μεγάλες δυνατότητες ανάλυσης σε μη γραμμικά μοντέλα, ιδιαίτερα όσον αφορά τον έλεγχο Durbin Watson. Οι αρχικές τιμές των παραμέτρων για την Ελλάδα, δίνονται στη δημοσίευση ως εξής:

$$\theta = 0.09$$

$$\gamma = 0.62$$

$$\alpha = -6.42$$

$$\beta = -0.28$$

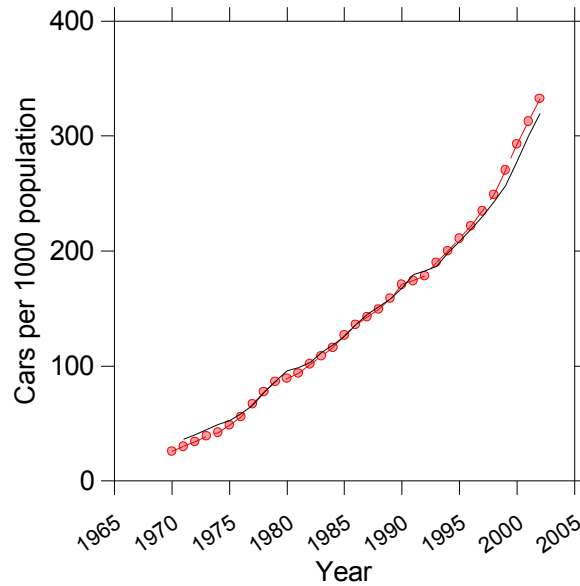
Η μη γραμμική παλινδρόμηση της (4.3) μας έδωσε τα εξής:

$$C_{it} = 0.00116 \cdot [0.9224 \cdot e^{-6.42e^{(0.28 \cdot GDP_{it})}}] + (1-0.00116) \cdot C_{it-1}$$

$$R^2 = 0.99489$$

Ενδιαφέρον παρουσιάζει υπολογίσαμε μεγαλύτερο επίπεδο και ταχύτητα κορεσμού σε σχέση με την δημοσίευση. Το μέγιστο επίπεδο κορεσμού (γ) είναι τα 922 αυτοκίνητα ανά 1000 άτομα, ενώ η ταχύτητα κορεσμού (θ) είναι 0.011. Στη δημοσίευση χρησιμοποιήθηκαν ιστορικά δεδομένα για την περίπτωση της Ελλάδας, μέχρι το 1992. Για το λόγο αυτό όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η προσαρμογή στα ιστορικά δεδομένα δίνει υποεκτιμημένους συντελεστές, καθώς η αύξηση του στόλου ήταν ραγδαία από το 1992 και έπειτα.

Παρουσιάζεται στη συνέχεια (Σχήμα 4.51), η προσαρμογή της καμπύλης που προκύπτει από την εξίσωση (3), με χρήση των τιμών που προέκυψαν από την παλινδρόμηση.



Σχήμα 4.51: Ερμηνευτική δυνατότητα μοντέλου Dargay-Gately όσον αφορά την κατά κεφαλήν κυριότητα οχημάτων (με τελείες παρουσιάζονται τα πραγματικά δεδομένα).

Αν και το μοντέλο έχει πολύ καλή προσαρμογή στα ιστορικά δεδομένα, κυρίως λόγω της περίληψης της εξαρτημένης, στις ανεξάρτητες (lagged dependent), παρατηρείται συστηματική υποεκτίμηση από το 1995 και έπειτα. Αυτό αναμένεται να συνεχιστεί, καθώς η κλίση της συνάρτησης σύμφωνα με την Gompertz, αρχίζει να φθίνει. Το μοντέλο εντούτοις περιγράφει σε ικανοποιητικό βαθμό τα ιστορικά δεδομένα. Η ικανότητα πρόβλεψης που έχει είναι περιορισμένη, καθώς τα σφάλματα είναι προσθετικά λόγω της lagged μεταβλητής. Συνεπώς αναγωγή των κατά κεφαλήν οχημάτων σε συνολικά οχήματα με πολλαπλασιασμό με τον πληθυσμό, αναμένεται να οδηγήσει σε σημαντικές αποκλίσεις ιδιαίτερα για μακροπρόθεσμες αλλά και μεσοπρόθεσμες προβλέψεις.

Οι Lam and Tam (2002), χρησιμοποιούν τη γραμμική παλινδρόμηση, ώστε να επιχειρήσουν εκτίμηση στον συνολικό αριθμό των αυτοκινήτων (σε αντίθεση με τα μοντέλα κυριότητας). Στην ανάλυση εξετάστηκαν αρκετές επεξηγηματικές μεταβλητές, από τις οποίες χρησιμοποιήθηκαν αυτές που πληρούσαν το κριτήριο t . Το μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης που προτείνουν, για εκτίμηση του συνολικού αριθμού αυτοκινήτων, σε επίπεδο χώρας είναι το εξής:

$$CARS_t = b_1 \left(\frac{GDP}{population} \right)_{t-1} + b_2 \square PUB_t + b_3 \square REGISTR_TAX_{t-a} + C \quad (4.4)$$

Όπου:

$CARS_t$ = Ο αριθμός των αυτοκινήτων τον χρόνο t

$\left(\frac{GDP}{population} \right)_{t-1}$ = το κατά κεφαλήν ΑΕΠ σε σταθερές τιμές, με υστέρηση (lag) ενός έτους

PUB_t = ο αριθμός των ετήσιων ταξιδίων με δημόσια μεταφορικά μέσα τον χρόνο t

$REGISTR_TAX_{t-a}$ = τα τέλη ταξινόμησης ανά όχημα τον χρόνο t-1

Δοκιμάζοντας την (4.4) στα ελληνικά δεδομένα χρησιμοποιούμε τις μεταβλητές GDP/POP_t και PUB_t , ενώ δεν εισάγουμε το $REGISTR_TAX_{t-a}$ καθώς δεν διαθέτουμε δεδομένα για τα έσοδα από τα ετήσια τέλη ταξινόμησης ενώ γνωρίζουμε από τα πορίσματα της δημοσίευσης ότι η μεταβλητή αυτή είχε τη μικρότερη ερμηνευτική δυνατότητα από τις 3 εξεταζόμενες. Για τη μεταβλητή PUB χρησιμοποιούμε τα κατά κεφαλήν rkm των λεωφορείων, όπως προκύπτουν από τα ιστορικά δεδομένα.

Προσαρμοσμένο στα στοιχεία για την Ελλάδα, το μοντέλο έδωσε το ίδιο σχεδόν R^2 (0.863) με αυτό της δημοσίευσης (στην οποία εξετάστηκε η περίπτωση του Hong Kong). Παρατηρούμε στο Σχήμα 4.52 ότι από το 1995 και έπειτα η καμπύλη δεν μπορεί να ακολουθήσει τα πραγματικά δεδομένα, καθώς ο ρυθμός αύξησης του στόλου γίνεται εντονότερος, λόγω μείωσης της τιμής των αυτοκινήτων και παράλληλης εφαρμογής της απόσυρσης (1991-1993).

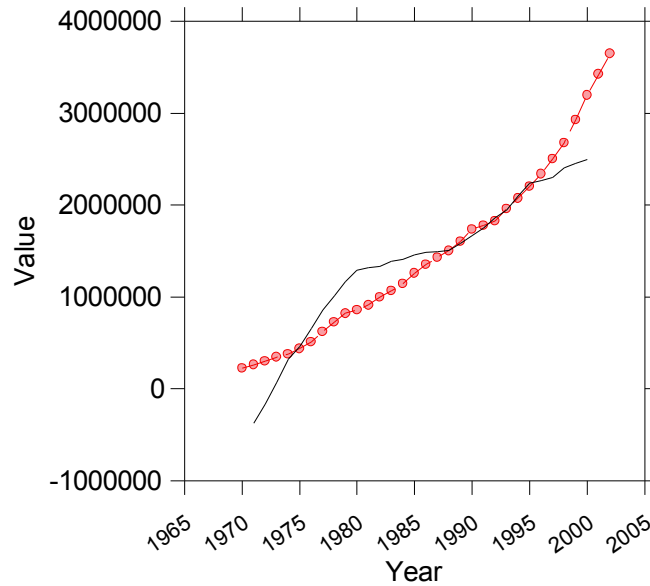
$$CARS_t = -4067361.225 + 179269.604 \left(\frac{GDP}{population} \right)_{t-1} + 2975.631 \square PUB_t$$

t-values: -8.985; 0.368; 3.950

VIF: 9.993; 9.993

Durbin-Watson: 0.127

$R^2_{adj} = 0.863$



Σχήμα 4.52: Ερμηνευτική δυνατότητα μοντέλου Lam-Tam όσον αφορά το συνολικό αριθμό αυτοκινήτων (με τελείες παρουσιάζονται τα πραγματικά δεδομένα).

Στη δημοσίευση των Prevedouros and Ping (1998) εξετάζεται η κατά κεφαλήν κυριότητα αυτοκινήτων, για 12 χώρες και μία σειρά επεξηγηματικών μεταβλητών, ενώ επιχειρείται πρόβλεψη έως το 2005.

Η μέθοδος που ακολουθείται είναι η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με χρήση Generalized least-squares (εντολή AREG του SPSS, με μέθοδο maximum likelihood). Τα μοντέλα εξετάζονται ως προς την ορθότητα του αναμενόμενου πρόσημου, την σημαντικότητα των συντελεστών των ανεξάρτητων μεταβλητών, την ύπαρξη στάσιμης χρονοσειράς (συντελεστής AR1 μεταξύ ± 1) καθώς και την ελαχιστοποίηση του τυπικού σφάλματος.

Για την περίπτωση της Ελλάδας επιλέγουμε να χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο που χρησιμοποιείται για την ομάδα χωρών USA, Canada, The Netherlands και United Kingdom, καθώς τα υπόλοιπα μοντέλα αφορούν ανατολικές χώρες.

Το μοντέλο που προτείνεται στη δημοσίευση είναι το εξής:

$$A.O. = b_1 \square A.O._{n-1} + b_2 \square GDP + b_3 \square RPL + C \quad (4.5)$$

Όπου,

A.O. = η κυριότητα αυτοκινήτων ανά 1000 κατοίκους

GDP = το συνολικό ΑΕΠ σε σταθερές τιμές

RPL = τα επιβατοχιλιόμετρα που διανύθηκαν με σιδηρόδρομο

Για την περίπτωση της Ελλάδας, θα χρησιμοποιήσουμε αντί του RLP που χρησιμοποιεί ο Prevedouros, το PKMBUS_car το οποίο αντιπροσωπεύει τα επιβατοχιλιόμετρα με χρήση λεωφορείου (καθώς στην Ελλάδα είναι το δεύτερο σημαντικότερο μέσο μετακίνησης μετά το αυτοκίνητο).

Η μέθοδος που χρησιμοποιούμε είναι η Cochrane-Orcutt καθώς διαθέτουμε δεδομένα για όλα τα έτη (ο Prevedouros χρησιμοποιεί maximum likelihood καθώς προφανώς έχει έλλειψη δεδομένων όσον αφορά τις ανεξάρτητες μεταβλητές).

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης στην (4.5) έδωσαν τα εξής:

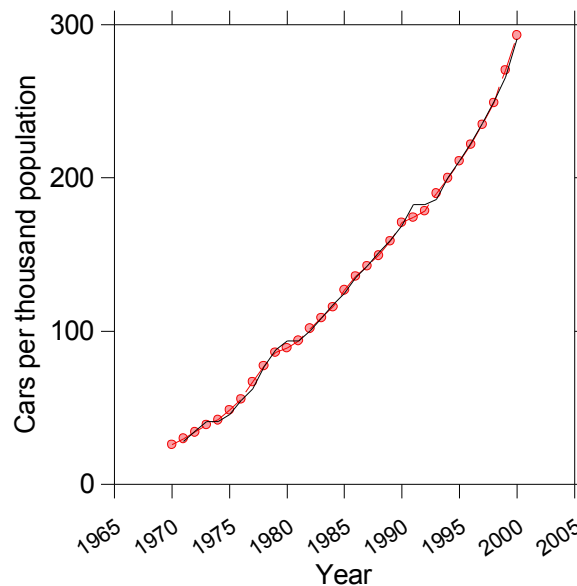
$$A.O. = 1 \square A.O._{n-1} + 0.00138 \square GDP - 0.015139 \square PKMBUS - 6.271$$

t-values: 22.216795 ; 2.626245 ; -1.254762 ; -0.365678

Standard Error: 2.9220325

Durbin-Watson: 1.7820732

Adjusted R-Squared = 0.99712443



Σχήμα 4.53: Ερμηνευτική δυνατότητα μοντέλου Prevedouros-Ping όσον αφορά το συνολικό αριθμό αυτοκινήτων (με τελείες παρουσιάζονται τα πραγματικά δεδομένα).

4.5.2 Μεταφορικό έργο

Ο Schaffer θεωρεί ότι το χρηματικό απόθεμα που δαπανάται για μετακινήσεις αποτελεί ένα σταθερό ποσοστό του συνολικού εισοδήματος (έννοια του constant Travel Time Budget που αναλύθηκε στην επισκόπηση). Αυτό σημαίνει ότι το ποσοστό εισοδήματος που δαπανά κάποιος για μετακινήσεις, παραμένει σταθερό όσο αυξάνεται το εισόδημα (αποτελεί περίπου το 15%). Συνεπώς, θα αυξάνεται η διανυόμενη απόσταση (συνολικά pkm), καθώς θα δαπανώνται περισσότερα χρήματα για χρόνο μετακίνησης 1 ώρα ανά ημέρα (σύμφωνα με το σταθερό Travel Money Budget που αναλύθηκε στην επισκόπηση).

Με βάση τα παραπάνω, ο Schaffer εκτιμά τα pkm ανά άτομο για το σύνολο των μετακινήσεων του με όλα τα μέσα, ως εξής:

$$\frac{\text{pkm}}{\text{cap}} = \frac{\text{GDP}}{\text{cap}} \cdot \frac{\text{PCE}}{\text{GDP}} \cdot \text{TMB} \cdot X + C \quad (4.6)$$

Όπου PCE είναι η ιδιωτική κατανάλωση, X είναι το αντεστραμμένο μοναδιαίο κόστος μεταφοράς (pkm/\$) και C είναι σταθερά. Με γραμμική παλινδρόμηση στα ιστορικά δεδομένα και μόνη ανεξάρτητη μεταβλητή το $\text{GDP} \cdot \text{cap}^{-1}$, υπολογίζονται οι τιμές για το $\text{PCE} \cdot \text{GDP}^{-1} \cdot \text{TMB} \cdot X$ (θεωρείται συντελεστής κλίσης) και για την σταθερά C. Στη συνέχεια γίνεται καταμερισμός των συνολικών pkm στα μέσα μετακίνησης.

Στη συνέχεια εφαρμόζουμε το μοντέλο του Schaffer στην περίπτωση της Ελλάδας, για την εκτίμηση των pkm με επιβατικά αυτοκίνητα (καθώς με αυτά διανύεται πάνω από το 65% των συνολικών pkm).

Με χρήση του SPSS, για εφαρμογή της παλινδρόμησης, απλοποιώντας την (4.6), καθώς διαθέτουμε ιστορικά δεδομένα για την ιδιωτική κατανάλωση, θα έχουμε:

$$\frac{\text{pkm}}{\text{cap}} = \frac{\text{PCE}}{\text{cap}} \cdot \text{TMB} \cdot X + C \quad (4.7)$$

Όπου $\text{TMB} \cdot X$ θα είναι ο συντελεστής της παλινδρόμησης (b_1) και C θα είναι ο σταθερός όρος.

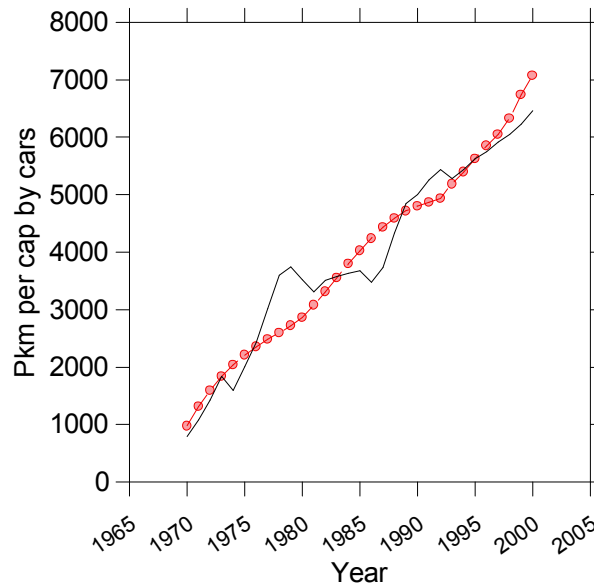
Εφαρμόζοντας την συνάρτηση (4.7) στα ιστορικά δεδομένα, έχουμε:

$$\frac{\text{pkm}}{\text{cap}} = 4.478.1 \frac{\text{PCE}}{\text{cap}} - 4988.045$$

t-values: 19.999; -11.020

Standard Error: 443.7799

Adjusted R-Squared = 0.93



Σχήμα 4.54: Ερμηνευτική δυνατότητα μοντέλου Schafer για το μεταφορικό έργο των ΙΧ οχημάτων, εκφρασμένων σε pkm (με τελείες παρουσιάζονται τα πραγματικά δεδομένα).

Παρατηρώντας το Σχήμα 4.54, διαπιστώνουμε ότι με χρήση μόνο του κατά κεφαλήν ΑΕΠ σαν ανεξάρτητη, δεν παρέχεται ικανοποιητική δυνατότητα προσαρμογής, αν και εντοπίζεται η αυξητική σχέση. Χρειάζονται επιπλέον μεταβλητές ώστε να περιγραφεί καλύτερα το μεταφορικό έργο. Δεν θα πρέπει όμως να παραβλέπουμε το γεγονός ότι στην ουσία τα δεδομένα των pkm αποτελούν εκτιμήσεις και υπολογίζονται από την Eurostat, μέσω ερευνών ευρείας κλίμακας.

4.6 Ανάπτυξη βέλτιστων μοντέλων εκτίμησης στόλου αυτοκινήτων και μεταφορικού έργου

Στις ενότητες 4.6.1 έως 4.6.3, προτείνονται μοντέλα για την ιδιοκτησία ΙΧ αυτοκινήτων. Στην ενότητα 4.6.4 προτείνεται μοντέλο για εκτίμηση του μεταφορικού έργου, σε ρkm. Τα μοντέλα διακρίνονται σε μοντέλα εκτίμησης του συνολικού αριθμού αυτοκινήτων (1-4), σε μοντέλα εκτίμησης ετησίων διαφορών (5-6) και σε μοντέλα εκτίμησης κατά κεφαλήν αναλογίας (7-8).

4.6.1 Στατιστική εκτίμηση συνολικού αριθμού αυτοκινήτων

Με βάση τον εντοπισμό των πιθανών επεξηγηματικών μεταβλητών και τις παρατηρήσεις από τις δοκιμές των μοντέλων της βιβλιογραφίας για τα ελληνικά δεδομένα, προτείνουμε το παρακάτω γενικό μοντέλο για την εκτίμηση του συνολικού αριθμού των επιβατικών οχημάτων (τα θεωρητικά πρόσημα των συντελεστών της παλινδρόμησης προηγούνται των ονομάτων των μεταβλητών):

$$\text{TOT_CARS} = f(+\text{POP}, +\text{INCOME}, -\text{CAR_PRICE}, -\text{UNEMPL}, -\text{INFL}, -\text{GAS_PR99})$$

Όπου,

TOT_CARS	συνολικός αριθμός επιβατικών αυτοκινήτων
POP	πληθυσμός που αναλύεται σε:
• POPMV	συνολικός πληθυσμός στο μέσο του έτους
• POP_URB	αστικός πληθυσμός
• POP_1765	πληθυσμός ηλικίας από 17 έως 65 ετών
• POP_6517	πληθυσμός ηλικίας κάτω των 17 και άνω των 65 ετών
INCOME	εισόδημα, που αναλύεται σε:
• GDP99	συνολικό ΑΕΠ (1999=100)
• PR_CON99	συνολική Ιδιωτική Κατανάλωση νοικοκυριών (1999=100)
CAR_PRICE	τιμή αυτοκινήτου (1999=100)
UNEMPL	ανεργία (%)
INFL	πληθωρισμός (%)
GAS_PR99	τιμή βενζίνης (1999=100)

*Όπου απαιτείται, μπορεί να πραγματοποιηθεί μετατροπή των μεγεθών από τρέχουσες σε σταθερές τιμές του έτους 1999, με διαίρεση με τον Γενικό Δείκτη Τιμών Καταναλωτή όπως αυτός προκύπτει από την ΕΣΥΕ (2003).

**Τα κατά κεφαλήν μεγέθη προκύπτουν από διαίρεση με το συνολικό πληθυσμό

Εφόσον έχουμε καταστρώσει τη θεωρητική δομή του μοντέλου, στη συνέχεια αναπτύσσονται μοντέλα που ικανοποιούν κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα παρακάτω κριτήρια (όπως προτείνεται και στο σύγγραμμα των Hill et al, 2001):

- Σωστά πρόσημα των συντελεστών με βάση τη θεωρητική διατύπωση
- Στατιστικά σημαντικοί συντελεστές για επίπεδο σημαντικότητας 95%, για τις ανεξάρτητες μεταβλητές
- Ελαχιστοποίηση του τυπικού σφάλματος της εκτίμησης
- Περιορισμός πολυσυγγραμμικότητας (Multicollinearity)
- Έλεγχος και αντιμετώπιση πιθανής σειριακής αυτοσυσχέτισης στον όρο σφάλματος (Autocorellation)
- Έλεγχος για ύπαρξη εταιροσκεδασμού στον όρο σφάλματος (Heteroskedasticity)
- Ικανοποιητική προσαρμογή στα ιστορικά δεδομένα (R^2 adjusted)

Με βάση τη θεωρητική διατύπωση του μοντέλου, δοκιμάστηκαν πάνω από 50 διαφορετικές εκδοχές (με τεχνική πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης και Generalized Least Squares), χρησιμοποιώντας εναλλακτικούς συνδυασμούς και διαφορετικούς τρόπους έκφρασης των ανεξάρτητων μεταβλητών (λογαριθμικά, lagged κτλ.). Στόχος ήταν να απλουστευθεί όσο το δυνατόν περισσότερο το μοντέλο, με ταυτόχρονη κάλυψη των τιθέμενων στατιστικών κριτηρίων. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι καλύτερες προσεγγίσεις, κινούμενοι από το γενικό στο ειδικό (general to specific approach, βλ. Allen and Fildes, 2000; Studenmund, 2001).

Μοντέλο 1

Στην περίπτωση αυτή, εισάγουμε όλες τις θεωρητικά σημαντικές μεταβλητές. Εξετάζουμε την εξάρτηση του συνολικού αριθμού των αυτοκινήτων, από τον συνολικό πληθυσμό, το οικονομικό επίπεδο σε όρους κατά κεφαλήν ΑΕΠ, την ανεργία, την τιμή πώλησης του αυτοκινήτου και την τιμή της βενζίνης. Ο πληθωρισμός δεν χρησιμοποιείται σαν ανεξάρτητη μεταβλητή, καθώς τα μεγέθη που εισάγουμε έχουν μετατραπεί σε σταθερές τιμές (αποπληθωρισμός). Τα αναμενόμενα

πρόσημα των ανεξάρτητων μεταβλητών, δίδονται στην ακόλουθη θεωρητική διατύπωση του μοντέλου.

$$\text{TOT_CARS} = C + b_1 \square \text{POPMV} + b_2 \square \text{GDPCAP99} - b_3 \square \text{UNEMPL} - b_4 \square \text{CARPR_99} - b_5 \square \text{GAS_PR99}$$

Όπου

TOT_CARS	ο συνολικός αριθμός των αυτοκινήτων σε όλη την χώρα (10 ⁶ αυτοκίνητα)
POPMV	Συνολικός πληθυσμός χώρας (10 ⁶ άτομα)
GDPCAP99	ΑΕΠ κατά κεφαλήν σε σταθερές τιμές του 1999 (10 ⁶ δρχ.)
UNEMPL	ανεργία (%)
CAR_PR99	τιμή αυτοκινήτου σε σταθερές τιμές 1999 (10 ⁶ δρχ.)
GAS_PR99	τιμή βενζίνης σε σταθερές τιμές 1999 (δρχ.)

Στη συνέχεια, εφαρμόζουμε πολλαπλή παλινδρόμηση στα ιστορικά δεδομένα, για εκτίμηση των συντελεστών των ανεξάρτητων μεταβλητών. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω:

$$\text{TOT_CARS} = -9.457 + 1.098 \square \text{POPMV} + 0.457 \square \text{GDPCAP99} - 0.02885 \square \text{UNEMPL} - 0.1204 \square \text{CARPR_99} - 0.00122 \square \text{GAS_PR99} \quad (4.8)$$

t-values: -4.753; 3.795; 1.695; -0.916; -4.626; -2.149

Significance level: 99%, 99%, 90%, 63%, 99%, 95%

VIF (for the coefficients): 52.071; 19.429; 20.378; 2.771; 3.586

Durbin-Watson d statistic: 0.629

Std. Error of the Estimate: 0.121477

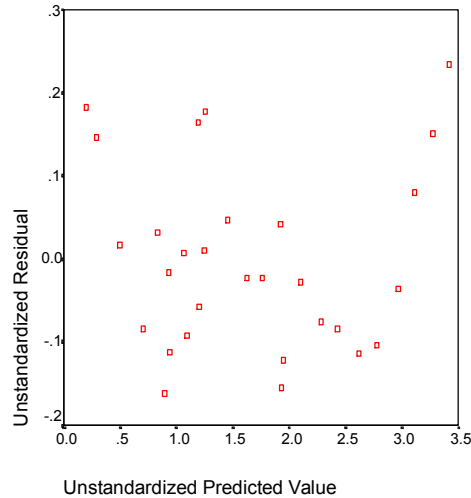
Adjusted R Square: 0.982

N = 29

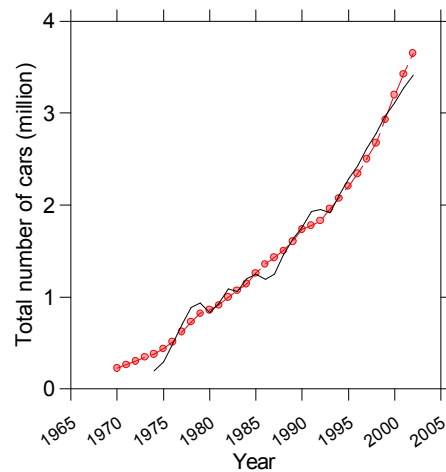
Αν και τα πρόσημα είναι σωστά, η προσαρμογή στα ιστορικά δεδομένα είναι πολύ ικανοποιητική (R² adj.= 0.982) και το τυπικό σφάλμα είναι αρκετά μικρό (0.121 ή 121 χιλ. αυτοκίνητα, εάν λάβουμε υπόψη μας ότι η μέση τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής TOT_CARS είναι 1.65), εντούτοις η συγκεκριμένη συναρτησιακή σχέση παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα που αναφέρονται στη συνέχεια:

- Από τον έλεγχο σημαντικότητας t , προκύπτει ότι οι συντελεστές του GDPCAP99 και του UNEMPL είναι στατιστικά μη σημαντικοί (δηλαδή η τιμή τους δεν είναι διάφορη του μηδενός), σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Το GAS_PR είναι οριακά σημαντικό.
- Το μοντέλο χαρακτηρίζεται από έντονο collinearity (έντονη συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών) μεταξύ των POPMV, GDPCAP99 και UNEMPL, όπως φαίνεται από τα πολύ υψηλά VIF που έχουν.
- Η πολύ χαμηλή τιμή του Durbin Watson τεστ υποδεικνύει ότι υπάρχει έντονη σειριακή αυτοσυσχέτιση των καταλοίπων, δηλαδή τα σφάλματα ακολουθούν συγκεκριμένο μοτίβο και δεν είναι τυχαία. Το γεγονός αυτό παραβιάζει την βασική υπόθεση ότι τα κατάλοιπα της παλινδρόμησης θα πρέπει να είναι τυχαία καταναμημένα (με μέση τιμή 0 και τυπική απόκλιση 1).
- Παρατηρούμε ότι το μοντέλο εξαρτάται σε υπερβολικό βαθμό από την εξέλιξη του πληθυσμού (μεταβλητή POPMV). Κάτι τέτοιο δεν είναι επιθυμητό, καθώς από την θεωρία (βλ. επισκόπηση βιβλιογραφίας, ενότητα 2.3 και 2.4) διαπιστώσαμε ότι η κυριότητα αυτοκινήτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την οικονομική ανάπτυξη, η οποία συνήθως εκφράζεται μέσω του κατά κεφαλήν ΑΕΠ, σε αποπληθωρισμένες τιμές. Επιπλέον το ΑΕΠ και ο πληθυσμός παρουσιάζουν έντονη συσχέτιση, και δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα, για να αποφευχθεί το collinearity.

Συνεπώς το παραπάνω μοντέλο θεωρούμε ότι δεν είναι απόλυτα αξιόπιστο για μελλοντικές εκτιμήσεις, καθώς η χρήση του πληθυσμού σαν ανεξάρτητη μεταβλητή, οδηγεί σε μείωση του ρόλου των άλλων παραγόντων καθώς και σε bias του μοντέλου. Παρουσιάζουμε στη συνέχεια τη διασπορά των καταλοίπων και την προσαρμογή του μοντέλου στα ιστορικά δεδομένα, ώστε να γίνει αντιληπτό το έντονο autocorellation που διαπιστώσαμε καθώς και να φανεί η τάση υποεκτίμησης, ιδιαίτερα από το 1999 και έπειτα, καθώς το μοντέλο βασίζεται κατά κύριο λόγο στον πληθυσμό και αυτός ακολουθεί φθίνοντα ρυθμό αύξησης.



Σχήμα 4.55: Διασπορά καταλοίπων παλινδρόμησης του μοντέλου 1



Σχήμα 4.56: Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου 1 στα ιστορικά δεδομένα (τα ιστορικά δεδομένα παρουσιάζονται με τελείες)

Με βάση τις παραπάνω διαπιστώσεις, αποφασίζουμε να απομακρύνουμε τη μεταβλητή του πληθυσμού. Με βάση τη στατιστική ανάλυση, κάτι τέτοιο θα οδηγήσει σε μείωση του collinearity και του autocorellation. Αλλά και από θεωρητικής απόψεως θεωρούμε ότι είναι σκόπιμο να δώσουμε ιδιαίτερη βαρύτητα σε κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές παρά στην πληθυσμιακή εξέλιξη. Η διάχυση της τεχνολογίας του αυτοκινήτου, βρίσκεται σε φάση άνθησης στην Ελλάδα καθώς η κυριότητα είναι πολύ χαμηλή σε σχέση με τις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες, ενώ ο αριθμός των αυτοκινήτων αυξάνεται με έντονο ρυθμό, ιδίως κατά την τελευταία

10ετία. Επομένως αναμένουμε σε μεσοπρόθεσμο επίπεδο περαιτέρω αύξηση του αριθμού των αυτοκινήτων, η οποία δεν θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από το ρυθμό αύξησης του πληθυσμού.

Μοντέλο 2

Βελτιώνεται το μοντέλο 1 για αποφυγή του collinearity απομακρύνοντας τη μεταβλητή του πληθυσμού, για τους λόγους που επισημάνθηκαν προηγουμένως. Η νέα μορφή του μοντέλου, με τα αναμενόμενα πρόσημα, θα είναι η εξής:

$$\text{TOT_CARS} = C + b_1 \square \text{GDPCAP99} - b_2 \square \text{UNEMPL} - b_3 \square \text{CARPR_99} - b_4 \square \text{GAS_PR99}$$

Επαναλαμβάνεται η παλινδρόμηση στα ιστορικά δεδομένα, με τα εξής αποτελέσματα:

$$\text{TOT_CARS} = -2.157 + 1.382 \square \text{GDPCAP99} + 0.0776 \square \text{UNEMPL} - 0.0848 \square \text{CARPR_99} - 0.00139 \square \text{GAS_PR99} \quad (4.9)$$

t-values: -3.389; 9.587; 4.341; -2.797; -1.955

Significance level: 99%, 99%, 99%, 99%, 94%

VIF (for the coefficients): 3.563; 4.213; 2.410; 3.566

Durbin-Watson d statistic: 1.103

Std. Error of the Estimate: 0.151652

Adjusted R Square: 0.973

N = 29

Αν και το τυπικό σφάλμα καθώς και η προσαρμογή του μοντέλου είναι ελαφρώς χειρότερα από ότι του μοντέλου 1, έχουμε καταφέρει να εξαλείψουμε το collinearity καθώς και να βελτιώσουμε την σημαντικότητα των συντελεστών των μεταβλητών. Επιπλέον, το DW τεστ είναι αρκετά βελτιωμένο, αλλά βρίσκεται στην περιοχή αμφιβολίας, όσον αφορά την διάγνωση αυτοσυσχέτισης. Με το μοντέλο αυτό καταφέραμε τα εξής:

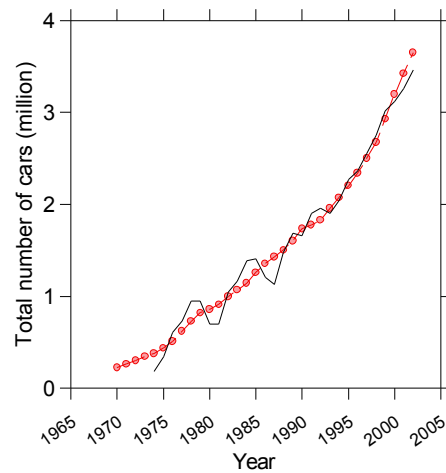
- Απομακρύνοντας τον πληθυσμό από τις ανεξάρτητες μεταβλητές, ο μεγάλος συντελεστής του GDP_CAP99, υποδηλώνει ότι η συγκεκριμένη μεταβλητή έχει τη μεγαλύτερη βαρύτητα στην ερμηνεία της εξέλιξης της ανεξάρτητης

μεταβλητής. Αυτό είναι επιθυμητό, σύμφωνα με τη θεωρία των αντίστοιχων μοντέλων της βιβλιογραφίας.

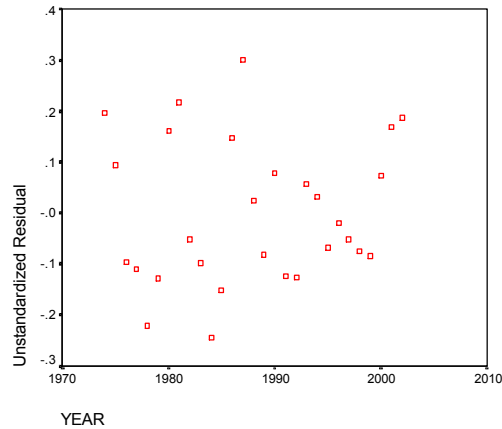
- Έχει εξαλειφθεί εντελώς το multicollinearity μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών, όπως φαίνεται από τα πολύ χαμηλά VIF.
- Τα πρόσημα των συντελεστών είναι σύμφωνα με τα αναμενόμενα, εκτός από αυτό της μεταβλητής UNEMPL.

Παρατηρείται από το Σχήμα 4.57 ότι στο διάστημα 1975-1990 παρουσιάζεται περιοδικότητα 2^{ου} βαθμού στην πρόβλεψη. Διαπιστώνουμε ότι η καμπύλη της πρόβλεψης παρουσιάζει κυκλικότητα γύρω από τα πραγματικά δεδομένα. Αυτό συμβαίνει διότι το μοντέλο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το κατά κεφαλήν ΑΕΠ το οποίο στην ίδια περίοδο (1975-1990) παρουσιάζει αυτή την περιοδικότητα.

Στα επόμενα Σχήματα, παρουσιάζεται η προσαρμογή του μοντέλου καθώς και το διάγραμμα διασποράς των καταλοίπων.



Σχήμα 4.57: Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου 2 στα ιστορικά δεδομένα (τα ιστορικά δεδομένα παρουσιάζονται με τελείες)



Σχήμα 4.58: Διασπορά καταλοίπων παλινδρόμησης μοντέλου 2

Μοντέλο 3

Θεωρούμε ότι το λάθος πρόσημο που εντοπίσαμε για την μεταβλητή UNEMPL στο μοντέλο 2 μπορεί να επηρεάσει τη δυνατότητα πρόβλεψης του μοντέλου. Για το λόγο αυτό, αποφασίζουμε να απομακρύνουμε τη μεταβλητή, από την συναρτησιακή σχέση. Επομένως θα έχουμε:

$$\text{TOT_CARS} = C + b_1 \square \text{GDPCAP99} - b_3 \square \text{CARPR_99} - b_4 \square \text{GAS_PR99}$$

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης συνοψίζονται ως εξής:

$$\text{TOT_CARS} = -1.644 + 1.605 \square \text{GDPCAP99} - 0.0781 \square \text{CARPR_99} - 0.00355 \square \text{GAS_PR99} \quad (4.10)$$

t-values: -2.008; 9.101; -1.971; -5.365

Significance level: 95%, 99%, 94%, 99%

VIF (for the coefficients): 3.111; 2.404; 1.809

Durbin-Watson d statistic: 0.975

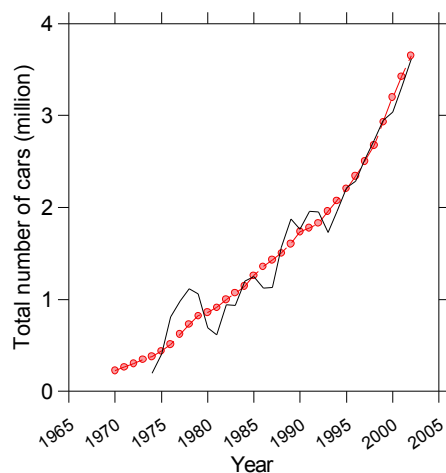
Std. Error of the Estimate: 0.198528

Adjusted R Square: 0.953

N = 29

Ενώ έχουμε χειρότερο R^2 adj καθώς και μεγαλύτερο τυπικό σφάλμα σε σχέση με το μοντέλο 2, έχουμε καταφέρει να έχουμε όλα τα πρόσημα σύμφωνα με τη θεωρία, ενώ

έχουμε εξαλείψει το collinearity. Ο σταθερός όρος της παλινδρόμησης είναι πλέον αρκετά μειωμένος με παράλληλη αύξηση του συντελεστή του GDP_CAP99. Στα σχήματα που ακολουθούν, παρουσιάζουμε την προσαρμογή στα ιστορικά δεδομένα.



Σχήμα 4.59: Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου 3 στα ιστορικά δεδομένα (τα ιστορικά δεδομένα παρουσιάζονται με τελείες)

Παρατηρούμε ότι το συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί να παρακολουθήσει καλύτερα τα τελευταία έτη, στα οποία η αύξηση του πραγματικού αριθμού των αυτοκινήτων ήταν ιδιαίτερα μεγάλη. Το μοντέλο χάνει την ικανότητα προσαρμογής του, για τα έτη πριν από το 1990. Αυτό οφείλεται στην απομάκρυνση της μεταβλητής του πληθυσμού, η οποία όπως μπορούμε να συμπεράνουμε εξετάζοντας το μοντέλο 1, ήταν βαρύνουσας σημασίας μέχρι το 1990. Από εκεί και έπειτα, η μεταβλητή του πληθυσμού φαίνεται να χάνει την σημαντικότητα της, καθώς η χρήση της στο μοντέλο, οδηγεί σε υποεκτίμηση του αριθμού των αυτοκινήτων, όπως τονίστηκε και σε προηγούμενη παράγραφο. Αυτό σημαίνει ότι προφανώς γιατί δεν έχει επέλθει ακόμα κορεσμός της ζήτησης για αυτοκίνητα, έστω και αν ο πληθυσμός θεωρηθεί σταθερός για όλα τα έτη της ανάλυσης.

Το μοντέλο αυτό παρουσιάζει επίσης περιοδικότητα, περισσότερο έντονη από το μοντέλο 2, καθώς το κατά κεφαλήν ΑΕΠ σαν ανεξάρτητη μεταβλητή έχει ακόμα μεγαλύτερη σημαντικότητα. Αυτό διαπιστώνεται από την αύξηση του συντελεστή b_1 (βλ. Εξίσωση 4.9 και 4.10, μεταβλητή GDPCAP99).

Μοντέλο 4

Εξετάζουμε μία εναλλακτική μέθοδο εκτίμησης, θεωρώντας ότι ο αριθμός των αυτοκινήτων για το έτος $t+1$, εξαρτάται άμεσα από τον αριθμό των αυτοκινήτων του έτους t . Αυτό, από θεωρητικής άποψης είναι σωστό, διότι το αυτοκίνητο έχει σχετικά μεγάλη διάρκεια ζωής και συνεπώς τα οχήματα που υπάρχουν από τα προηγούμενα έτη θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στις προβλέψεις των επόμενων ετών, ιδιαίτερα για βραχυπρόθεσμες ή μεσοπρόθεσμες περιόδους εκτίμησης. Κάτι αντίστοιχο εφαρμόζεται σε περιπτώσεις εκτίμησης του φυσικού πληθυσμού μίας χώρας, όπως διαπιστώσαμε από την μεθοδολογία των United Nations (2003).

Για να αποτυπώσουμε την παραπάνω συμπεριφορά σε μοντέλο, χρησιμοποιούμε την τεχνική της χρονικής υστέρησης της εξαρτημένης μεταβλητής κατά 1 έτος (lagged dependent variable), η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται ως ανεξάρτητη μεταβλητή του μοντέλου. Έτσι περιλαμβάνουμε στο μοντέλο τον ρυθμό αύξησης, ενώ μπορούμε να προσθέσουμε επιπρόσθετες μεταβλητές οι οποίες καθορίζουν την ένταση του.

Το μοντέλο που προτείνουμε θεωρεί ότι ο αριθμός των αυτοκινήτων του έτους n , εξαρτάται από τον αριθμό των αυτοκινήτων του έτους $n-1$, το επίπεδο οικονομικής ευημερίας του έτους n (χρησιμοποιώντας το κατά κεφαλήν ΑΕΠ) και το γενικό επίπεδο των τιμών του έτους n (με βάση τον πληθωρισμό).

$$\text{TOT_CARS} = \beta_1 \square \text{TOT_CARS}_{n-1} + \beta_2 \square \text{GDP_CAP99} - \beta_3 \square \text{INFL}$$

Στην περίπτωση αυτή, εφαρμόζουμε την τεχνική παλινδρόμησης GLS, ώστε να αποφύγουμε το collinearity μεταξύ των TOT_CARS_{n-1} και του GDP_CAP99 . Χρησιμοποιούμε την μέθοδο Cochrane-Orcutt, χωρίς σταθερό όρο καθώς αυτός κρίνεται στατιστικά μη σημαντικός. Εφαρμόζοντας διαδοχικές παλινδρομήσεις, ώστε να εκτιμούμε κάθε φορά το TOT_CARS με βάση την εκτίμηση του προηγούμενου έτους, έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

$$\text{TOT_CARS} = 1.029 \text{TOT_CARS}_{n-1} + 0.0353 \square \text{GDP_CAP} - 0.00279 \square \text{INFL} \quad (4.11)$$

t-values: 2.989; 69.747; -2.476

Significance level: 99%, 99%, 98%

Rho: 0.344

Standard Error of Rho: 0.177

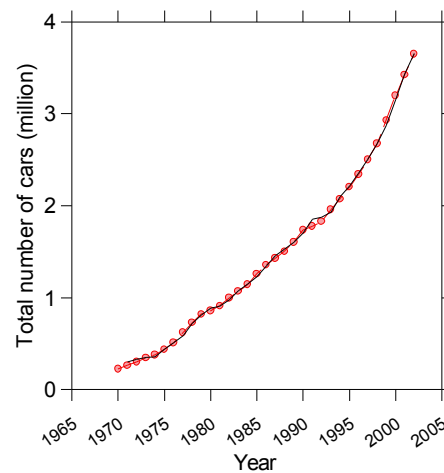
Durbin-Watson d statistic: 1.767

Std. Error of the Estimate: 0.02859

Adjusted R Square: 0.999

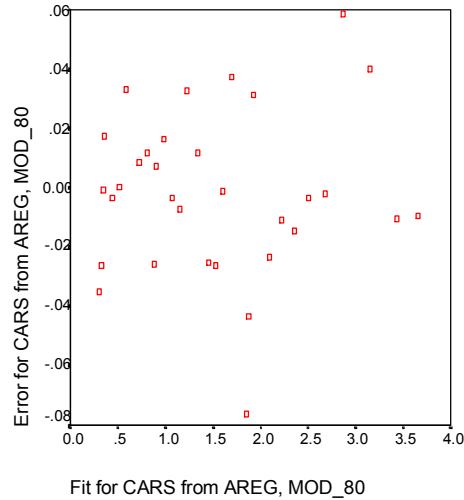
N=32

Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι φυσικό να παρουσιάζει απόλυτη προσαρμογή στα ιστορικά δεδομένα καθώς περιλαμβάνει lagged dependent variable. Με την τεχνική Cochrane-Orcutt, παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει autocorrelation. Τα πρόσημα των συντελεστών είναι σύμφωνα με τα αναμενόμενα, ενώ η σημαντικότητα τους είναι αποδεκτή σε επίπεδο 95%. Θεωρούμε ότι το μοντέλο αυτό μπορεί να δώσει αρκετά αξιόπιστες εκτιμήσεις, για βραχυπρόθεσμες περιόδους.



Σχήμα 4.60: Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου 4 στα ιστορικά δεδομένα (τα ιστορικά δεδομένα παρουσιάζονται με τελείες)

Στο σχήμα , παρατηρούμε ότι τα κατάλοιπα δεν παρουσιάζουν κάποιο μοτίβο που να υποδεικνύει ύπαρξη αυτοσυσχέτισης.



Σχήμα 4.61: Διασπορά καταλοίπων παλινδρόμησης μοντέλου 4

4.6.2 Στατιστική εκτίμηση αριθμού αυτοκινήτων που προστίθενται ετησίως στον υπάρχοντα στόλο (εκτίμηση ετήσιων διαφορών)

Στρέφοντας την προσοχή μας στην ετήσια επίδραση των επεξηγηματικών μεταβλητών, στα μοντέλα που αναπτύσσονται στη συνέχεια επιχειρείται εκτίμηση του αριθμού των αυτοκινήτων που προστίθενται κάθε χρόνο στον υπάρχοντα στόλο. Για το σκοπό αυτό, υπολογίζουμε την μεταβλητή CAR_DIF με αφαίρεση του συνολικού αριθμού αυτοκινήτων του έτους n (1970) από αυτόν του έτους $n+1$ (1971), στη συνέχεια του $n+1$ από το $n+2$ κλπ, μέχρι να φτάσουμε στο πιο πρόσφατο έτος για το οποίο διαθέτουμε δεδομένα για τον αριθμό των αυτοκινήτων. Χρησιμοποιώντας τις ετήσιες διαφορές σαν εξαρτημένη μεταβλητή, μπορούμε να ελέγξουμε την ερμηνευτική δυνατότητα των μεταβλητών που έχουμε επιλέξει ως ανεξάρτητες. Με την παραλλαγή αυτή, θεωρούμε ότι μας δίνεται καλύτερη δυνατότητα για προβλέψεις, την περίπτωση που έχουμε αξιόπιστες εκτιμήσεις για την εξέλιξη των ανεξάρτητων μεταβλητών. Οι αποκλίσεις του μοντέλου των διαφορών, θα είναι πολύ μικρότερες (σε απόλυτες τιμές) από τις αποκλίσεις των μοντέλων του συνολικού αριθμού του στόλου. Έτσι διακινδυνεύουμε λάθος εκτίμηση σε μικρότερες τιμές και επομένως περιορίζεται και η πιθανότητα πολύ μεγάλης απόκλισης, σε περίπτωση που κάνουμε αναγωγή σε συνολικά οχήματα.

Πιστεύουμε ότι οι εκτιμήσεις που προσφέρουν αυτού του είδους τα μοντέλα, μπορούν να συλλαμβάνουν με μεγάλη ακρίβεια τη τάση και όχι τις ακραίες ετήσιες

διακυμάνσεις που μπορεί να οφείλονται σε τυχαία ή απρόβλεπτα γεγονότα. Οι αποκλίσεις από τις πραγματικές τιμές (κατάλοιπα παλινδρόμησης) θα είναι προσθετικές, στην περίπτωση που επιχειρήσουμε μετατροπή των διαφορών σε συνολικό αριθμό αυτοκινήτων (με διαδοχική πρόσθεση των εκτιμώμενων ετήσιων διαφορών στον πραγματικό αριθμό αυτοκινήτων ενός έτους βάσης της επιλογής μας). Η μέθοδος που προτείνουμε για εκτίμηση των διαφορών, δεν εντοπίστηκε σε καμία από τις δημοσιεύσεις που επισκοπήσαμε. Αντί για αυτό, πολλοί ερευνητές προτιμούν μοντέλα που εκτιμούν την κατά κεφαλήν κυριότητα. Τέτοια μοντέλα θα αναπτύξουμε σε επόμενη ενότητα του παρόντος κεφαλαίου.

Για την ανάλυση χρησιμοποιούνται οι εξής τεχνικές:

- Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση
- Μοντέλα Generalised Least Squares (GLS) ή αλλιώς εφαρμογή αυτοπαλίνδρομων σχημάτων τύπου (AR1)

Στη συνέχεια αναφέρονται τα προτεινόμενα μοντέλα.

Μοντέλο 5

Στην πρώτη περίπτωση, δοκιμάζουμε να εισάγουμε σε μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, όλες τις μεταβλητές οι οποίες θεωρούνται από θεωρητικής απόψεως σημαντικές.

Αναμένουμε:

$$\text{CAR_DIF} = C + b_1 \square \text{UNEMPL} - b_2 \square \text{INFL} - b_3 \square \text{CAR_PRICE} - b_4 \square \text{GAS_PRICE} + b_5 \square \text{GDP_CAP99}$$

Η παλινδρόμηση μας έδωσε τα ακόλουθα αποτελέσματα:

$$\text{CAR_DIF} = 101.764 + 6.606 \text{ UNEMPL} - 5.808 \text{ INFL} - 6.237 \text{ CAR_PRICE} + 0.165 \text{ GAS_PR99} + 13.275 \text{ GDP_CAP99} \quad (4.12)$$

Standardized Coefficients: 0.349; -0.642; -0.139; 0.201; 0.071

t-values: 0.824; 1.785; -3.634; -0.945; 1.085; 0.402

Significance level: 58%, 91%, 99%, 64%, 71%, 31%

VIF (for the coefficients): 5.074; 4.146; 2.884; 4.532; 4.149

Durbin-Watson d statistic: 1.746

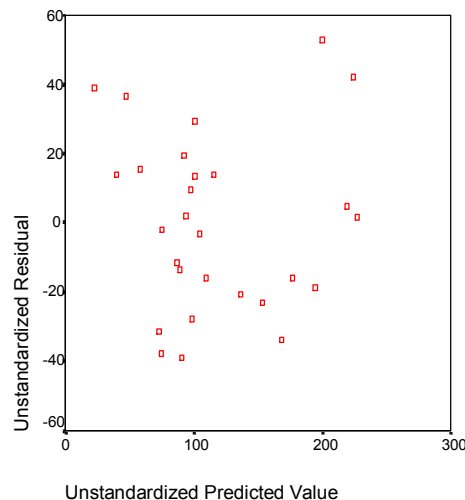
Std. Error of the Estimate: 28.2984

Adjusted R Square: 0.796

N=28

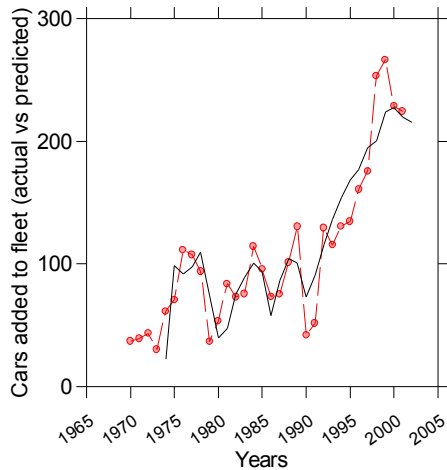
Η προσαρμογή του μοντέλου είναι ικανοποιητική (0.796), καθώς εστιάζουμε σε ετήσιες διακυμάνσεις. Το σημαντικότερο πρόβλημα του μοντέλου είναι ότι δεν είναι στατιστικά σημαντικές οι μεταβλητές CAR_PRICE, GAS_PRICE και GDP_CAP99 καθώς και ο σταθερός όρος, σε επίπεδο 95%. Δεν αντιμετωπίζουμε ιδιαίτερο πρόβλημα collinearity, όπως παρατηρούμε από τα VIF, ενώ το DW test έχει σχετικά υψηλή τιμή, γεγονός που φανερώνει ότι δεν υπάρχει πρόβλημα autocorrelation.

Απεικονίζοντας σε σχήμα τα κατάλοιπα της παλινδρόμησης, διαπιστώνουμε ότι είναι κατανομημένα με μη τυχαίο μοτίβο, γεγονός που ανατρέπει τα αποτελέσματα DW test.

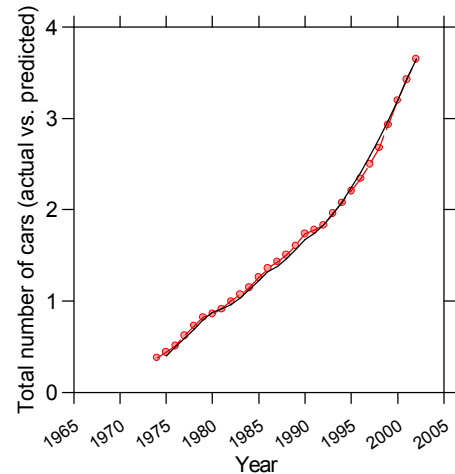


Σχήμα 4.62: Διασπορά καταλοίπων παλινδρόμησης μοντέλου 5

Στο Σχήμα , απεικονίζεται η προσαρμογή του μοντέλου στα ιστορικά δεδομένα. Τα έτη 1991-1993, παρουσιάζεται αιχμή που δεν μπορεί να τη συλλάβει απόλυτα το μοντέλο. Αυτό οφείλεται στην απόσυρση που υλοποιήθηκε εκείνη την περίοδο. Τα έτη 1999-1999 παρατηρείται ακόμα ένα peak που οφείλεται στην έντονη μείωση της τιμής των νέων αυτοκινήτων. Παρόλα αυτά, το μοντέλο μπορεί να ακολουθήσει με μεγάλη ακρίβεια τις ετήσιες διακυμάνσεις.



Σχήμα 4.63: Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου 5 στα ιστορικά δεδομένα (τα ιστορικά δεδομένα παρουσιάζονται με τελείες)



Σχήμα 4.64: Αναγωγή ετήσιων διαφορών σε συνολικό αριθμό οχημάτων

Μοντέλο 6

Επιθυμώντας βελτίωση της σημαντικότητας των μεταβλητών του μοντέλου 5, απομακρύνεται η μεταβλητή CAR_PRICE, καθώς είχε τη μικρότερη στατιστική σημαντικότητα. Η νέα μορφή θα είναι:

$$CAR_DIF = f(-INFL, +UNEMPL, +GDP_CAP99, -GAS_PR99)$$

Εφαρμόζοντας πολλαπλή παλινδρόμηση, έχω τα εξής αποτελέσματα:

$$CAR_DIF = C + b1 \square UNEMPL - b2 \square INFL + b3 \square GAS_PR99 + b4 \square GDP_CAP99$$

$$CAR_DIF = -173.439 + 7.158 \square UNEMPL - 4.589 \square INFL + 0.252 \square GAS_PR99 + 74.425 \square GDP_CAP99 \quad (4.13)$$

Standardized Coefficients: 0.379; -0.520; 0.290; 0.483

t-values: -3.387; 2.283; -4.467; 1.961; 3.593

Significance level: 99%, 97%, 99%, 94%, 99%

VIF (for the coefficients): 4.180; 2.054; 3.331; 2.743

Durbin-Watson d statistic: 1.593

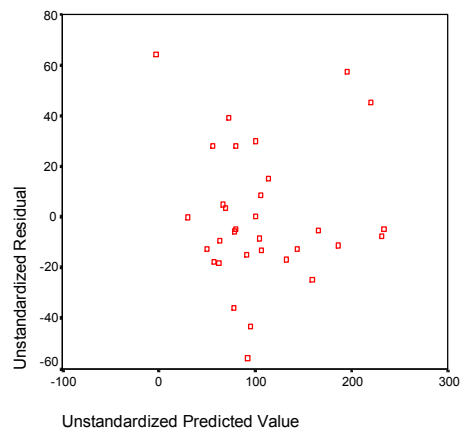
Std. Error of the Estimate: 29.0724

Adjusted R Square: 0.796

N=32

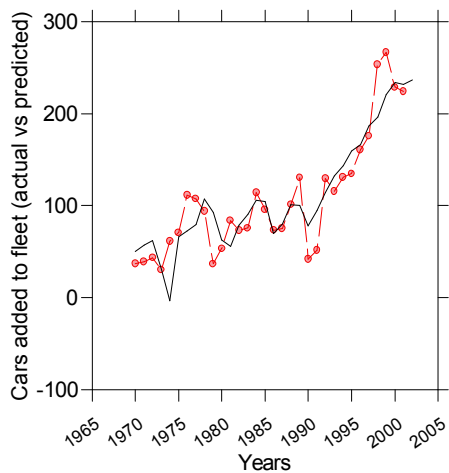
Διαπιστώνουμε ότι όλοι οι συντελεστές είναι στατιστικά σημαντικοί σε επίπεδο 94% και άνω, ενώ δεν υπάρχει πρόβλημα multicollinearity και autocorellation. Παράλληλα έχει ανεβεί το N, καθώς διαθέτουμε δεδομένα για 32 έτη, για τον συγκεκριμένο συνδυασμό ανεξάρτητων μεταβλητών.

Στο Σχήμα 4.65, φαίνεται ότι τα κατάλοιπα δεν παρουσιάζουν κάποιο συγκεκριμένο μοτίβο που να υποδεικνύει σειριακή αυτοσυσχέτιση.



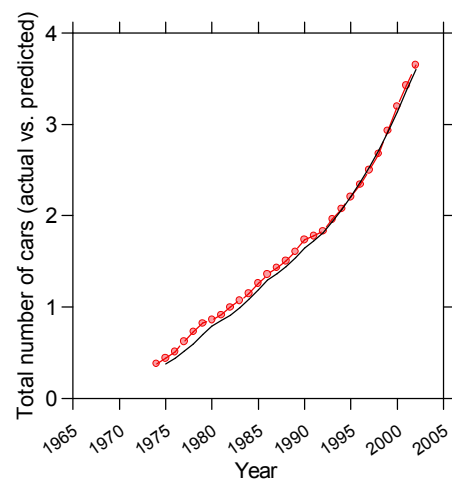
Σχήμα 4.65: Διασπορά καταλοίπων παλινδρόμησης μοντέλου 6

Όπως διαπιστώνουμε στο Σχήμα, η προσαρμογή του μοντέλου έχει διατηρηθεί στο ίδιο επίπεδο με το μοντέλο 5, παρά την απομάκρυνση του CAR_PRICE.



Σχήμα 4.66: Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου 6 στα ιστορικά δεδομένα (τα ιστορικά δεδομένα παρουσιάζονται με τελείες)

v αναλι



Σχήμα 4.67: Αναγωγή ετήσιων διαφορών σε συνολικό αριθμό οχημάτων

Στην κατηγορία αυτή, εκτιμάται η ετήσια μεταβολή των αυτοκινήτων ως προς τον πληθυσμό. Συγκεκριμένα η εξαρτημένη μεταβλητή είναι το μέγεθος αυτοκίνητα ανά 1000 άτομα (την αναφέρουμε ως CAR_CAP). Σε αυτά τα μοντέλα μπορούμε πλέον να εισάγουμε τον πληθυσμό σαν ανεξάρτητη μεταβλητή, καθώς η εκτίμηση της κατά κεφαλήν αναλογίας μετριάζει την ισχυρή επίδραση του πληθυσμού, η οποία δημιουργούσε πρόβλημα στα μοντέλα εκτίμησης του συνολικού αριθμού των αυτοκινήτων (μοντέλα 1-4).

Μοντέλο 7

Προτείνουμε το παρακάτω θεωρητικό σχήμα:

$$CAR_CAP=f(+POPMV, +PCT_URB, -CAR_PR99,- GAS_PR99, -INFL)$$

Όπου,

CAR_CAP	η κυριότητα αυτοκινήτων ανά 1000 άτομα
POPMV	Συνολικός πληθυσμός χώρας (10 ⁶ άτομα)
PCT_URB	Ποσοστό αστικού πληθυσμού (%)
CAR_PR99	τιμή αυτοκινήτου σε σταθερές τιμές 1999 (10 ⁶ δρχ.)
GAS_PR99	τιμή βενζίνης σε σταθερές τιμές 1999 (δρχ.)
INFL	Πληθωρισμός (%)

Εφαρμόζουμε πολλαπλή παλινδρόμηση με μέθοδο GLS και τεχνική Cochrane-Orcutt, για να αποφύγουμε το collinearity μεταξύ του πληθυσμού, του ΑΕΠ και της τιμής αυτοκινήτου.

Η παλινδρόμηση μας έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα:

$$CAR_CAP = -4621.99 + 19.744 POPMV + 7843.366 PCT_URB -4.745 CAR_PR99 -0.0226 GAS_PR99 - 0.421 INFL \quad (4.14)$$

t-values: -7.746; 0.672; 5.360; -2.041; -0.591; -1.415

Significance level: 99%, 50%, 99%, 95%, 44%, 83%

Rho: 0.7602

Standard Error of Rho: 0.1385

Durbin-Watson d statistic: 0.97

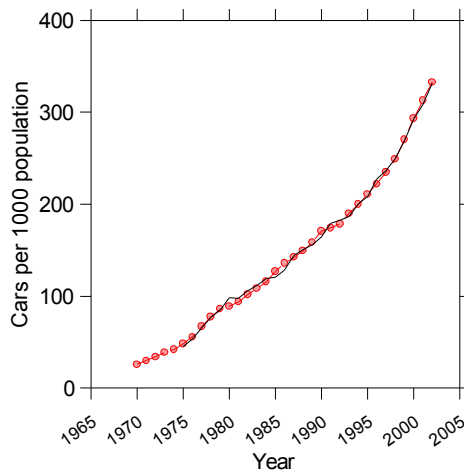
Std. Error of the Estimate: 4.468

Adjusted R Square: 0.959

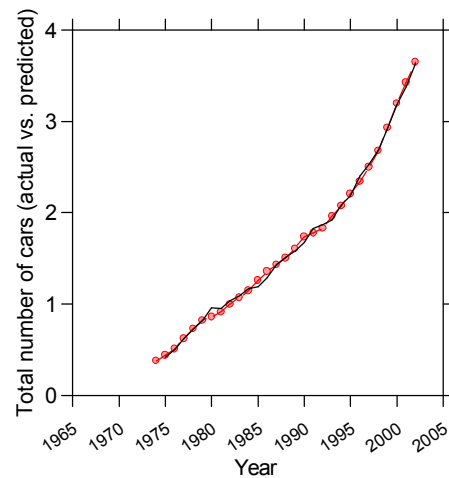
N=29

Παρατηρούμε ότι τα πρόσημα για όλους τους συντελεστές συμφωνούν με τα θεωρητικά αναμενόμενα. Εντούτοις το επίπεδο σημαντικότητας του POPMV, GAS_PR και INFL δεν είναι υψηλό. Αποφασίζω να χρησιμοποιήσω τις μεταβλητές, καθώς η παράλειψή τους περιορίζει σημαντικά την προσαρμογή του μοντέλου. Επιπλέον, η τεχνική GLS μου εξασφαλίζει την αποφυγή του correlation.

Στο Σχήμα , απεικονίζεται η προσαρμογή του μοντέλου στα ιστορικά δεδομένα. Το μοντέλο αυτό μας δίνει τη βέλτιστη προσαρμογή, σε σχέση με όλα τα μοντέλα που εξετάσαμε.

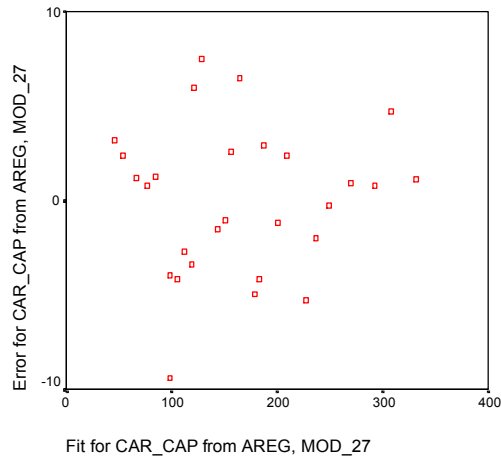


Σχήμα 4.68: Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου 7 στα ιστορικά δεδομένα (τα ιστορικά δεδομένα παρουσιάζονται με τελείες)



Σχήμα 4.69: Αναγωγή κατά κεφαλήν κυριότητας, σε συνολικό αριθμό οχημάτων

Το διάγραμμα διασποράς των καταλοίπων, δεν μας οδηγεί στη διαπίστωση autocorellation.



Σχήμα 4.70: Διασπορά καταλοίπων
παλινδρόμησης μοντέλου 7

Μοντέλο 8

Απομακρύνουμε τις στατιστικά μη σημαντικές μεταβλητές του μοντέλου 9. Θα έχουμε την εξής μορφή:

$$\text{CAR_CAP} = f(+\text{PCT_URB}, -\text{CAR_PR99}, -\text{INFL})$$

Η μέθοδος GLS με Cochrane-Orcutt μας δίνει τα εξής αποτελέσματα:

$$\text{CAR_CAP} = -4923.902 + 8713.98 \text{ PCT_UTB} - 5.017 \text{ CAR_PR99} - 0.5796 \text{ INFL} \quad (4.15)$$

t-values: -16.618; 17.845; -2.535; -2.310

Significance level: 99%, 99%, 98%, 97%

Rho: 0.7495

Standard Error of Rho: 0.1351

Durbin-Watson d statistic: 0.97

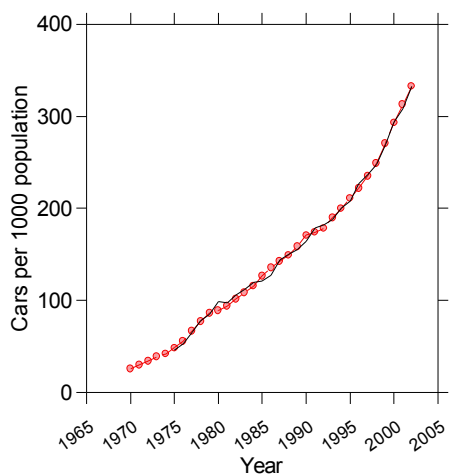
Std. Error of the Estimate: 4.411

Adjusted R Square: 0.968

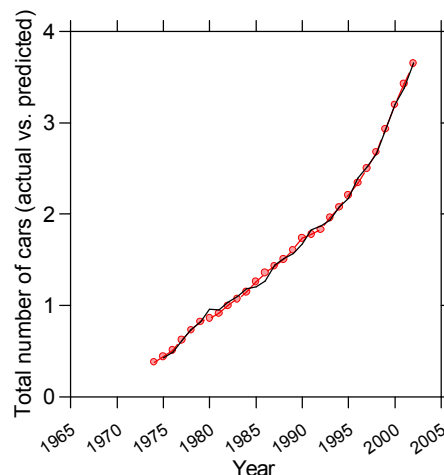
N=29

Παρατηρούμε ότι βελτιώθηκε ελαφρά η προσαρμογή, ενώ όλες οι μεταβλητές είναι σημαντικές σε επίπεδο 95%. Το μοντέλο εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από το

ποσοστό αστικοποίησης (μεταβλητή PCT_URB), γεγονός που δεν μας επιτρέπει να επιχειρήσουμε μακροπρόθεσμες προβλέψεις αν δεν έχουμε πολύ έγκυρες εκτιμήσεις για την εξέλιξη της συγκεκριμένης μεταβλητής.

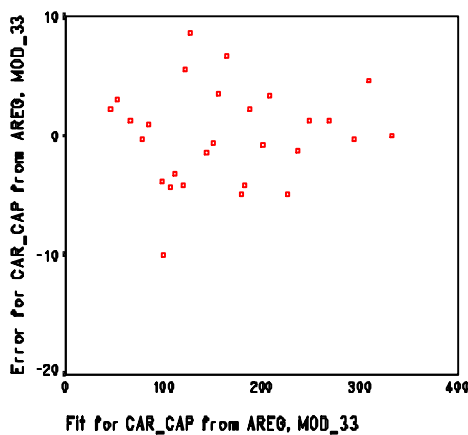


Σχήμα 4.71: Έλεγχος προσαρμογής μοντέλου 8 στα ιστορικά δεδομένα (τα ιστορικά δεδομένα παρουσιάζονται με τελείες)



Σχήμα 4.72: Αναγωγή κατά κεφαλήν κυριότητας, σε συνολικό αριθμό οχημάτων

Δεν παρουσιάζεται πρόβλημα αυτοσυσχέτισης των σφαλμάτων, όπως μπορούμε να δούμε στο σχήμα



Σχήμα 4.73: Διασπορά καταλοίπων παλινδρόμησης μοντέλου 8

Παρατηρούμε ότι το μοντέλο 8 προσφέρει την καλύτερη δυνατότητα εκτίμησης της ιδιοκτησίας ΙΧ αυτοκινήτων.

4.6.4. Στατιστική εκτίμηση του μεταφορικού έργου

Ο μεταφορικός όγκος, μετρούμενος σε επιβατοχιλιόμετρα (pkm), εξαρτάται άμεσα από τον αριθμό των επιβατικών οχημάτων και τον συντελεστή πλήρωσης των οχημάτων, όπως εντοπίσαμε σε πολλές δημοσιεύσεις στην επισκόπηση. Επιπλέον, ιδιαίτερη βαρύτητα έχει η εξέλιξη του μεταφορικού όγκου με τα υπόλοιπα εναλλακτικά οδικά μέσα μετακίνησης: τα λεωφορεία και τις μοτοσικλέτες. Έχοντας στη διάθεση μας δεδομένα για τα προαναφερόμενα μεγέθη, προτείνουμε το εξής μοντέλο.

$$\text{PKM_CARS} = C + b_1 \square \text{CAR_CAP} + b_2 \square \text{VEH_OCCP} - b_3 \square \text{PKM_MOTO} + b_4 \square \text{PKM_BUS} - b_5 \square \text{GAS_PR99}$$

$$\text{PKM_CARS} = -26.570 + 0.271 \square \text{CAR_CAP} + 4.978 \square \text{VEH_OCCP} - 0.00665 \square \text{PKM_MOTO} + 0.01527 \square \text{PKM_BUS} - 0.01140 \square \text{GAS_PR99} \quad (4.16)$$

Standardized Coefficients: 1.086; 0.145; -0.188; 0.207; -0.045

t-values: -9.230; 21.912; 9.917; 7.527; 7.315; -4.720

Significance level: 99%, 99%, 99%, 99%, 99%, 99%

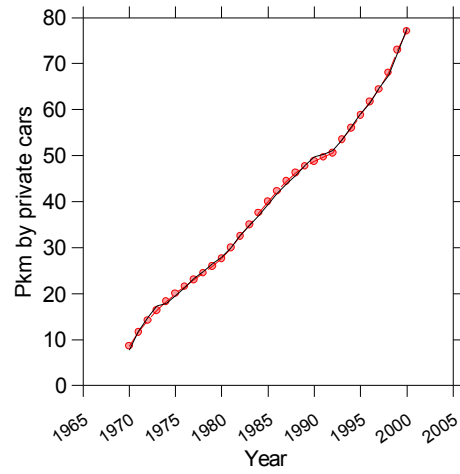
VIF (for the coefficients): 86.234; 7.504; 21.974; 28.167; 3.158

Durbin-Watson d statistic: 1.129

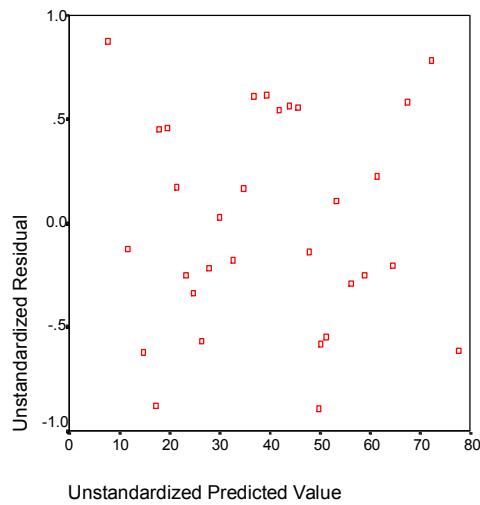
Std. Error of the Estimate: 0.5547

Adjusted R Square: 0.999

N= 31



Σχήμα 4.74: Έλεγχος προσαρμογής στα ιστορικά δεδομένα (τα ιστορικά δεδομένα παρουσιάζονται με τελείες)



Σχήμα 4.75: Διάγραμμα διασποράς καταλοίπων παλινδρόμησης

4.7 Προβλέψεις

Αρχικά, γίνεται πρόβλεψη των ανεξάρτητων μεταβλητών, με χρήση αναμενόμενων σεναρίων εξέλιξης καθώς και τεχνικής ARIMA (Box et. al, 1994). Στη συνέχεια εφαρμόζονται τα καλύτερα μοντέλα της προηγούμενης ενότητας, για εκτίμηση του συνολικού αριθμού επιβατικών οχημάτων. Με βάση την εκτίμηση, υπολογίζεται η κατανάλωση καυσίμου και οι εκπομπές άνθρακα, ως αποτέλεσμα της αύξησης του στόλου των οχημάτων.

Ως χρονικό ορίζοντα των προβλέψεων επιλέγουμε το έτος 2010. Το έτος αυτό έχει οριστεί σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο ως η ημερομηνία εξέτασης των δεσμεύσεων που έχουν αναληφθεί από τις χώρες που το έχουν επικυρώσει. Θεωρούμε σημαντικό να εξετάσουμε την εξέλιξη των εκπομπών του μεταφορικού τομέα, καθώς σε αυτόν οφείλεται σημαντικό μέρος των συνολικών εκπομπών CO₂. Υπενθυμίζουμε ότι η Ελλάδα, με καταληκτική ημερομηνία το 2010, έχει δικαίωμα αύξησης των συνολικών εκπομπών CO₂ μέχρι 25% σε σχέση με το 1990. Επιπλέον για την επιλεγόμενη περίοδο πρόβλεψης των 8 ετών (2002-2010), μπορούμε με σχετική ασφάλεια να θεωρήσουμε ότι δεν θα συμβούν σημαντικές αλλαγές στα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά, στις μεταφορικές υποδομές και στις μεταφορικές συνήθειες.

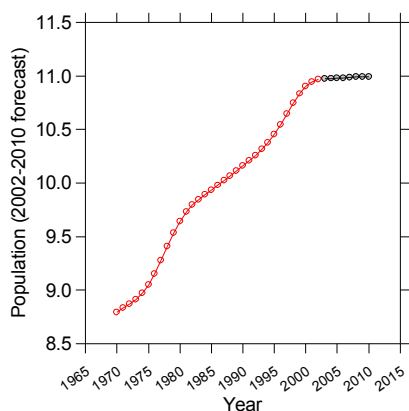
4.7.1 Πρόβλεψη ανεξάρτητων μεταβλητών

Για να επιχειρήσουμε πρόβλεψη της ιδιοκτησίας ΙΧ αυτοκινήτων, θα πρέπει πρώτα να προβλεφθούν οι τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών για την περίοδο αναφοράς (μέχρι το 2010). Οι μεταβλητές που τελικά χρησιμοποιούνται στα προτεινόμενα μοντέλα είναι οι εξής:

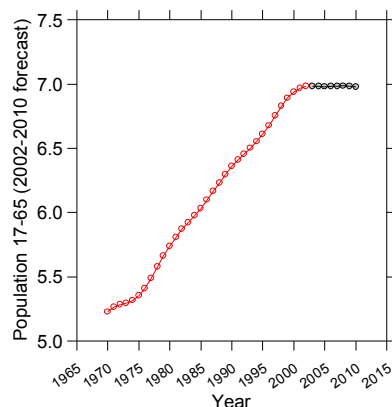
POP _{MV}	Πληθυσμός
POP ₁₇₆₅	Πληθυσμός 17-65 ετών
POP_URB	Αστικός πληθυσμός
GDP ₉₉	ΑΕΠ σε τιμές του 1999
INFL	Πληθωρισμός
UNEMPL	Ανεργία
CARPRICE	Τιμή αυτοκινήτου σε τιμές 1999
GASPRICE	Τιμή βενζίνης σε τρέχουσες τιμές
GASPR_99	Τιμή βενζίνης σε σταθερές τιμές του 1999
GRD2USD	Ισοτιμία δραχμής-δολαρίου σε τρέχουσες τιμές
POP ₆₅₁₇	Πληθυσμός άνω των 65 και κάτω των 17
PCT_UTB	Ποσοστό πληθυσμού που κατοικεί στις πόλεις (% του συνόλου)
GDPCAP ₉₉	Κατά κεφαλήν ΑΕΠ σε σταθερές τιμές του 1999

Σε όλες τις εκτιμήσεις όπως κάναμε και στην κατάστρωση των μοντέλων, χρησιμοποιούμε τη δραχμή σαν νομισματική μονάδα, καθώς δεν διαθέτουμε αντιστοιχίες ώστε να μετατρέψουμε τα ιστορικά δεδομένα σε ευρώ (το εθνικό νόμισμα από το 2002). Η ισοτιμία δραχμής-ευρώ έχει καθοριστεί στις 340.75 δρχ/Euro.

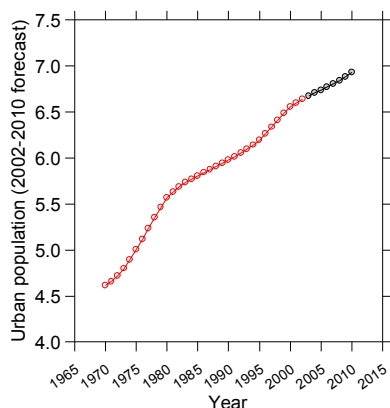
Για τον πληθυσμό, χρησιμοποιούμε τις προβλέψεις των United Nations (2004), σύμφωνα με το σενάριο μέσου ρυθμού αύξησης (constant variant). Το σενάριο αυτό είναι κατάλληλο για χώρες με φθίνοντα ρυθμό γεννήσεων κατά την περίοδο 1995-2000, με αναλογία 2.1 παιδιά ανά γυναίκα. Θεωρούμε ότι για την Ελλάδα είναι το καταλληλότερο σενάριο εκτίμησης του πληθυσμού, καθώς οι γεννήσεις ακολουθούν όντως καθοδική πορεία από το 1995 και μετά. Με βάση το ίδιο σενάριο, μπορούμε να υπολογίσουμε από τα δεδομένα των United Nations, τον πληθυσμό 17-65 ετών καθώς και τον αστικό πληθυσμό. Στη συνέχεια, εκφράζουμε τον αστικό πληθυσμό σαν ποσοστό επί του συνολικού πληθυσμού.



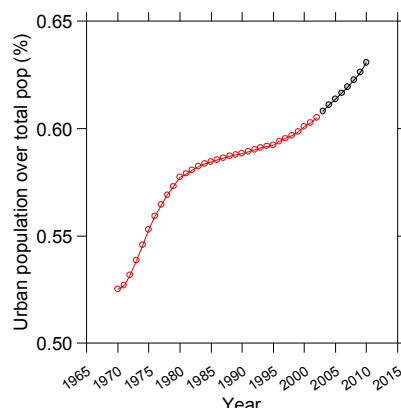
Πληθυσμός
(UN)



Πληθυσμός 16-65 ετών
(UN)



Αστικός πληθυσμός
(UN)

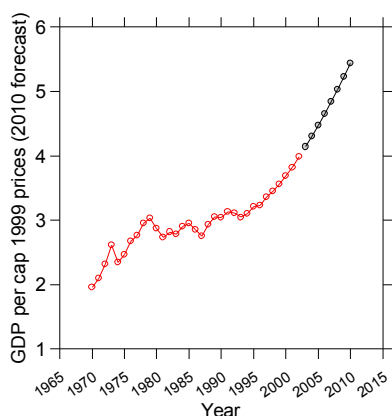


Αστικός πληθυσμός σαν ποσοστό
επί του συνολικού πληθυσμού

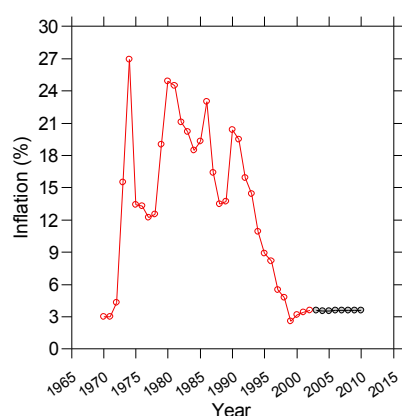
Πίνακας 4.16: Εκτίμηση εξέλιξης πληθυσμού, σύμφωνα με τον UN

Έτος	Πληθυσμός	Πληθυσμός 17-76 ετών	Αστικός πληθυσμός	Ποσοστό αστικού πληθυσμού
2003	10.976	6.985	6.674	60.80%
2004	10.977	6.982	6.707	61.10%
2005	10.978	6.980	6.739	61.39%
2006	10.982	6.982	6.771	61.66%
2007	10.987	6.984	6.805	61.94%
2008	10.991	6.985	6.842	62.25%
2009	10.993	6.983	6.884	62.62%
2010	10.992	6.976	6.932	63.06%

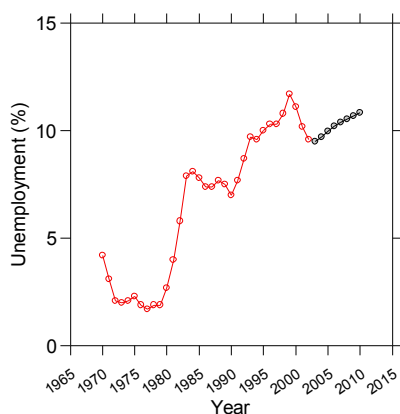
Για το ΑΕΠ, χρησιμοποιείται η πρόβλεψη της Ε.Ε σύμφωνα με την οποία ο ρυθμός αύξησης θα είναι 4% ετησίως, για την περίοδο 2000-2010. Ο πληθωρισμός εκτιμάται με μοντέλο ARIMA (0,1,0) θεωρώντας ότι θα παραμείνει σχεδόν στα επίπεδά του 2002, το οποίο είναι αναμενόμενο λόγω πίεσης από την Ε.Ε. Η ανεργία εκτιμάται με μοντέλο ARIMA (2,1,0), θεωρώντας ότι η εξέλιξη εξαρτάται από την παρελθούσα συμπεριφορά της καμπύλης. Παρατηρούμε ότι η ανεργία αναμένεται να αυξηθεί, γεγονός το οποίο σχετίζεται με την προσπάθεια σταθεροποίησης του πληθωρισμού. Η ισοτιμία δραχμής-δολαρίου, θεωρείται ότι θα παραμείνει σταθερή στα επίπεδα του 2003 (1 Euro ή 340.75 δρχ. = 1.20 δολάρια) και η αύξηση που παρατηρείται οφείλεται στην προσαρμογή σε τρέχουσες τιμές, με βάση τον πληθωρισμό.



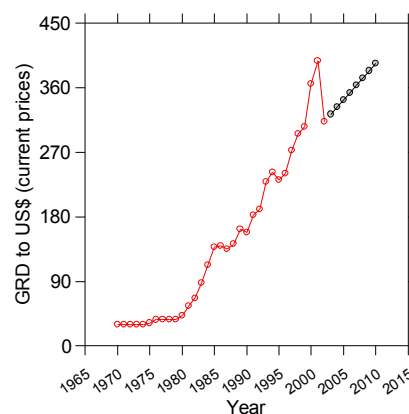
Κατά κεφαλήν ΑΕΠ σε τιμές 1999 (Eurostat)



Πληθωρισμός % (ARIMA 0,1,0)



Ανεργία %
(ARIMA 2,1,0)

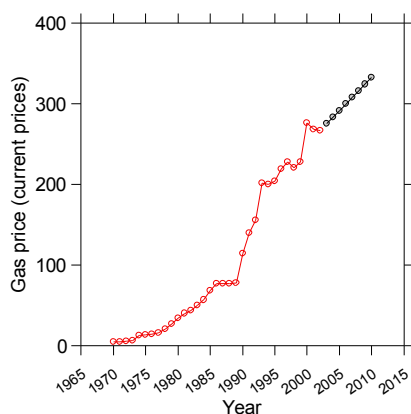


Ισοτιμία δρχ-USD
(ARIMA 2,1,0)

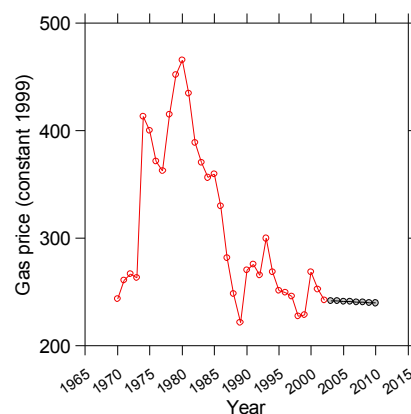
Πίνακας 4.17: Εκτίμηση εξέλιξης ΑΕΠ, Πληθωρισμού, ανεργίας και ισοτιμίας δρχ/USD.

Έτος	Κατά κεφαλήν ΑΕΠ σε τιμές 1999 (εκ.δρχ)	Πληθωρισμός (%)	Ανεργία (%)	Ισοτιμία Δολαρίου-Δραχμής (δρχ.)
2003	4.1403	3.576	9.504	323.13
2004	4.3055	3.532	9.709	333.16
2005	4.4773	3.543	9.989	343.22
2006	4.6547	3.564	10.228	353.34
2007	4.8387	3.572	10.409	363.49
2008	5.0304	3.577	10.558	373.64
2009	5.2307	3.584	10.701	383.82
2010	5.4404	3.593	10.849	394.02

Η τιμή της βενζίνης σε σταθερές τιμές του έτους 1999, εκτιμάται με χρήση μοντέλου ARIMA (1,1,0). Θεωρούμε, ότι η τιμή θα παραμείνει σχεδόν σταθερή στα επίπεδα του 2000, για την περίοδο της ανάλυσης. Η ίδια υπόθεση έχει γίνει αποδεκτή και στην πρόβλεψη των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, του ΥΠΕΧΩΔΕ (2002). Στη συνέχεια, κάνουμε μετατροπή σε τρέχουσες τιμές, με βάση τον δείκτη τιμών καταναλωτή, τον οποίο έχουμε υπολογίσει από την εκτίμηση του πληθωρισμού.

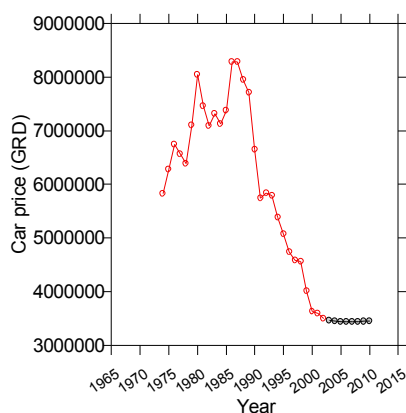


Τιμή βενζίνης σε τρέχουσες τιμές
(ARIMA 1,1,0)



Τιμή βενζίνης σε σταθερές τιμές 1999

Η τιμή του αυτοκινήτου (σε σταθερές τιμές 1999), για την οποία χρησιμοποιήσαμε τα στοιχεία της ΕΣΥΕ (2003), θεωρούμε ότι θα παραμείνει στα επίπεδα του 1999.



Εξέλιξη τιμής αυτοκινήτου σε τιμές 1999
(Σταθερή)

Πίνακας 4.18: Εκτίμηση εξέλιξης τιμής βενζίνης και αυτοκινήτου

Έτος	Τιμή βενζίνης τρέχουσες τιμές (δρχ.)	Τιμή βενζίνης σταθερές τιμές 1999 (δρχ.)	Τιμή αυτοκινήτου σε σταθερές τιμές 1999 (εκ.δρχ)
2003	275.34	241.96	3.464
2004	283.54	241.66	3.449
2005	291.74	241.36	3.444
2006	299.94	241.04	3.442
2007	308.13	240.72	3.442
2008	316.33	240.40	3.443
2009	324.53	240.09	3.445
2010	332.73	239.79	3.446

4.7.2 Πρόβλεψη ιδιοκτησίας ΙΧ αυτοκινήτων

Πρόβλεψη αριθμού αυτοκινήτων για το 2010, με όλα τα μοντέλα

Χρησιμοποιούνται τα μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί για εκτίμηση του αριθμού αυτοκινήτων για το 2010, σύμφωνα με την αναμενόμενη εξέλιξη των ανεξάρτητων μεταβλητών. Στον Πίνακα 4.19 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα. Διαπιστώνεται ότι το μοντέλο 1 για το οποίο είχε χρησιμοποιηθεί ο πληθυσμός σαν επεξηγηματική μεταβλητή (ο οποίος όπως τονίσαμε προηγουμένως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία μόνο στα μοντέλα κατά κεφαλήν κυριότητας που παρουσιάζουμε στην παράγραφο 4.6.3), οδηγεί σε υποεκτίμηση. Αυτό συμβαίνει διότι ο πληθυσμός της Ελλάδας, παρουσιάζει τάσεις σταθεροποίησης, από το 2005 και έπειτα ενώ μετά το 2009 παρουσιάζει μείωση, σύμφωνα με το σενάριο του μέσου ρυθμού γεννήσεων, του United Nations (2003). Οι εκτιμήσεις των υπόλοιπων μοντέλων συγκλίνουν, με μέση τιμή (μοντέλο 2 έως 8) τα 5.8 εκ. αυτοκίνητα το 2010, από 3.6 εκ. το 2002. Η συνολική αναμενόμενη αύξηση του στόλου για την περίοδο 2002-2010 εκτιμήθηκε στο 60%, με μέση ετήσια αύξηση 7.6%. Αποτελεσματικότερο από άποψης δυνατότητας πρόβλεψης κρίνεται το μοντέλο 8.

Πίνακας 4.19: Εκτίμηση συνολικού αριθμού ΙΧ αυτοκινήτων για την Ελλάδα, έτους 2010. Οι εκτιμήσεις των καλύτερων μοντέλων παρουσιάζονται με έντονη γραμματοσειρά.

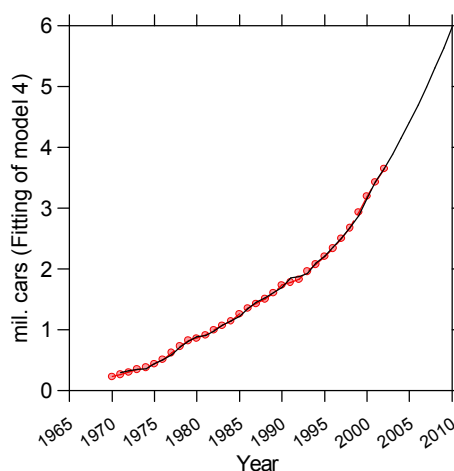
A/A Μοντέλου	Εκτιμώμενος αριθμός αυτοκινήτων το 2010 (mil.)
1	4.079
2	5.581
3	5.969
4	5.981
5	5.462
6	5.922
7	5.827
8	6.069

Ακολούθως, παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις των 3 καλύτερων μοντέλων (το καλύτερο από κάθε κατηγορία που αναπτύξαμε), από άποψης εκπλήρωσης των τιθέμενων στατιστικών κριτηρίων.

Εφαρμογή βέλτιστου μοντέλου συνολικού αριθμού αυτοκινήτων

Μοντέλο 4

YEAR	ESTIMATED CAR FLEET	LLC 95%	ULC 95%
2003	3.888	3.615	4.131
2004	4.142	3.834	4.447
2005	4.411	4.057	4.778
2006	4.694	4.284	5.123
2007	4.992	4.519	5.482
2008	5.305	4.762	5.856
2009	5.634	5.014	6.248
2010	5.981	5.278	6.660

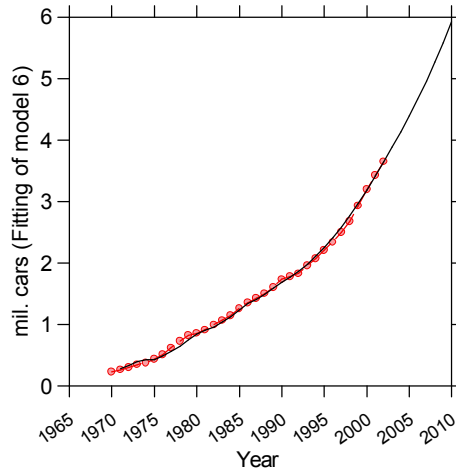


Πρόβλεψη με εφαρμογή μοντέλου 4
(συνολικός αριθμός αυτοκινήτων)

Εφαρμογή βέλτιστου μοντέλου εκτίμησης ετήσιων διαφορών

Μοντέλο 6

YEAR	FORECASTED CARS ADDED TO FLEET (thousand)	LLC 95%	ULC 95%	CALCULATED CAR FLEET
2003	236.306	199.347	273.265	3.884
2004	247.315	204.113	290.517	4.131
2005	261.217	212.435	310.000	4.393
2006	275.884	221.457	330.311	4.669
2007	290.619	230.076	351.162	4.959
2008	305.495	238.270	372.721	5.265
2009	320.737	246.325	395.150	5.585
2010	336.556	254.529	418.583	5.922

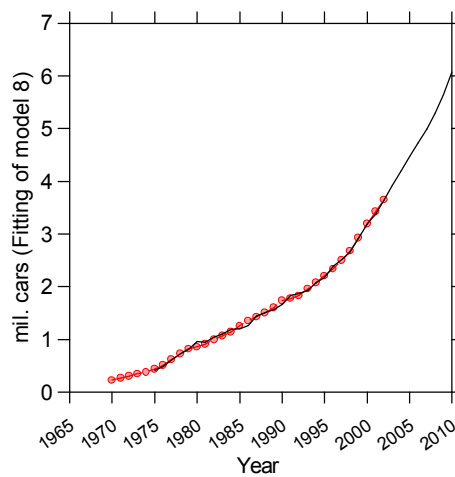


Πρόβλεψη με εφαρμογή μοντέλου 6
(ετήσιες διαφορές)

Εφαρμογή βέλτιστου μοντέλου κατά κεφαλήν κυριότητας αυτοκινήτων

Μοντέλο 8

YEAR	FORECASTED CARS PER 1000 POPULATION	LLC 95%	ULC 95%	CALCULATED CAR FLEET
2003	357.4	333.1487	376.4709	3.923
2004	382.7	347.8332	407.0276	4.201
2005	407.1	361.8952	436.7706	4.469
2006	430.4	375.3926	465.1853	4.726
2007	454.6	389.4538	494.8458	4.995
2008	481.9	405.1276	528.4122	5.296
2009	513.8	423.2351	567.9587	5.649
2010	552.2	444.6052	615.5915	6.069



Πρόβλεψη με εφαρμογή μοντέλου 8
(κατά κεφαλήν κυριότητα)

4.8 Εκτίμηση κατανάλωσης καυσίμου και εκπομπών CO₂

Αρχικά, εφαρμόζεται μετατροπή από κιλά σε λίτρα, στα ιστορικά δεδομένα συνολικής κατανάλωσης καυσίμου για οδικές μετακινήσεις. Σύμφωνα με το Environment Canada (2003), η πυκνότητα της βενζίνης ισούται με 0.734 kg/L και του πετρελαίου με 0.846 kg/L. Εφαρμόζουμε την παραπάνω μετατροπή μονάδων, στα δεδομένα συνολικής κατανάλωσης καυσίμων της Ελλάδας, για τα έτη 1980-2001, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 4.20: Κατανάλωση πετρελαιοειδών για οδικές μετακινήσεις, Ελλάδα 1980-2001, σε 10³ λίτρα, (Υπουργείο Ανάπτυξης, 2003).

ETH	UNLEADED	LEADED	DIESEL
1980	0,0	1.807.901,9	1.047.281,3
1981	0,0	1.899.182,6	1.014.184,4
1982	0,0	1.989.100,8	1.065.011,8
1983	0,0	2.064.032,7	1.273.049,6
1984	0,0	2.202.997,3	1.373.522,5
1985	0,0	2.365.122,6	1.418.439,7
1986	0,0	2.480.926,4	1.523.640,7
1987	0,0	2.653.951,0	1.542.553,2
1988	0,0	2.843.324,3	1.566.193,9
1989	0,0	3.099.455,0	1.585.106,4
1990	0,0	3.232.970,0	1.609.929,1
1991	318.801,1	3.014.986,4	1.830.969,3
1992	591.280,7	2.858.310,6	1.840.425,5
1993	828.337,9	2.705.722,1	1.877.068,6
1994	1.012.261,6	2.591.280,7	1.892.435,0
1995	1.216.621,3	2.494.550,4	1.962.174,9
1996	1.508.174,4	2.429.155,3	2.022.458,6
1997	1.767.030,0	2.299.727,5	2.047.281,3
1998	2.065.395,1	2.166.212,5	2.187.943,3
1999	2.366.485,0	1.945.504,1	2.231.678,5
2000	2.795.640,3	1.604.904,6	2.234.042,6
2001	3.182.561,3	1.362.397,8	2.239.952,7

Όπως αναφέρεται από το Australian Greenhouse Office, (2002), η καύση ενός λίτρου βενζίνης από επιβατικά οχήματα (η μολυβδούχος και αμόλυβδη θεωρούνται το ίδιο από άποψης περιεκτικότητας άνθρακα), οδηγεί σε έκλυση 2257 gr CO₂ και 1 λίτρου diesel σε 2690gr CO₂. Η ίδια αντιστοιχία χρησιμοποιείται και στους υπολογισμούς του Συνδέσμου Εισαγωγέων Αντιπροσώπων Αυτοκινήτων, (2002). Αυτή η αντιστοιχία προέκυψε από εργαστηριακές μετρήσεις, σε διάφορες ταχύτητες και

θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Εάν για ένα οποιοδήποτε όχημα, γνωρίζουμε την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές CO₂ ανά διανυόμενο χιλιόμετρο, μπορούμε να υπολογίσουμε την ποσότητα CO₂ που αυτό θα απελευθερώσει από την καύση ενός λίτρου καυσίμου, με εφαρμογή του παρακάτω τύπου:

$$EF = \frac{SFC(L/100km)}{SCO_2(gr/km)} \times 100$$

Όπου:

EF: Ο συντελεστής εκπομπών CO₂ ανά λίτρο καυσίμου

SFC: Η ειδική κατανάλωση καυσίμου του εκάστοτε εξεταζόμενου μοντέλου αυτοκινήτου

SCO₂: Η ειδικές εκπομπές CO₂ του εκάστοτε εξεταζόμενου μοντέλου

Εφαρμόζοντας τον παραπάνω τύπο σε αρκετά μοντέλα αυτοκινήτου διαφόρων κατηγοριών και κυβισμού (τα οποία διαθέτουμε στον οδηγό του Συνδέσμου Εισαγωγέων Αντιπροσώπων Αυτοκινήτων, 2002), υπολογίσαμε ότι η μέση έκλυση CO₂ από τα βενζινοκίνητα οχήματα της Ελλάδας κυμαίνεται στα 2400 gr CO₂/l, με απόκλιση μικρότερη του 2% μεταξύ των διαφόρων μοντέλων, η οποία εξηγείται από τα εκάστοτε τεχνικά χαρακτηριστικά των εξεταζόμενων οχημάτων.

Πολλαπλασιάζοντας τη συνολική ποσότητα καυσίμου που καταναλώθηκε στην Ελλάδα για οδικές μετακινήσεις, με τον συντελεστή εκπομπών του κάθε τύπου καυσίμου, για τους δύο τύπους καυσίμου (βενζίνη και diesel), υπολογίζεται η έκλυση CO₂ από τις οδικές μεταφορές. Στη συνέχεια παραθέτουμε σε πίνακα τις εκπομπές από τις οδικές μεταφορές σε σχέση με το σύνολο εκπομπών του τομέα των μεταφορών (στις συνολικές εκπομπές, περιλαμβάνονται εκτός από τις οδικές, οι αέριες, θαλάσσιες κτλ. Τα δεδομένα συνολικών εκπομπών του τομέα των μεταφορών, βρέθηκαν στη μελέτη του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, 2002).

Πίνακας 4.21: Υπολογισμός του ποσοστού συμμετοχής των οδικών μεταφορών στις συνολικές εκπομπές CO₂ του μεταφορικού τομέα, με εφαρμογή συντελεστών εκπομπών CO₂ ανά λίτρο καυσίμου που καταναλώνεται.

Έτος	Συνολικές εκπομπές τομέα μεταφορών (kt CO ₂)	Εκπομπές από οδικές μεταφορές (kt CO ₂)	Ποσοστό οδικών εκπομπών σε σχέση με το σύνολο του τομέα (%)
1990	18.039,11	12.089,84	67,0%
1991	19.050,76	12.926,40	67,9%
1992	19.250,58	13.229,76	68,7%
1993	19.402,60	13.531,06	69,7%
1994	19.446,03	13.739,15	70,7%
1995	19.435,01	14.185,06	73,0%
1996	19.925,30	14.890,00	74,7%
1997	20.523,31	15.267,40	74,4%
1998	22.148,94	16.041,43	72,4%
1999	22.907,74	16.351,99	71,4%
2000	21.678,35	16.570,88	76,4%

Εφόσον είναι διαθέσιμα τα δεδομένα για τη συνολική κατανάλωση καυσίμου καθώς και για το συνολικό αριθμό οχημάτων, μπορούμε να υπολογιστεί η μέση κατανάλωση καυσίμου ανά διανυόμενο χιλιόμετρο. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να υπολογιστεί το σύνολο της απόστασης που διανύθηκε από τα επιβατικά οχήματα. Στην ενότητα των ιστορικών τάσεων, παρουσιάσαμε τα δεδομένα που διαθέτουμε για τα επιβατοχιλιόμετρα (pkm), σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της Eurostat. Θα μπορούσαμε να διαιρέσουμε την συνολική ποσότητα καυσίμου με τα συνολικά pkm, ώστε να υπολογίσουμε την ποσότητα καυσίμου ανά χιλιομετρικό επιβάτη (σε L/pkm).

Αντί αυτού, κρίνεται σκόπιμος ο υπολογισμός των συνολικών οχηματοχιλιομέτρων (vkm), ώστε να εργαστούμε με την ποσότητα καυσίμου ανά km που διανύεται με αυτοκίνητο (L/vkm). Από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα MEET (βλ. Hickman et al., 1999), υπολογίστηκαν τα μέσα χιλιόμετρα ανά τύπο οχήματος, για όλες τις χώρες της Ε.Ε., τα οποία θεωρούνται ότι παραμένουν σταθερά διαχρονικά. Για την περίπτωση της Ελλάδας δίνονται από το MEET τα εξής δεδομένα:

Πίνακας 4.22: Μέση απόσταση που διανύεται ετησίως (νkm) με μέσα οδικής μετακίνησης στην Ελλάδα, σύμφωνα με το project MEET της Ε.Ε.

ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	ΜΕΣΑ ΔΙΑΝΥΘΕΝΤΑ ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ ΕΤΗΣΙΩΣ
Επιβατικά βενζινοκίνητα	13000
Μοτοσικλέτες	6000-9000
Ελαφριά φορτηγά βενζινοκίνητα	13000
Ελαφριά φορτηγά diesel	20000
Βαριά φορτηγά βενζινοκίνητα	35000
Βαριά φορτηγά diesel	45000
Λεωφορεία	16904

Εφαρμόζοντας πολλαπλασιασμό των δεδομένων του πίνακα με τον αριθμό των οχημάτων κάθε τύπου (σύμφωνα με την ΕΣΥΕ, 2002), υπολογίζουμε τα συνολικά νkm ανά τύπο οχήματος:

Πίνακας 4.23: Υπολογισμός συνολικών οχηματοχιλιόμετρων (νkm) για την Ελλάδα, σύμφωνα με τον αριθμό οχημάτων και την μέση ετήσια απόσταση, ανά τύπο οχήματος.

Έτος	Λεωφορεία	Μοτοσικλέτες	Ελαφριά Φορτηγά	Βαριά Φορτηγά	Επιβατικά	Σύνολο
1980	276.177.552	478.925.000	4.818.540.375	3.893.770.000	11.164.985.000	20.632.397.927
1981	293.571.768	502.935.000	5.458.377.375	4.410.810.000	11.861.005.000	22.526.699.143
1982	299.217.704	612.485.000	6.145.288.875	4.965.890.000	12.951.328.000	24.974.209.579
1983	297.358.264	694.830.000	6.652.032.750	5.375.380.000	13.901.459.000	26.921.060.014
1984	303.207.048	757.695.000	7.076.916.000	5.718.720.000	14.885.858.000	28.742.396.048
1985	325.131.536	811.475.000	7.372.542.375	5.957.610.000	16.371.355.000	30.838.113.911
1986	329.323.728	868.470.000	7.697.707.875	6.220.370.000	17.616.846.000	32.732.717.603
1987	333.769.480	916.265.000	8.055.506.250	6.509.500.000	18.571.098.000	34.386.138.730
1988	339.330.896	989.975.000	8.460.787.500	6.837.000.000	19.550.973.000	36.178.066.396
1989	349.118.312	1.097.735.000	8.962.012.125	7.242.030.000	20.867.353.000	38.518.248.437
1990	362.252.720	1.282.970.000	9.484.558.875	7.664.290.000	22.561.799.000	41.355.870.595
1991	373.240.320	1.478.375.000	9.810.528.750	7.927.700.000	23.107.292.000	42.697.136.070
1992	383.281.296	1.698.870.000	9.872.626.500	7.977.880.000	23.778.300.000	43.710.957.796
1993	392.274.224	1.939.385.000	10.218.000.375	8.256.970.000	25.461.072.000	46.267.701.599
1994	397.920.160	2.144.765.000	10.506.783.375	8.490.330.000	26.963.053.000	48.502.851.535
1995	415.838.400	2.378.340.000	10.972.500.000	8.752.920.000	28.661.893.000	51.181.491.400
1996	424.222.784	2.589.450.000	11.220.000.000	9.393.080.000	30.412.473.000	54.039.225.784
1997	433.114.288	2.854.825.000	11.731.500.000	9.631.400.000	32.501.287.000	57.152.126.288
1998	444.913.280	3.168.825.000	12.243.000.000	9.814.280.000	34.783.788.000	60.454.806.280
1999	452.503.176	3.553.875.000	12.754.500.000	10.039.480.000	38.075.453.000	64.875.811.176
2000	457.033.448	3.906.805.000	13.216.500.000	10.256.880.000	41.535.845.000	69.373.063.448
2001	458.351.960	4.266.830.000	13.583.790.000	10.502.040.000	44.508.152.000	73.319.163.960

Διαχωρίζουμε τα οχήματα σε δύο κατηγορίες με βάση την κατανάλωση. Θεωρώντας ότι όλη η βενζίνη (unleaded και leaded) καταναλώνεται από τα επιβατικά, τις μοτοσυκλέτες και τα ελαφριά φορτηγά και όλη η diesel από τα βαριά φορτηγά και τα λεωφορεία, υπολογίσουμε την μέση κατανάλωση του στόλου των οχημάτων διαιρώντας το σύνολο της κατανάλωσης (βενζίνη και diesel) με το άθροισμα της διανυόμενης απόστασης κάθε κατηγορίας (από τις δύο κατηγορίες που διαχωρίσαμε). Οι εκπομπές CO₂ υπολογίζονται με βάση την αντιστοιχία 2400 ή 2690 gr CO₂ / lit, για βενζίνη και diesel αντίστοιχα.

Πίνακας 4.24: Υπολογισμός κατανάλωσης καυσίμου και εκπομπών CO₂.

Έτος	Εκπομπές οχημάτων diesel grCO ₂ /vehkm	Εκπομπές οχημάτων βενζίνης grCO ₂ /vehkm	Μέση κατανάλωση καυσίμου οχημάτων diesel σε L/100km	Μέση κατανάλωση καυσίμου οχημάτων βενζίνης σε L/100km
1980	675,6	263,6	25,11	10,98
1981	579,9	255,7	21,56	10,66
1982	544,1	242,2	20,23	10,09
1983	603,7	233,1	22,44	9,71
1984	613,6	232,7	22,81	9,70
1985	607,3	231,2	22,58	9,63
1986	625,8	227,4	23,26	9,48
1987	606,4	231,3	22,54	9,64
1988	587,1	235,3	21,82	9,80
1989	561,7	240,5	20,88	10,02
1990	539,5	232,8	20,06	9,70
1991	593,3	232,6	22,06	9,69
1992	592,1	234,2	22,01	9,76
1993	583,8	225,5	21,70	9,39
1994	572,7	218,3	21,29	9,10
1995	575,7	212,0	21,40	8,83
1996	554,2	213,7	20,60	8,90
1997	547,2	207,3	20,34	8,64
1998	573,7	202,3	21,33	8,43
1999	572,2	190,3	21,27	7,93
2000	560,9	180,0	20,85	7,50
2001	549,7	174,9	20,44	7,29

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωσης καυσίμου είναι το βάρος του οχήματος, η απόδοση της μηχανής και ο αεροδυναμικός συντελεστής καθώς και ο μέσος κυβισμός του στόλου. Θεωρούμε ότι τα οφέλη από βελτιώσεις της τεχνολογίας καθώς και του αεροδυναμικού συντελεστή, θα αντισταθμιστούν από την αύξηση της ανάγκης για άνεση και ασφάλεια που οδηγούν σε αύξηση του βάρους του οχήματος και του μέσου κυβισμού. Αυτή η τάση αντιστάθμισης διαπιστώνεται στη δημοσίευση του Van den Brink (2001), την οποία σχολιάζουμε στην επισκόπηση. Επιπλέον στην Ελλάδα, μετά την κατάργηση του τεκμηρίου με βάση τον κυβισμό, αναμένεται να αυξηθεί το μερίδιο των μεγαλύτερων αυτοκινήτων (άνω των 1600 cc).

Στα πλαίσια του Κιότο, η Ευρωπαϊκή Ένωση και οι ενώσεις των Ευρωπαίων, Ιαπώνων και Κορεατών κατασκευαστών αυτοκινήτων (ACEA, JAMA και KAMA), έχουν δεσμευτεί να μειώσουν τις μέσες εκπομπές των νέων αυτοκινήτων στα 140gr/km ως το 2008 (ΣΕΕΑ, 2002). Αυτή η ποσότητα, αντιστοιχεί σε περιορισμό της μέσης κατανάλωσης των νέων αυτοκινήτων στα 5,8 l/100 km, αν υποθέσουμε ότι δεν θα συμβούν σημαντικές αλλαγές στην τεχνολογία καύσης. Με βάση τα παραπάνω εξετάζουμε το σενάριο η μέση κατανάλωση του στόλου των αυτοκινήτων, να μειώνεται με ρυθμό 0,5% ετησίως, φτάνοντας περίπου τα 7 L/100km το 2010.

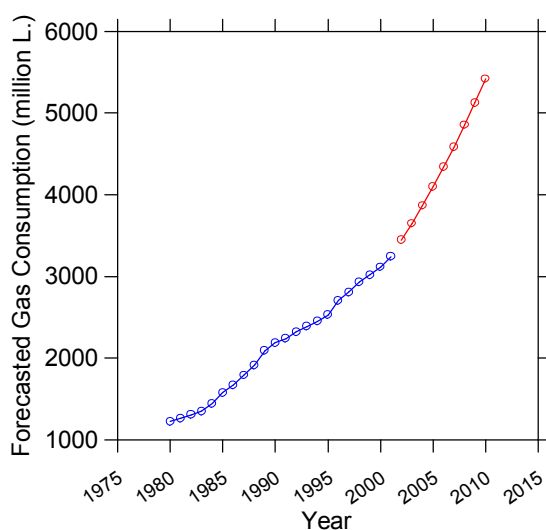
Θεωρώντας ότι η μέση απόσταση ανά όχημα δεν θα μεταβληθεί το 2010 σε σχέση με το 1995 (υπόθεση που γίνεται δεκτή και στο MEET) και θα παραμείνει περίπου στα 13000km ανά έτος, μπορούμε να υπολογίσουμε με βάση τις προβλέψεις εξέλιξης του στόλου των αυτοκινήτων (εφαρμόζοντας το μοντέλο 8) τα συνολικά οχηματοχιλιόμετρα (vkm). Στη συνέχεια πολλαπλασιάζοντας τα οχηματοχιλιόμετρα με την αναμενόμενη εξέλιξη της κατανάλωσης σε l/100km, εκτιμούμε τη συνολική κατανάλωση καυσίμου για το 2010. Εφαρμόζοντας τους συντελεστές εκπομπών, μπορούμε να εκτιμήσουμε την αναμενόμενη ποσότητα άνθρακα, ως συνέπεια των επιβατικών μετακινήσεων με αυτοκίνητα.

Πίνακας 4.25: Πρόβλεψη εξέλιξης συνολικής κατανάλωσης βενζίνης και εκπομπών CO₂ για τις επιβατικές μετακινήσεις με αυτοκίνητα (μοντέλο 8).

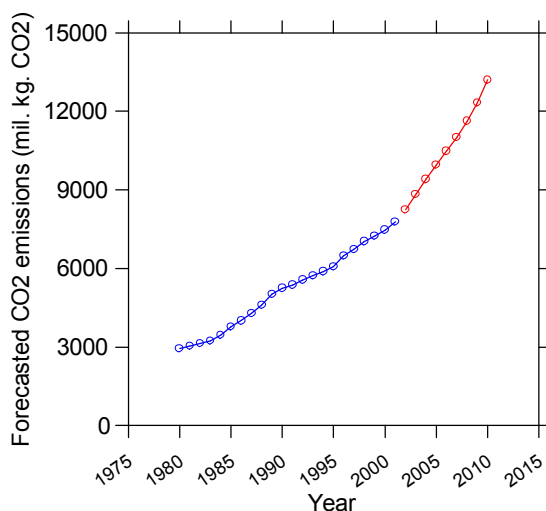
ΕΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΙΒΑΤΙΚΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ (εκατομ. αυτοκίνητα)	ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΒΕΝΖΙΝΗΣ (εκατομ. λίτρα)	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (χιλ. τόνοι CO ₂)
1980	0.859	10.98	1225.9	2942.2
1981	0.912	10.66	1264.4	3034.5
1982	0.996	10.09	1306.8	3136.3
1983	1.069	9.71	1349.8	3239.6
1984	1.145	9.70	1443.9	3465.4
1985	1.259	9.63	1576.6	3783.7
1986	1.355	9.48	1670.1	4008.2
1987	1.429	9.64	1790.3	4296.6
1988	1.504	9.80	1915.9	4598.4
1989	1.605	10.02	2090.9	5018.2
1990	1.736	9.70	2188.5	5252.4
1991	1.777	9.69	2239.1	5373.8
1992	1.829	9.76	2320.8	5569.8
1993	1.959	9.39	2390.8	5737.9
1994	2.074	9.10	2453.6	5888.7
1995	2.205	8.83	2530.8	6074
1996	2.339	8.90	2706.7	6496.1
1997	2.500	8.64	2808.1	6739.5
1998	2.676	8.43	2932.3	7037.5
1999	2.929	7.93	3019.4	7246.5
2000	3.195	7.50	3115.2	7476.4
2001	3.424	7.29	3244.6	7787.1
2002	3.648	7.25	3438.5	8252.5
2003	3.923	7.22	3681.8	8836.3
2004	4.201	7.18	3920.8	9409.9
2005	4.469	7.15	4154.1	9969.7
2006	4.726	7.11	4368.6	10484.6
2007	4.995	7.07	4590.6	11017.5
2008	5.296	7.04	4847.2	11633.3
2009	5.649	7.00	5140.3	12336.8
2010	6.069	6.97	5499.3	13198.4

Παρατηρούμε από τον Πίνακα 4.25 ότι κατά την περίοδο 1994-2002, ο στόλος των αυτοκινήτων αυξήθηκε κατά 76% και η κατανάλωση βενζίνης κατά 40%. Κατά την περίοδο πρόβλεψης 2002-2010, ο στόλος των οχημάτων αναμένεται να αυξηθεί κατά 66% ενώ η κατανάλωση βενζίνης κατά 60%. Η μείωση του ρυθμού αύξησης του στόλου είναι λογική, καθώς προσεγγίζεται σταδιακά το επίπεδο κορεσμού. Η μεγάλη μείωση της κατανάλωσης κατά την περίοδο 1994-2002 εξηγείται από την εφαρμογή νέων τεχνολογιών καύσης στα αυτοκίνητα καθώς και τις αυξανόμενη πίεση για

περιορισμό των εκπομπών CO₂. Παράλληλα, μεγάλος αριθμός παλαιών αυτοκινήτων αντικαταστάθηκε με το θεσμό της απόσυρσης (1991-1993), ενώ έγινε υποχρεωτική η εφαρμογή καταλύτη στα νέα οχήματα. Την περίοδο 2002-2010 η κατανάλωση καυσίμου ανά όχημα θεωρούμε ότι θα μειωθεί σε μικρότερο βαθμό, καθώς ήδη βρίσκεται σε αρκετά χαμηλό επίπεδο ενώ αναμένεται να αυξηθεί ο μέσος κυβισμός του στόλου. Στα Σχήματα 4.76 και 4.77 απεικονίζεται η εκτιμώμενη κατανάλωση καυσίμου και οι συνολικές εκπομπές CO₂. Αναφέρουμε ότι εφαρμογή οποιουδήποτε από τα μοντέλα 2-8 για εκτίμηση της ιδιοκτησίας ΙΧ αυτοκινήτων, οδηγεί σε παρεμφερείς εκτιμήσεις κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών. Αυτό συμβαίνει γιατί όλα τα μοντέλα συγκλίνουν όσον αφορά την εκτίμηση του συνολικού αριθμού αυτοκινήτων.



Σχήμα 4.76. Πρόβλεψη κατανάλωσης καυσίμου (με χρήση μοντέλου 8)



Σχήμα 4.77. Πρόβλεψη εκπομπών CO₂ (με χρήση μοντέλου 8)

4.9 Ανάλυση ευαισθησίας

Στην ενότητα αυτή, μεταβάλλουμε την εκτίμηση της εξέλιξης ορισμένων ανεξάρτητων μεταβλητών και διαπιστώνουμε την ευαισθησία των μοντέλων που προτείνουμε για διαφορετικά σενάρια εξέλιξης.

Χρησιμοποιούμε το μοντέλο 3, για εκτίμηση της εξέλιξης του συνολικού αριθμού αυτοκινήτων.

Σενάριο 1

Η τιμή της βενζίνης σε σταθερές τιμές 1999 (μεταβλητή GAS_PR99), δεν παραμένει σταθερή διαχρονικά αλλά αυξάνεται κατά 10%, για την περίοδο 2002-2010. Εισάγοντας την νέα υπόθεση σχετικά με την αύξηση της τιμής καυσίμου στο μοντέλο 3, ο συνολικός αριθμός αυτοκινήτων υπολογίζεται στα 5.87 εκ. αντί 5.97 εκ, για το 2010. Επομένως αύξηση της τιμής βενζίνης κατά 10%, οδηγεί σε μείωση του προβλεπόμενου αριθμού αυτοκινήτων της τάξεως του 1,7%.

Σενάριο 2

Το κατά κεφαλήν ΑΕΠ αυξάνεται κατά 3% αντί 4% ετησίως, για την περίοδο 2002-2010. Δοκιμάζοντας το μοντέλο 3, με αυτή την εκδοχή, ο εκτιμώμενος αριθμός αυτοκινήτων είναι 5.32 εκ. αυτοκίνητα αντί 5.97 με την εκδοχή του 4%. Πρέπει να τονίσουμε ότι το χειρότερο σενάριο που εντοπίστηκε από προβλέψεις της Eurostat, αναφέρει εξέλιξη του κατά κεφαλήν ΑΕΠ κατά 3.5% κατά την περίοδο 2005-2010. Εντούτοις ο ρυθμός αύξησης του ΑΕΠ επηρεάζει σημαντικά τις εκτιμήσεις.

Σενάριο 3

Η τιμή του αυτοκινήτου σε σταθερές τιμές 1999, δεν παραμένει σταθερή αλλά αυξάνεται κατά 2,5% ετησίως, για την περίοδο πρόβλεψης 2002-2010. Ο εκτιμώμενος αριθμός αυτοκινήτων σε αυτή την περίπτωση είναι 5.97 εκ. αντί 5.977 του σεναρίου σταθερής τιμής. Παρατηρούμε ότι ελάχιστα επηρεάζει τις εκτιμήσεις η πιθανή αύξηση της τιμής.

5. Συμπεράσματα και συστάσεις για περαιτέρω έρευνα

5.1 Συμπεράσματα

Σωρευτικά (aggregate) στατιστικά μοντέλα αναπτύχθηκαν για την Ελλάδα με στόχο την πρόβλεψη της εξέλιξης του αριθμού των ΙΧ αυτοκινήτων. Για την ανάπτυξη των μοντέλων εφαρμόζεται η τεχνική της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης ενώ πραγματοποιείται στατιστικός έλεγχος για εντοπισμό και εξάλειψη της αυτοσυσχέτισης (autocorrelation) και της πολυσυγγραμμικότητας (multicollinearity). Ο εκτιμώμενος αριθμός αυτοκινήτων χρησιμοποιήθηκε για υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στις οδικές επιβατικές μετακινήσεις. Η πρόβλεψη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για χάραξη μελλοντικών πολιτικών καθώς και για συγκρίσεις με άλλες χώρες.

Από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας διαπιστώνεται ότι οι δημοσιεύσεις εξέτασης της κυριότητας ΙΧ αυτοκινήτων και μεταφορικού έργου, διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες: Στις σωρευτικές (aggregate) προσεγγίσεις, όπου εφαρμόζονται οικονομετρικά μοντέλα με χρήση χρονολογικών δεδομένων και στις αναλυτικές (disaggregate), όπου εφαρμόζεται έρευνα με ερωτηματολόγια. Παρουσιάσαμε αναλυτικά τα κυριότερα στατιστικά μοντέλα (για τα οχήματα, το μεταφορικό έργο, την ενέργεια και τις εκπομπές) και τις σημαντικότερες θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί, ενώ εντοπίστηκαν οι κρίσιμες μεταβλητές οι οποίες θα πρέπει να εξετάζονται σε αναλύσεις που εστιάζουν στον μεταφορικό τομέα.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τον καθορισμό των ανεξάρτητων μεταβλητών καλύπτουν σειρά 32 ετών. Η συλλογή πληροφοριών κατέληξε στη δημιουργία ολοκληρωμένης βάσης δεδομένων (παρατίθεται στο Παράρτημα) για μεγέθη που σχετίζονται με τις μεταφορές. Σημαντικά μεγέθη για τα οποία συλλέχθηκαν δεδομένα είναι η εξέλιξη του στόλου των οχημάτων, η συνολική κατανάλωση καυσίμου για οδικές μετακινήσεις, το μεταφορικό έργο (pkm και vkm), η εξέλιξη της τιμής αυτοκινήτου, η διακύμανση της τιμής των καυσίμων καθώς και ο εκτιμώμενος συντελεστής πλήρωσης των αυτοκινήτων. Επιπλέον πραγματοποιήθηκε συλλογή χρονολογικών δεδομένων για κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται τον τομέα των μεταφορών. Τέτοια είναι η εξέλιξη του πληθυσμού ανά ηλικιακή κατηγορία, ο πληθωρισμός, η ανεργία, η οικονομική ανάπτυξη (κατά

κεφαλήν ΑΕΠ και ιδιωτική κατανάλωση). Επισημαίνεται ότι δεδομένα για αντίστοιχη χρονική περίοδο και για ανάλογο αριθμό μεταβλητών δεν είχαν εφαρμοστεί σε καμία από τις δημοσιεύσεις που επισκοπήθηκαν. Για την εκτίμηση της εξέλιξης των ανεξάρτητων μεταβλητών χρησιμοποιήθηκαν, όπου ήταν διαθέσιμες, επίσημες εκτιμήσεις εθνικών στατιστικών φορέων (Eurostat, United Nations). Σε αντίθετη περίπτωση εφαρμόστηκε η τεχνική ARIMA για εκτίμηση της αναμενόμενης εξέλιξης των μεταβλητών με βάση την ιστορική τους τάση.

Επιπρόσθετα, πραγματοποιήθηκε έρευνα με ερωτηματολόγια για προσδιορισμό των μεταβλητών ενδιαφέροντος κατά το έτος 2004. Η περίοδος πρόβλεψης είναι τα έτη 2002-2010. Χρησιμοποιούμε τα πορίσματα της έρευνας, για να συγκρίνουμε την παρούσα κατάσταση με τις εκτιμήσεις των στατιστικών μοντέλων. Η περαιτέρω ανάλυση των στοιχείων που συλλέξαμε από τα ερωτηματολόγια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προσδιορισμό της συμπεριφοράς των μεμονωμένων ατόμων, όσον αφορά τις μεταφορικές συνήθειες. Κάτι τέτοιο δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Θεωρούμε όμως σκόπιμο να διευρύνουμε σε μελλοντική δημοσίευση την ανάλυση στα ερωτηματολόγια.

Με βάση την ανάλυση που πραγματοποιήσαμε, ακολουθούν οι κεντρικές διαπιστώσεις:

- Η κυριότητα αυτοκινήτων (αριθμός αυτοκινήτων ανά 1000 άτομα), ακολουθεί αυξητική τάση τόσο κατά την περίοδο εξέτασης των ιστορικών τάσεων 1970-2002, όσο και κατά την περίοδο πρόβλεψης 2003-2010.
- Τα στατιστικά μοντέλα της βιβλιογραφίας, αν εφαρμοστούν στην περίπτωση της Ελλάδας οδηγούν σε υποεκτίμηση του αριθμού αυτοκινήτων. Αυτό συμβαίνει διότι τα μοντέλα που βασίζονται στην τεχνική curve fitting με καμπύλη Gompertz (τύπου S), υποεκτιμούν το μέγιστο θεωρητικό επίπεδο κορεσμού. Οι προβλέψεις των μοντέλων του Zachariadis και των Dargay&Gately, είχαν εκτιμήσει πολύ μικρότερο αριθμό αυτοκινήτων για το έτος 2000 στην Ελλάδα. Επομένως καμπύλες τύπου logistic, θεωρούμε ότι δεν μπορούν να παρακολουθήσουν περιπτώσεις συνεχούς και απότομης αύξησης, όπως συμβαίνει στην περίπτωση της Ελλάδας.

- Το ΑΕΠ αποτελεί σημαντικό προσδιοριστικό παράγοντα της εγχώριας κυριότητας οχημάτων. Σε όλα τα στατιστικά μοντέλα που εντοπίστηκαν από την επισκόπηση βιβλιογραφίας αλλά και στα μοντέλα που εμείς προτείνουμε, το ΑΕΠ ερμηνεύει σημαντικό ποσοστό του εκτιμώμενου αριθμού αυτοκινήτων. Αυτή η παρατήρηση έχει υποκινήσει σειρά θεωριών σχετικά με αύξηση του μεταφορικού έργου σε σχέση με την αύξηση του εισοδήματος (βλ. επισκόπηση βιβλιογραφίας). Παρατηρήσαμε και από το ερωτηματολόγιο που πραγματοποιήσαμε, ότι ο αριθμός των αυτοκινήτων σχετίζεται θετικά με το αυξημένο εισόδημα. Περαιτέρω ανάλυση αυτού του φαινομένου θα επιχειρήσουμε σε μελλοντική δημοσίευση.
- Για το αυτοπαλίνδρομο (autoregressive) μοντέλο που προτείνουμε για την εκτίμηση του συνολικού αριθμού των αυτοκινήτων (βλ. μοντέλο 4), ο αυτοπαλίνδρομος όρος (μεταβλητή TOT_CARS_{n-1}), ερμηνεύει το 95% του εκτιμώμενου αριθμού αυτοκινήτων, ενώ το υπόλοιπο 5% εξηγείται από την εξέλιξη του ΑΕΠ και του πληθωρισμού. Ορισμένα από τα μοντέλα που αναπτύξαμε, βασίζονται σε οικονομικούς παράγοντες. Για παράδειγμα, στο μοντέλο 6 χρησιμοποιείται η ανεργία, ο πληθωρισμός, το κατά κεφαλήν ΑΕΠ και η τιμή της βενζίνης για εκτίμηση του αριθμού των αυτοκινήτων, ενώ στο μοντέλο 7 εισάγεται επιπλέον η μεταβλητή του πληθυσμού και ο ρυθμός αστικοποίησης. Αξιοσημείωτο είναι ότι και στα τρία μοντέλα που αναφέρουμε, αν και χρησιμοποιούνται διαφορετικές επεξηγηματικές μεταβλητές, η εκτίμηση για τον αριθμό των αυτοκινήτων του 2010 συγκλίνει στα 5.8 εκ. αυτοκίνητα.
- Τα μοντέλα που προτείνουμε, για εκτίμηση των ετήσιων διαφορών (μοντέλο 5 και 6), μπορούν να συλλάβουν την γενική τάση χρησιμοποιώντας μόνο οικονομικές μεταβλητές, οι οποίες είναι εύκολα διαθέσιμες για αρκετές χώρες, όπως το ΑΕΠ, ο πληθωρισμός, η ανεργία και η τιμή της βενζίνης. Επομένως, τέτοιου είδους μοντέλα, μπορούν να γενικευθούν για εκτιμήσεις σε άλλες χώρες, όταν δεν είναι διαθέσιμα περισσότερο εξειδικευμένα δεδομένα, σχετικά με τον τομέα των μεταφορών.
- Για να γίνει εκτίμηση του μεταφορικού έργου, πολλαπλασιάζεται η ετήσια διανυόμενη απόσταση ανά όχημα με τον συνολικό αριθμό οχημάτων. Η μέση

ετήσια απόσταση ανά όχημα θεωρείται σταθερή σε μεσοπρόθεσμες περιόδους, όπως έχει γίνει αποδεκτό και στο project MEET της Ε.Ε, για την εκτίμηση αερίων ρύπων από τις μεταφορές (Hickman et al., 1999). Για την Ελλάδα η απόσταση ανά όχημα εκτιμήθηκε στα 13000 km/year/car. Με την έρευνα που κάναμε στην περιοχή της Αττικής, υπολογίσαμε ότι η ετήσια απόσταση είναι τα 14500 km/year/car. Η εκτίμηση αυτή είναι ελαφρώς αυξημένη σε σχέση με το MEET, καθώς έχει διαπιστωθεί ότι οι κάτοικοι των πόλεων οδηγούν τα αυτοκίνητα τους περισσότερο. Με βάση τα παραπάνω, στην εργασία αυτή επιλέγουμε να χρησιμοποιήσουμε την ενδεικτική τιμή των 13000 km.

- Κατέστη εφικτό να εκτιμήσουμε την μέση πληρότητα των αυτοκινήτων, για την περίοδο 1970-2010. Κάτι τέτοιο θεωρούμε ότι είναι ιδιαίτερα χρήσιμο, καθώς δεν εντοπίστηκαν σε καμία κρατική πηγή δεδομένα μέσης πληρότητας. Καταφέραμε διαιρώντας τα vkm με τα rkm, τα οποία βρήκαμε από την Eurostat, να εκτιμήσουμε την πληρότητα των αυτοκινήτων την οποία παρουσιάζουμε στις ιστορικές τάσεις. Επιπλέον, διασταυρώνοντας την εκτιμώμενη μέση πληρότητα με τα δεδομένα που συλλέξαμε από το ερωτηματολόγιο, παρατηρήσαμε ότι συμπίπτει απόλυτα με τις εκτιμήσεις μας. Η μέση πληρότητα ανά αυτοκίνητο (μέσος όρος όλων των προορισμών) υπολογίστηκε για το 2004 στα 1.78 άτομα.
- Από την συλλογή των δεδομένων που πραγματοποιήσαμε, διαπιστώσαμε ότι αναμένεται να αυξηθεί το ποσοστό αστικοποίησης ενώ ο συνολικός πληθυσμός της Ελλάδας αναμένεται να σταθεροποιηθεί περίπου στα 11,1 εκ. άτομα και έπειτα να παρουσιάσει τάση μείωσης, σύμφωνα με τον ΟΗΕ (United Nations, 2003). Αν χρησιμοποιηθεί η εξέλιξη του πληθυσμού για εκτίμηση του συνολικού αριθμού αυτοκινήτων, παρατηρείται τάση σταθεροποίηση και του συνολικού αριθμού αυτοκινήτων, περίπου στα 4 εκ. αυτοκίνητα το 2010 (βλ. μοντέλο 1). Κάτι τέτοιο θεωρούμε ότι δεν θα συμβεί καθώς η αναμενόμενη αύξηση του εισοδήματος μέχρι το 2010 (4% ετησίως) θα αποτελέσει καθοριστικό παράγοντα αύξησης του αριθμού αυτοκινήτων.
- Για να γίνει εκτίμηση της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου για την περίοδο 2002-2010, χρησιμοποιήθηκαν τα ιστορικά στοιχεία από το Υπουργείο

Ανάπτυξης, που αφορούν την κατανάλωση καυσίμων για οδικές μετακινήσεις κατά την περίοδο 1974-2002. Στη συνέχεια ο αριθμός των αυτοκινήτων για τα έτη 1970-2002, πολλαπλασιάστηκε με την μέση διανυόμενη απόσταση. Διαιρώντας τα καύσιμα με την απόσταση, υπολογίζεται η μέση κατανάλωση των αυτοκινήτων σε l/100km, για τα έτη 1970-2002. Η εκτιμώμενη εξέλιξη της μέσης κατανάλωσης ανά αυτοκίνητο είναι τα 7 L/km για το 2010, καθώς υπάρχει δέσμευση των αυτοκινητοβιομηχανιών, στα πλαίσια του πρωτοκόλλου του Κιότο (ΣΕΑΑ, 2002). Πολλαπλασιάζοντας τον εκτιμώμενο αριθμό των αυτοκινήτων για το 2003-2010 με την ετήσια απόσταση και την μέση κατανάλωση υπολογίζεται η ποσότητα καυσίμων που αναμένεται να καταναλωθεί το 2010 από τις επιβατικές οδικές μετακινήσεις.

- Σύμφωνα με την μελέτη του ΥΠΕΧΩΔΕ (2002), σχετικά με την εκτίμηση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, οι εκπομπές CO₂ του τομέα των μεταφορών για το 2010 εκτιμήθηκαν στους 26070 kt. Αν θεωρήσουμε ότι οι οδικές μετακινήσεις είναι υπεύθυνες για το 70% των συνολικών εκπομπών του τομέα των μεταφορών (όπως ίσχυε για το 2001), τότε οι εκπομπές λόγω οδικών μετακινήσεων θα είναι 18250 kt CO₂. Από το σύνολο των οδικών μετακινήσεων, οι μετακινήσεις με επιβατικά αυτοκίνητα καταλαμβάνουν το 70% (European Union, 2001). Επομένως οι εκτιμώμενες εκπομπές CO₂ θα είναι 13680 kt για το 2010. Εκτιμήσαμε, με εφαρμογή του μοντέλου 8, τις συνολικές εκπομπές CO₂ ως συνέπεια των μετακινήσεων με αυτοκίνητα, στους 13200 kt CO₂. Παρατηρούμε ότι υπάρχει μία απόκλιση των δικών μας εκτιμήσεων από τις εκτιμήσεις του ΥΠΕΧΩΔΕ. Αυτό προφανώς οφείλεται στο γεγονός ότι στη δική μας ανάλυση, θεωρήσαμε ότι η ειδική κατανάλωση των αυτοκινήτων (σε L/100km) θα μειώνεται κατά 0.5% ετησίως, για την περίοδο 2002-2010, λόγω της δέσμευσης των αυτοκινητοβιομηχανιών για εκπομπές της τάξης των 140 g CO₂/km μέχρι το 2008 (ΣΕΑΑ, 2002). Αν λάβουμε υπόψη μας και τις εκπομπές από τα οχήματα diesel, που έχουμε επίσης υπολογίσει για το 2010, τότε οι εκτιμήσεις μας συμπίπτουν σχεδόν απόλυτα με αυτές του ΥΠΕΧΩΔΕ. Οι προβλέψεις για την εξέλιξη στους άλλους τομείς ενεργειακής κατανάλωσης (βιομηχανία, οικιακός, τριτογενής) υπάρχουν στην δημοσίευση του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, (2002).

5.2 Συστάσεις για περαιτέρω έρευνα

Όπως τονίστηκε σε αρκετά σημεία της παρούσας εργασίας, οι κατηγορίες των στατιστικών μοντέλων μπορεί να είναι aggregate και disaggregate. Τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν, χρησιμοποιούν σωρευτικά (aggregate) στατιστικά δεδομένα, δηλαδή αφορούν σε επίπεδο χώρας.

Θεωρούμε ότι ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα είχε η κατάστρωση αναλυτικού (disaggregate) μοντέλου, με ανάλυση στην χωρική κατανομή των οχημάτων ανά νομό. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περιοχή της Αττικής, καθώς είναι τόπος κατοικίας του 40% του πληθυσμού. Ένα τέτοιο μοντέλο θα πρέπει να βασιστεί σε καταγραφή των μετακινήσεων, σύμφωνα με συγκεκριμένους παράγοντες ανά νοικοκυριό, όπως τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά του νοικοκυριού (ηλικία αρχηγού οικογένειας, εργαζόμενα μέλη, εισόδημα) καθώς και χαρακτηριστικά που αφορούν τις μετακινήσεις όπως η απόσταση από την εργασία, η επιλογή μέσων μετακίνησης, τα χαρακτηριστικά του αυτοκινήτου κτλ. Κάτι ανάλογο μπορεί να έχει σημείο αναφοράς την έρευνα με ερωτηματολόγια την οποία πραγματοποιήσαμε για την περίπτωση της Αττικής.

Συνέχεια αυτής της εργασίας, αποτελεί η σύγκριση των εκτιμήσεων για την περίπτωση της Ελλάδας και η χρήση των μοντέλων που αναπτύχθηκαν, για άλλες χώρες της Ε.Ε. Παράλληλα η πραγματοποίηση σύγκρισης της εξέλιξης εκπομπών και ενέργειας μεταξύ Ελλάδος και των υπόλοιπων χωρών της Ε.Ε, για τον τομέα των επιβατικών οδικών μετακινήσεων αλλά και για άλλους τομείς.

Στην παρούσα εργασία δεν χρησιμοποιήθηκαν μη γραμμικά μοντέλα παλινδρόμησης, πέραν από αυτά της βιβλιογραφίας. Τέτοια μοντέλα θα μπορούσαν να χρησιμοποιούν συνάρτηση Logistic. Η συνάρτηση αυτή μπορεί να προσομοιώσει την περίπτωση κορεσμού της αγοράς καθώς έχει άνω όριο. Θα πρέπει όμως να προσαρμοστεί ώστε να μπορούν να ενσωματωθούν σημαντικές επεξηγηματικές μεταβλητές. Κάτι ανάλογο επιχειρήθηκε από τους Schaffer and Victor (2000), όπως αναφέραμε στην επισκόπηση, για εκτίμηση του μεταφορικού έργου με ορίζοντα το 2050.

Ακόμα δεν χρησιμοποιήθηκαν μεταβλητές σχετικά με τα ετήσια τέλη κυκλοφορίας και την φορολόγηση των αυτοκινήτων. Ακόμα δεν εξετάσαμε την πιθανότητα εισδοχής νέας τεχνολογίας στις μηχανές, όπως η τεχνολογία κυψελών καυσίμων,

ηλεκτροκινητήρες κτλ. Ανάλυση αυτών των τεχνολογιών γίνεται στη δημοσίευση των Ortmeier and Pillay (2001).

Μεγαλύτερη βαρύτητα μπορεί να δοθεί στην εξέλιξη της τεχνολογίας και ιδιαίτερα σε σενάριο πιθανής αύξησης του μεριδίου των αυτοκινήτων τύπου diesel στην Ελλάδα, καθώς αυτά αποτελούν μόλις το 1% των συνολικών αυτοκινήτων ενώ στις υπόλοιπες χώρες της Ε.Ε το ποσοστό τους κυμαίνεται στο 40%. Η τεχνολογία diesel συναγωνίζεται πλέον τους κινητήρες βενζίνης από άποψης φιλικότητας προς το περιβάλλον, ιδιαίτερα όσον αφορά τις εκπομπές CO₂, με έμφαση στην τεχνολογία του biodiesel, το οποίο αναμένεται να παραχθεί και στη χώρα μας.

Επιπλέον, προτείνουμε ανάλυση όπου θα εξετάζεται ο ανταγωνισμός των αυτοκινήτων και λεωφορείων αλλά και μεταξύ άλλων μέσων μετακίνησης (γρήγορων μέσων μετακίνησης, όπως αεροπλάνα, μετρό κτλ.) που αναμένεται να κερδίσουν μερίδιο αγοράς.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η κατάρτιση σεναρίων για προσομοίωση της διείσδυσης νέων τεχνολογιών, όπως κυψέλες καυσίμων, ηλεκτροκινητήρες, CNG κτλ. Παράλληλα θα πρέπει να εξεταστούν σενάρια μεταβολής των πολιτικών σχετικά με τον περιορισμό των εκπομπών άνθρακα (φόρος άνθρακα, επιδότηση σε εναλλακτικά καύσιμα κτλ.)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Allen, G. and R. Fildes, (2000). Econometric Forecasting – chapter quoted from Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners, J. Scott Armstrong ed., Kluwer Academic Publishers.
2. Andre, M. and U. Hammarstrom, (2000). Driving speeds in Europe for pollutant emissions estimation, Transportation Research, Part D 5, pp.321-335.
3. Belhaj, M., (2002). Vehicle and fuel demand in Morocco, Energy Policy 30, pp. 1163-1171.
4. Bhat, C. and V. Pulugurta, (1998). A Comparison of Two Alternative Behavioral Choice Mechanisms for Household Auto Ownership Decisions, Transportation Research Part B, Vol 32, No1, pp. 61-75.
5. Bijun, H., (2001). Analyzing car ownership and route choices using discrete choice models, Doctoral Thesis, Department of Infrastructure and Planning, Royal Institute of Technology, KTH, Stockholm.
6. Bouwman, M.E. and H. C. Moll, (2002). Environmental analyses of land transportation systems in The Netherlands, Transportation Research Part D 7, pp. 331-345.
7. Box, G., G. Jenkins and G. Reinsel, (1994). Time series analysis – Forecasting and Control – 3rd ed., Prentice Hall.
8. Brikeland, M.E. and J. Jordal-Jorgensen, (2001). Energy Efficiency of Passenger Cars, Paper for European Transport Conference 2001, PTRC, Cambridge.
9. Britannica Encyclopedia, (2002). Greenhouse effect and CO₂ emissions, Electronic Deluxe Edition (CD-ROM).
10. Carter, R.H., E. Williams and Judge G., (2001). Undergraduate econometrics – 2nd ed., John Wiley & Sons.

11. Colville, R.N., E.J. Hutchinson, J.S. Mindell and R.F. Warren, (2001). The transport sector as a source of air pollution, *Atmospheric Environment* 35, pp. 1537-1565.
12. Commission of the European Communities, (2000). Report under Council Decision 1999/296/EC for a monitoring mechanism of Community greenhouse gas emissions, COM(2000) 749 final, Brussels.
13. Cramer, J.S and A. Vos, (1985). Een model voor prognoses van het personenautopark, Interfaculteit der Actuariële wetenschappen en Econometrie, Universiteit van Amsterdam.
14. Dargay, J. and G. Dermot, (1997). Vehicle ownership to 2015: implications for energy use and emissions, *Energy Policy*, Vol.25, pp.1121-1127.
15. Dargay, J. and G. Dermot, (1999). Income's effect on car and vehicle ownership, worldwide: 1960-2015, *Transportation Research Part A* 33, pp.101-138.
16. Dargay, J. and P. Vythoulkas, (1999). Estimation of a dynamic car ownership model; A pseudo-panel approach, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol 33-3, pp. 287-302.
17. Ellis, J. and K. Treanton, (1998). Recent trends in energy-related CO₂ emissions, *Energy Policy* vol.26 No. 3, pp. 159-166.
18. Environment Canada, (2003). Oil, Gas and Energy Branch, (<http://www.ec.gc.ca/envhome.html>).
19. Eskeland, G. S. and T. N. Feyzioglu, (1997). Is demand for polluting goods manageable? An econometric study of car ownership and use in Mexico, *Journal of Development Economics* Vol.53, pp.423-445.
20. European Union, (2001). *Energy & Transport in Figures*, Directorate-General for Energy and Transport.
21. Eurostat, (2001). *Average age of the Vehicle Fleet*, European Environmental Agency, Version 20-08-2001.
22. Eurostat, (2003). *Panorama of Transport: Statistical Overview of Transport in the European Union, Data 1970-2000*, Office for official publications of the European Communities, Luxembourg.

23. Golob, T.F., D. Bunch and D. Brownstone, (1996). Forecasting Future Vehicle Usage Using a Jointly Estimated Revealed and Stated-Preference Model, Transportation Research Board, 75th Annual Meeting.
24. Gray, D., J. Farrington, J. Shaw, S. Martin and D. Roberts, (2001). Car dependence in rural Scotland: transport policy, devolution and the impact of the fuel duty escalator, *Journal of Rural Studies* 17, pp. 113-125.
25. Gunn, H., (1981). Travel Budgets – A Review of Evidence and Modeling Implications, *Transportation Research* 15A, pp. 7-23.
26. Hanly, M. and J. Dargay, (2000). Car Ownership in Great Britain – A Panel Data Analysis, ESRC Transport Studies Unit, University College London.
27. HCG and TØI, (1990). A Model System to Predict Fuel Use and Emissions from Private Travel in Norway from 1985 to 2025, Hague Consulting Group, The Netherlands.
28. Hickman, J., D. Hassel, R. Joumard, Z. Samaras and S. Sorenson, (1999). Methodology for calculating transport emissions and energy consumption (MEET), Transport Research Laboratory, Project Report SE/491/98, project funded by the European Commission under the Transport RTD programme of the 4th Framework programme, in conjunction with COST action 319.
29. Hupkes, G., (1982). The Law of Constant Travel Time and Trip-Rates, *Futures* February, pp. 38-46.
30. IEA, (2002). CO₂ Emissions from Fuel Combustion.
31. Jong, G. de, J. Fox, M. Pieters, L. Vonk and A. Daly, (2002). Audit of Car Ownership Models, Prepared for the Transport Research Center (AVV) of the Netherlands, RAND.
32. Koopman, J.G., (1997). Long-term challenges for inland transport in the European Union:1997-2010 – Consequences for transport fuel economy and use, *Energy Policy* vol.26, pp. 1151-1161.
33. Kouridis, C., L. Ntziachristos and Z. Samaras, (2000). COPERT III – Computer programme to calculate emissions from road transport, European Environment Agency.

34. Lam, W. H. K and M. L. Tam, (2002). Reliability of territory-wide car ownership estimates in Hong Kong, *Journal of Transport Geography* 10, pp.51-60.
35. Michaelis, L. and O. Davidson, (1996). GHG mitigation in the transport sector, *Energy Policy* Vol. 24, pp. 969-984.
36. Mogridge, M., (1977). *An Analysis of Household Transport Expenditure, 1971-1975*, Conf. Proc. Summer Ann. Meeting, Seminar G5, University of Warwick.
37. Mokhtarian, P. and C. Chen, (2002). TTB or Not TTB, that is the Question: A Review and Analysis of the Empirical Literature on Travel Time (and Money) Budgets, Institute of Transportation Studies and Department of Civil and Environmental Engineering, University of California.
38. Ortmeyer, T. and P. Pillay, (2001). Trends in Transportation Sector Technology: Energy Use and Greenhouse Gas Emissions, *Proceedings of the IEEE*, vol.89, No12.
39. Paravantis, J. and P. Prevedouros, (2001). Railroads in Greece; History, Characteristics and Forecasts, *Transportation Research Record* 1742, Paper No. 01-0238, pp. 34-44.
40. Prevedouros, P. and A. Ping, (1998). Automobile Ownership in Asian Countries: Historical Trends and Forecasts, *ITE Journal*, pp. 24-29.
41. Price, T.J. and S.D. Probert, (1995). Role of Road Transport in UK's Energy Policy, *Applied Energy* 50, pp. 1-22.
42. Pruis, C., (1994). Changes in Regional Travel Characteristics and Travel Time Expenditures in San Francisco Bay Area: 1960-1990, *Transportation Research Record* 1466, pp. 99-109.
43. Schafer, A. and D. Victor, (1999). Global Passenger travel: implications for carbon dioxide emissions, *Energy* 24, pp 657-679.
44. Schafer, A. and D. Victor, (2000). The future mobility of the world population, *Transportation Research Part A* 34, pp. 171-205.

45. Schafer, A., (1998). The Global Demand for motorized mobility, *Transportation Research A* Vol. 32, pp 455-477.
46. Schafer, A., (2000). Carbon Dioxide Emissions from World Passenger Transport – Reduction Options, *Transportation Research Record* 1738, Paper No00-1182.
47. Schipper, L. and C. Marie-Lilliu, (1999). Carbon-Dioxide Emissions from Travel and Freight in IEA Countries: Indicators of the Past...and the Long-Term Future?, *International Energy Agency (IEA)*.
48. Schipper, L., F. Unander and C. Marie-Lilliu, (2000). The IEA energy indicators effort: Increasing the understanding of the energy/emission link, *IEA*.
49. Scholl, L., L. Schipper and N. Kiang, (1996). CO₂ emissions from passenger transport – A comparison of international trends from 1973 to 1992, *Energy Policy* Vol.24 No.1, pp. 17-30.
50. SPSS, (1999). SPSS Trends 10 manual, SPSS Inc, (www.spss.com).
51. Stead, D., (1999). Relationships between transport emissions and travel patterns in Britain, *Transport Policy* 6, pp. 247-258.
52. Stead, D., (2001). Transport intensity in Europe – indicators and trends, *Transport Policy* 8, pp. 29-46.
53. Studenmund A. H., (2001). *Using Econometrics: a practical guide* –4th ed., Addison Wesley Longman.
54. TERM, (2000). *Transport and environment: Statistics for the Transport and Environment Reporting Mechanism for the European Union*, Eurostat, Luxembourg.
55. United Nations, (2004). *World Population Prospects: The 2002 Revision Population Database*, United Nations Population Division, <http://esa.un.org/>.
56. Van den Brink, R. M. M. and B. Van Wee, (2001). Why has car-fleet specific fuel consumption not shown any decrease since 1990? Quantitative analysis of Dutch passenger car-fleet specific fuel consumption, *Transportation Research Part D* 6, pp. 75-93.

57. Whelan, G., (2001). Methodological Advances in Modelling and Forecasting Car Ownership in Great Britain, Paper for European Transport Conference 2001, PTRC, Cambridge.
58. Wohlgenuth, N., (1997). World transport energy demand modeling, Methodology and elasticities, Energy Policy Vol.25, pp. 1109-1119.
59. Zachariadis, T. and N. Kouvaritakis, (2003). Long-term outlook of energy use and CO₂ emissions from transport in Central and Eastern Europe, Energy Policy 31, pp.759-773.
60. Zachariadis, T. and Z. Samaras, (1995). Dynamic Modeling of Vehicle Populations: An Engineering Approach for Emissions Calculations, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 50, pp.135-149.
61. Zachariadis, T. and Z. Samaras, (2001). Validation of road transport statistics through energy efficiency calculations, Energy 26, pp. 467-491.
62. Zahavi, Y. and D. Dendrinou, (1980). Dynamic Effects of energy policies on travel behavior and urban structure, World Conference on Transport Research.
63. ΕΣΥΕ, (2001). Αναθεωρημένος Δείκτης Τιμών Καταναλωτή. Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος, Διεύθυνση Δεικτών, Αθήνα.
64. ΕΣΥΕ, (2002). Βασικά Μακροοικονομικά μεγέθη, Εθνικοί λογαριασμοί της Ελλάδος 1970-2002, Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος.
65. ΕΣΥΕ, (2003 β). Αριθμός στόλου οχημάτων: κεφάλαιο Μεταφορές και Επικοινωνίες, Στατιστικές Επετηρίδες 1970-2002, Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος.
66. ΕΣΥΕ, (2003α). Μέσοι ετήσιοι δείκτες προσδιορισμού του Γενικού Δείκτη Τιμών Καταναλωτή, Διεύθυνση Οικονομικών δεικτών, γραφ. 610, κα Τριανταφύλου.
67. Κ.Α.Π.Ε, (2003). Μέση ετήσια τιμή καυσίμων για τα έτη 1992-2002, Τμήμα Ενεργειακής πολιτικής, προσωπική επικοινωνία με κ. Ιατρίδη.
68. Περράκης, Κ., (2002). Σημειώσεις για το μάθημα «Σχεδιασμός και Διαχείριση Ενεργειακών Συστημάτων» στα πλαίσια του ΔΠΜΣ «Συστήματα Διαχείρισης

- Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος», Τμήμα Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ.
69. Σαμπράκος Ε., (1997). Εισαγωγή στην Οικονομική των Μεταφορών, Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα.
70. Σύνδεσμος Αντιπρόσωπων Εισαγωγέων Αυτοκινήτων - ΣΕΑΑ, (2002). Οδηγός κατανάλωσης καυσίμου και εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, Έκδοση ΣΕΑΑ, Προσωπική επικοινωνία με κ Κικιδά (www.amvir.com).
71. Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, (2002). «Εθνικό πρόγραμμα μείωσης εκπομπών αερίων φαινομένου θερμοκηπίου», Αθήνα.
72. Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, (2003). Μέσα ετήσια οχηματοχιλιόμετρα για τα επιβατικά αυτοκίνητα, Διεύθυνση Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Θορύβου, Τμήμα Αυτοκινήτων και Εξωτερικών Καύσεων.
73. Υπουργείο Ανάπτυξης, (2002). Πίνακες καταναλώσεως πετρελαιοειδών από οδικές μεταφορές 1980-2001, Τμήμα πετρελαϊκής διεύθυνσης, γραφ.431-432, Επικοινωνία με κα Περδίου.
74. Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας, (1998). Η Ελληνική Οικονομία 1960-1997 – Μακροχρόνιες Μακροοικονομικές στατιστικές σειρές, Γενική Διεύθυνση μακροοικονομικής ανάλυσης.
75. Χόνδρος Θ., (2001). Εργασία: Ανακύκλωση Οχημάτων τέλους ζωής, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Α/α	ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΛΥΨΗΣ
1	Συνολικός Πληθυσμός (ΕΣΥΕ)	32	1970 - 2001
2	Συνολικός Πληθυσμός (UN)	33	1970 - 2002
3	Πληθυσμός 17-65 ετών	33	1970 - 2002
4	Πληθυσμός <17 και >65 ετών	33	1970 - 2002
5	Αστικός πληθυσμός	33	1970 - 2002
6	Αγροτικός πληθυσμός	33	1970 - 2002
7	Ποσοστό Ανδρών	33	1970 - 2002
8	Ποσοστό Γυναικών	33	1970 - 2002
9	ΑΕΠ	33	1970 - 2002
10	Εγχώρια Ιδιωτική Κατανάλωση	32	1970 - 2001
11	Εγχώρια Ζήτηση	30	1970 - 1999
12	Πληθυσμός	34	1970 - 2003
13	Ανεργία	33	1971 - 2002
14	Ισοτιμία Δρχ-Δολαρίου	33	1970 - 2002
15	Δείκτης τιμής Αυτοκινήτου	29	1974 - 2002
16	Εξάλιξη τιμής βενζίνης	33	1970 - 2002
17	Εξάλιξη τιμής diesel	33	1970 - 2002

Α/α	ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΛΥΨΗΣ
18	Επιβατικά οχήματα	33	1970 - 2002
19	Ετήσιες ταξινομήσεις νέων οχημάτων	33	1970 - 2002
20	Λεωφορεία	33	1970 - 2002
21	Φορητά	33	1970 - 2002
22	Μηχανοκίνητα δίκυκλα	33	1970 - 2002
23	Επιβατοχλιόμετρα με αυτοκίνητα	31	1970 - 2000
24	Επιβατοχλιόμετρα με λεωφορεία	31	1970 - 2000
25	Επιβατοχλιόμετρα με μοτοσυκλέτες	31	1970 - 2000
26	Ηλικία στόλου αυτοκινήτων	20	1980 - 1999
27	Πληρότητα αυτοκινήτων (εκτίμηση)	31	1970 - 2000
28	Συνολική κατανάλωση leaded βενζίνης	26	1976 - 2001
29	Συνολική κατανάλωση unleaded βενζίνης	11	1991 - 2001
30	Συνολική κατανάλωση diesel	26	1976 - 2001

ΠΙΝΑΚΕΣ ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

CASE	YEAR	CENSUS	POPULATION	POP_MIL	POPMV	POPHV
1	1970		8792806	8.792806	8.793	8.793
2	1971	8831036	8831036	8.831036	8.834	8.834
3	1972		8888628	8.888628	8.871	8.871
4	1973		8929086	8.929086	8.912	8.912
5	1974		8962023	8.962023	8.969	8.969
6	1975		9046542	9.046542	9.047	9.047
7	1976		9167190	9.16719	9.15	9.15
8	1977		9308479	9.308479	9.274	9.274
9	1978		9429959	9.429959	9.408	9.408
10	1979		9548262	9.548262	9.535	9.535
11	1980		9642505	9.642505	9.643	9.643
12	1981	9729350	9729350	9.72935	9.728	9.728
13	1982		9789513	9.789513	9.794	9.794
14	1983		9846627	9.846627	9.845	9.845
15	1984		9895801	9.895801	9.89	9.89
16	1985		9934294	9.934294	9.934	9.934
17	1986		9967264	9.967264	9.979	9.979
18	1987		10000644	10.00064	10.023	10.023
19	1988		10037037	10.03704	10.068	10.068
20	1989		10089550	10.08955	10.113	10.113
21	1990		10160551	10.16055	10.16	10.16
22	1991	10247341	10247341	10.24734	10.209	10.209
23	1992		10321883	10.32188	10.259	10.259
24	1993		10379453	10.37945	10.314	10.314
25	1994		10426289	10.42629	10.378	10.378
26	1995		10634366	10.63437	10.454	10.454
27	1996		10709203	10.7092	10.543	10.543
28	1997		10776518	10.77652	10.644	10.644
29	1998		10834859	10.83486	10.745	10.745
30	1999		10882572	10.88257	10.834	10.834
31	2000		10917436	10.91744	10.903	10.903
32	2001	10937669	10937669	10.93767	10.947	10.952
33	2002		10950200	10.9502	10.97	10.981

CASE	YEAR	% MALE MV	% MALE HV	POP1765MV	POP1765HV
1	1970	48.81155465	48.81155465	5.227	5.227
2	1971	48.84537016	48.84537016	5.263288	5.263288
3	1972	48.8896404	48.8896404	5.282624	5.282624
4	1973	48.92280072	48.92280072	5.295416	5.295416
5	1974	48.95752035	48.95752035	5.316072	5.316072
6	1975	48.98861501	48.98861501	5.352	5.352
7	1976	49.01639344	49.01639344	5.409608	5.409608

8	1977	49.0403278	49.0403278	5.487304	5.487304
9	1978	49.0539966	49.0539966	5.576496	5.576496
10	1979	49.07184059	49.07184059	5.662592	5.662592
11	1980	49.08223582	49.08223582	5.736	5.736
12	1981	49.10567434	49.10567434	5.808664	5.808664
13	1982	49.13212171	49.13212171	5.870072	5.870072
14	1983	49.15185373	49.15185373	5.923248	5.923248
15	1984	49.17087968	49.17087968	5.976216	5.976216
16	1985	49.19468492	49.19468492	6.033	6.033
17	1986	49.21334803	49.21334803	6.098464	6.098464
18	1987	49.22677841	49.22677841	6.164832	6.164832
19	1988	49.23520064	49.23520064	6.232168	6.232168
20	1989	49.25343617	49.25343617	6.297536	6.297536
21	1990	49.27165354	49.27165354	6.361	6.361
22	1991	49.2898423	49.2898423	6.410736	6.410736
23	1992	49.31279852	49.31279852	6.456168	6.456168
24	1993	49.34070196	49.34070196	6.501832	6.501832
25	1994	49.35440355	49.35440355	6.552264	6.552264
26	1995	49.359097	49.359097	6.611	6.611
27	1996	49.35976477	49.35976477	6.67628	6.677528
28	1997	49.35174746	49.35174746	6.75176	6.753944
29	1998	49.34388087	49.34388087	6.8268	6.829296
30	1999	49.32619531	49.32619531	6.89076	6.892632
31	2000	49.31670183	49.31670183	6.937	6.937
32	2001	49.30117841	49.29693207	6.969784	6.969432
33	2002	49.28896992	49.2942355	6.984592	6.983496

CASE	YEAR	INFL	UNEMPL	INFL_INDX_99	CARPRICE_INDX	DR2USD	GAS_PRICE
1	1970	3	4.2	1.962		30	4.78
2	1971	3	3.1	2.022		30	5.27
3	1972	4.3	2.1	2.109		30	5.63
4	1973	15.5	2	2.436		29.6	6.42
5	1974	26.9	2.1	3.091	4.5	30	12.78
6	1975	13.4	2.3	3.504	5.5	32	14.00
7	1976	13.3	1.9	3.971	6.7	36.5	14.76
8	1977	12.2	1.7	4.454	7.3	36.8	16.13
9	1978	12.5	1.9	5.013	8	36.7	20.80
10	1979	19	1.9	5.967	10.6	37	27.00
11	1980	24.9	2.7	7.452	15	42.6	34.70
12	1981	24.5	4	9.274	17.3	55.4	40.30
13	1982	21.1	5.8	11.233	19.9	66.8	43.70
14	1983	20.2	7.9	13.5	24.7	88.1	50.00
15	1984	18.5	8.1	15.992	28.5	112.7	57.00
16	1985	19.3	7.8	19.081	35.2	138.1	68.60
17	1986	23	7.4	23.472	48.6	140	77.50
18	1987	16.4	7.4	27.321	56.6	135.4	77.00
19	1988	13.5	7.7	31.015	61.7	141.9	77.00
20	1989	13.7	7.5	35.264	68	162.4	78.10

21	1990	20.4	7	42.47	70.6	158.5	114.90
22	1991	19.5	7.7	50.733	72.9	182.3	140.00
23	1992	15.9	8.7	58.787	85.8	190.7	156.06
24	1993	14.4	9.7	67.259	97.3	229.3	201.72
25	1994	10.9	9.6	74.573	100.3	242.6	200.36
26	1995	8.9	10	81.236	103	231.7	204.10
27	1996	8.2	10.3	87.893	104.2	240.7	219.44
28	1997	5.5	10.3	92.759	106.3	273.1	227.96
29	1998	4.8	10.8	97.18	110.8	282.6	221.14
30	1999	2.6	11.7	99.742	100	316.04	227.96
31	2000	3.2	11.1	102.884	93.4	365.62	276.34
32	2001	3.4	10.2	106.356	95.6	397.39	268.84
33	2002	3.6	9.6	110.216	96.5	346.54	267.14

CASE	YEAR	GASPRICE_INDX	INFL_INDX_99	GDP (bil. Current prices)	Private Consumption	Household Expenses for cars
1	1970	2.10	1.962	337.7	222.80	953
2	1971	2.31	2.022	375	242.10	1117
3	1972	2.47	2.109	434	268.20	1630
4	1973	2.82	2.436	567.2	330.70	2581
5	1974	5.61	3.091	650.3	407.70	2565
6	1975	6.14	3.504	782.4	495.40	5414
7	1976	6.47	3.971	973.4	602.20	9911
8	1977	7.08	4.454	1139.9	739.00	21021
9	1978	9.12	5.013	1391.1	903.80	27904
10	1979	11.84	5.967	1724.5	1110.10	22641
11	1980	15.22	7.452	2066.1	1365.60	16720
12	1981	17.68	9.274	2466.2	1672.50	22450
13	1982	19.17	11.233	3100.6	2087.70	45310
14	1983	21.93	13.5	3697.2	2540.50	48401
15	1984	25.00	15.992	4595.9	3046.20	64878
16	1985	30.09	19.081	5604.8	3667.40	101674
17	1986	34.00	23.472	6693	4426.10	139684
18	1987	33.78	27.321	7537.4	5331.70	125129
19	1988	33.78	31.015	9169	6502.00	144325
20	1989	34.26	35.264	10895.2	7827.70	214309
21	1990	50.40	42.47	13143.1	9627.70	290353
22	1991	61.42	50.733	16230.5	11851.40	393817
23	1992	68.46	58.787	18766.1	14033.50	537287
24	1993	88.49	67.259	21135.7	15900.90	455931
25	1994	87.89	74.573	23983.6	18012.10	383948
26	1995	89.54	81.236	27235.2	20138.80	336142
27	1996	96.26	87.893	29935.1	22219.60	353378
28	1997	100.00	92.759	33132.7	24045.30	417639
29	1998	97.01	97.18	36042.2	25746.40	488443
30	1999	100.00	99.742	38449.2	27072.90	475730
31	2000	121.23	102.884	41371.4	28677.90	527288
32	2001	117.94	106.356	44446.1	30415.00	
33	2002	117.19	110.216	48159.64	32260.50625	

CASES	YEAR	PRV.CONSUPTION (bil.GRD)	PRV.CONS/CAP (in GRD_99)	GASPRICE_99 (GRD)	GAS_CONSUMPTION FOR ROAD TRANSPORT (IN TOE) .	DIESEL CONSUMPTION FOR ROAD TRANSPORT (IN TOE)
1	1970	222.80	1265575.05	243.63		
2	1971	242.10	1355819.83	260.63		
3	1972	268.20	1430696.33	266.95		
4	1973	330.70	1520372.15	263.55		
5	1974	407.70	1471755.45	413.46		
6	1975	495.40	1562821.23	399.54		
7	1976	602.20	1654263.29	371.69	1004000	650000
8	1977	739.00	1782442.39	362.15	1156000	708000
9	1978	903.80	1911898.48	414.92	1311000	808000
10	1979	1110.10	1948416.23	452.49	1320000	828000
11	1980	1365.60	1900469.00	465.65	1327000	886000
12	1981	1672.50	1853596.53	434.55	1394000	858000
13	1982	2087.70	1898502.81	389.03	1460000	901000
14	1983	2540.50	1911163.95	370.37	1515000	1077000
15	1984	3046.20	1924884.52	356.43	1617000	1162000
16	1985	3667.40	1934729.00	359.52	1736000	1200000
17	1986	4426.10	1891886.87	330.18	1821000	1289000
18	1987	5331.70	1951376.84	281.83	1948000	1305000
19	1988	6502.00	2088669.16	248.27	2087000	1325000
20	1989	7827.70	2200041.15	221.47	2275000	1341000
21	1990	9627.70	2231120.51	270.54	2373000	1362000
22	1991	11851.40	2279648.69	275.95	2447000	1549000
23	1992	14033.50	2312734.45	265.47	2532000	1557000
24	1993	15900.90	2277701.64	299.92	2594000	1588000
25	1994	18012.10	2316610.26	268.68	2645000	1601000
26	1995	20138.80	2371383.39	251.25	2724000	1660000
27	1996	22219.60	2413190.00	249.67	2890000	1711000
28	1997	24045.30	2469067.65	245.76	2985000	1732000
29	1998	25746.40	2519265.42	232.49	3106000	1851000
30	1999	27072.90	2575698.16	229.51	3165000	1888000
31	2000	28677.90	2640104.38	267.77	3230000	1890000
32	2001	30415.00	2608290.78	254.41	3336000	1895000
33	2002					

CASES	YEAR	TRUCKS	MOTOPEDS	CAR_FLEET	CARFLEET_INCREASE	NEW_CAR_REGISTRIONS (www.amvir.com)
1	1970	107361	69246	226893	37135	
2	1971	118284	72394	264028	39081	
3	1972	131019	75877	303109	43624	
4	1973	150349	80028	346733	30447	

5	1974	170396	82952	377180	61373	
6	1975	198148	87176	438553	70781	
7	1976	226573	91034	509334	111421	
8	1977	265015	97230	620755	107406	
9	1978	306181	101322	728161	93873	
10	1979	356033	110319	822034	36811	
11	1980	389377	95785	858845	53540	35728
12	1981	441081	100587	912385	83871	46860
13	1982	496589	122497	996256	73087	79981
14	1983	537538	138966	1069343	75723	64549
15	1984	571872	151539	1145066	114269	65747
16	1985	595761	162295	1259335	95807	78534
17	1986	622037	173694	1355142	73404	65166
18	1987	650950	183253	1428546	75375	50501
19	1988	683700	197995	1503921	101260	57666
20	1989	724203	219547	1605181	130342	85645
21	1990	766429	256594	1735523	41961	115314
22	1991	792770	295675	1777484	51616	167737
23	1992	797788	339774	1829100	129444	199004
24	1993	825697	387877	1958544	115537	147789
25	1994	849033	428953	2074081	130680	112567
26	1995	883823	475668	2204761	134660	90676
27	1996	914827	517890	2339421	160678	106256
28	1997	951785	570965	2500099	175577	156537
29	1998	987357	633765	2675676	253205	180519
30	1999	1023987	710775	2928881	266184	261717
31	2000	1057422	781361	3195065	228639	290225
32	2001	1085811	853366	3423704	224130	280295
33	2002			3647834		268489

CASES	YEAR	AV_CARFLEET_AGE (από TERM, notice the drop απο την απόσυρση!)	PKM BY CARS (BIL.PKM- bold represents real data by eurostat)	PKM per CAP by CAR (km /cap /year)	PKM BY ALL BUSES (bil. PKM)	PKM per CAP by BUS (km / cap / year)
1	1970	?	8.6	978.07	9.40	1069.06
2	1971	?	10.88	1232.02	10.02	1134.63
3	1972	?	13.16	1480.54	10.64	1197.04
4	1973	?	15.44	1729.18	11.26	1261.05
5	1974	?	17.72	1977.23	11.88	1325.59
6	1975	?	20	2210.79	12.50	1381.74
7	1976	?	21.52	2347.50	13.12	1431.19
8	1977	?	23.04	2475.16	13.74	1476.07
9	1978	?	24.56	2604.47	14.36	1522.81
10	1979	?	26.08	2731.39	14.98	1568.87
11	1980	7.40	27.6	2862.33	15.60	1617.84
12	1981	7.80	30.08	3091.68	15.82	1626.01
13	1982	8.00	32.56	3326.01	16.04	1638.49

14	1983	8.30	35.04	3558.58	16.26	1651.33
15	1984	8.50	37.52	3791.51	16.48	1665.35
16	1985	8.70	40	4026.46	16.70	1681.05
17	1986	9.00	41.76	4189.72	16.90	1695.55
18	1987	9.50	43.52	4351.72	17.10	1709.89
19	1988	9.90	45.28	4511.29	17.30	1723.62
20	1989	10.10	47.04	4662.25	17.50	1734.47
21	1990	10.30	48.8	4802.89	17.70	1742.03
22	1991	9.00	49.7	4850.04	18.10	1766.31
23	1992	8.10	50.6	4902.21	18.50	1792.31
24	1993	8.30	53.5	5154.41	18.90	1820.91
25	1994	8.80	56	5371.04	19.60	1879.86
26	1995	9.20	58.8	5624.63	20.20	1932.27
27	1996	9.60	61.7	5889.72	20.40	1947.33
28	1997	9.90	64.4	6134.01	20.70	1971.65
29	1998	10.20	68	6466.11	21.20	2015.91
30	1999	10.20	73	6927.25	21.50	2040.22
31	2000	?	77.1	7302.57	21.70	2055.33
32	2001	?	?	?	?	?
33	2002	11.2	?	?	?	?

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Ημερομηνία συμπλήρωσης:

1. Φύλο: Άνδρας Γυναίκα
2. Ηλικία:
3. Επάγγελμα:
4. Τόπος κατοικίας:
5. Οικογενειακή κατάσταση:
- Άγαμος Έγγαμος Διαζευγμένος Άλλο
6. Εκπαιδευτικό επίπεδο:
- Βασική Εκπαίδευση
- Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
- Τριτοβάθμια Εκπαίδευση (ΑΕΙ-ΤΕΙ)
- Μεταπτυχιακό – Διδακτορικό
7. Πόσα άτομα κατοικείτε στο ίδιο σπίτι / νοικοκυριό ;
- 1 5
- 2 6
- 3 Περισσότερα από 6 άτομα
- 4 Προσδιορίστε.....
8. Αριθμός ανήλικων μελών (κάτω των 18 ετών):.....
9. Πόσα από τα άτομα που κατοικείτε μαζί στο ίδιο σπίτι, εργάζονται;
- 1 5
- 2 6
- 3 Περισσότερα από 6 άτομα
- 4 Προσδιορίστε.....

10. Το συνολικό μηνιαίο εισόδημα όλων των ατόμων που ζείτε στο ίδιο σπίτι, σε ποια από τις παρακάτω κατηγορίες εντάσσεται;

Ευρώ

0 – 294

295 – 587

588 – 880

881 – 1174

1175 – 1467

1468 – 1760

1761 – 2055

2056 – 2348

2349 – 2641

2642 – 2935

Παραπάνω από 2936

Παρακαλούμε προσδιορίστε:.....

Δραχμές (προσεγγιστικά)

0 – 100 000

☐

101 000 – 200 000

☐

201 000 – 300 000

☐

301 000 – 400 000

☐

401 000 – 500 000

☐

501 000 – 600 000

☐

601 000 – 700 000

☐

701 000 – 800 000

☐

801 000 – 900 000 ف

901 000 – 1 000 000 ف

Παραπάνω από 1 000 000 ف

11. Πόσο χρόνο χρειάζεστε κατά μέσο όρο για μετάβαση στην εργασία σας:

12. Πόσο χρόνο δαπανάτε κατά μέσο όρο καθημερινά για τις μετακινήσεις σας με μέσα μεταφοράς; (όπως αυτοκίνητο, λεωφορείο, ταξί, ηλεκτρικός κτλ.)

μέχρι 30 λεπτά ف 76 – 90 λεπτά ف

31 – 45 λεπτά ف 91 – 105 λεπτά ف

46 – 60 λεπτά ف 106 – 120 λεπτά ف

61 – 75 λεπτά ف Περισσότερο από 120 λεπτά ف

13. Πόσα άτομα βρίσκεστε μέσα στο αυτοκίνητο, όταν μετακινηθείτε με αυτό προς τους παρακάτω τρεις (3) προορισμούς; Μοιράστε 100 μονάδες σε κάθε μία από τις τρεις περιπτώσεις μετακινήσεις. Το σύνολο των μονάδων πρέπει να είναι 100%.

π.χ. για την πρώτη περίπτωση (εργασία) θα μπορούσαμε να έχουμε:

	Μόνος	2 άτομα	3 άτομα	4 άτομα	5 άτομα	
1. Εργασία	70%	25%	4%	1%	0%	Σύνολο=100%

	Μόνος	2 άτομα	3 άτομα	4 άτομα	5 άτομα	ΣΥΝΟΛΟ
1. Εργασία						100%
2. Διακοπές						100%
3. Εξωτερικές δουλειές στην πόλη						100%

14. Πόσα αυτοκίνητα έχετε στην οικογένεια σας;
(εάν δεν διαθέτετε αυτοκίνητο, δεν απαντάτε στις ερωτήσεις που αναφέρονται σε αυτά)

Κανένα ف Τρία ف

Ένα ف Περισσότερα ف

Δύο ف Πόσα; -----

15. Πότε αγοράσατε το / τα αυτοκίνητο / τα; (συμπληρώνετε τον μήνα και το έτος κτήσης π.χ. 08/1998, εάν αγοράστηκε μεταχειρισμένο συμπληρώνετε το έτος της πρώτης κυκλοφορίας του αυτοκινήτου)

Ημερομηνία κτήσης πρώτου αυτοκινήτου

Ημερομηνία κτήσης δεύτερου αυτοκινήτου

Ημερομηνία κτήσης τρίτου αυτοκινήτου

16. Ποιος είναι ο κυβισμός του /των αυτοκινήτου /των ; (συμπληρώστε για κάθε αυτοκίνητο, πχ 1400 κυβικά εκατοστά).

	Κυβικά εκατοστά
1 ^ο αυτοκίνητο	
2^ο αυτοκίνητο	
3^ο αυτοκίνητο	

17. Ποιόν τύπο βενζίνης χρησιμοποιούν το/τα αυτοκίνητα σας; (επιλέξτε για κάθε αυτοκίνητο)

	1 ^ο αυτοκίνητο	2 ^ο αυτοκίνητο	3 ^ο αυτοκίνητο
Super			
Αμόλυβδη			
Πετρέλαιο diesel			

18. Πόσα χιλιόμετρα περίπου έχουν διανύσει μέχρι σήμερα τα αυτοκίνητα σας; (εάν δεν θυμόσαστε, συμβουλευτείτε το κοντέρ του αυτοκινήτου σας π.χ. 73500 χιλ.)

1ο Αυτοκίνητο		χιλ.
2ο Αυτοκίνητο		χιλ.
3ο Αυτοκίνητο		χιλ.

19. Πόσα χρήματα δαπανάτε εβδομαδιαία για καύσιμα στο αυτοκίνητο σας;

.....Ευρώ

20. Τι μεταφορικό μέσο χρησιμοποιείτε για τη μετάβαση στην εργασία σας;

ΙΧ αυτοκίνητο	ث	Μοτοσικλέτα	ث
Λεωφορείο	ث	Ηλεκτρικό σιδηρόδρομο	ث
Μετρό	ث	Συνδυασμό μέσων	ث
		Προσδιορίστε τον συνδυασμό μέσων.....	

ΠΕΡΙ ΑΠΟΣΥΡΣΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ 1990-1993

Ο αριθμός των αυτοκινήτων που αποσύρονται κάθε έτος λόγω παλαιότητας καθώς και λόγω ατυχημάτων τα οποία τα καθιστούν μη κατάλληλα προς λειτουργία και μη επιδιορθώσιμα, κυμαίνεται σε ποσοστό 0.6 έως 0.8% επί του συνολικού αριθμού των εν κυκλοφορία οχημάτων. Από τα ποσοστά αυτά φαίνεται ότι ο αριθμός των αποσυρόμενων οχημάτων ετησίως είναι ιδιαίτερα μικρός, και οφείλεται εν μέρει στο ότι αρκετά παλαιά αυτοκίνητα αποσύρθηκαν κατά τα έτη 1991 και 1992 αλλά και στην φορολογική πολιτική που ακολουθήθηκε στη χώρα σε σχέση με το αυτοκίνητο. Κατά τα έτη 1991 και 1992 η εφαρμογή του μέτρου της απόσυρσης των παλαιών αυτοκινήτων οδήγησε στην απομάκρυνση από την κυκλοφορία 284.550 επιβατικών αυτοκινήτων και 47.220 ελαφρών φορτηγών. Από τα οχήματα αυτά το 46.3% προέρχονταν από την ευρύτερη περιοχή Αθηνών, ενώ το 53.7% από την υπόλοιπη χώρα.

Τα αυτοκίνητα τα οποία βγήκαν εκτός λειτουργίας λόγω του μέτρου της απόσυρσης κατά τα έτη 1991 και 1992 παρελήφθησαν από τον Οργανισμό Διαχείρισης Δημόσιου Υλικού (ΟΔΔΥ) και οδηγήθηκαν προς εκποίηση από διάφορες μικρές ιδιωτικές επιχειρήσεις (μάντρες) οι οποίες αφού αφαιρέσουν τα ανταλλακτικά που βρίσκονται σε καλή κατάσταση και έχουν κάποια αξία μεταπώλησης, καθώς και διάφορα άλλα αξιοποιήσιμα υλικά (ορυκτέλαια κλπ.) πωλούν το υπόλοιπο όχημα για ανακύκλωση. Όσον αφορά στα εγκαταλελειμμένα οχήματα, η ΚΥΑ 69728/824/96 στο άρθρο 18 ορίζει την διαδικασία βάσει της οποίας τα οχήματα αυτά συλλέγονται και διαχειρίζονται.

ΘΩΜΑΣ Γ. ΧΟΝΔΡΟΣ
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
Πανεπιστήμιο Πατρών
Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών
265 00 Πάτρα
e-mail: chondros@mech.upatras.gr
Εργασία, ανακύκλωση ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΤΕΛΟΥΣ ΖΩΗΣ

Από το 1989 ξεκίνησε στην Ελλάδα μια προσπάθεια για την αντικατάσταση του παλαιωμένου τότε στόλου των αυτοκινήτων (τα 11,3 χρόνια έφτανε μέσο όρο η ηλικία τους), παρέχοντας σημαντικά κίνητρα για την αντικατάστασή τους, όπως αυτό της απόσυρσης.

Παρά το γεγονός ότι 360.000 αυτοκίνητα αποσύρθηκαν παραδίδοντας τη «σκυτάλη» σε σύγχρονα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας, με όλες τις ευεργετικές συνέπειες, όπως αυτή της μείωσης των εκπεμπόμενων καυσαερίων, παρατηρήθηκε το φαινόμενο της εξέλιξης του στόλου με ασύμμετρο ρυθμό (συγκέντρωση αυτοκινήτων σε συγκεκριμένες περιοχές).

Στην Αττική -απόρροια αυτού του φαινομένου- διοχετεύεται ο μεγαλύτερος αριθμός των αυτοκινήτων που εισάγονται στη χώρα μας, δημιουργώντας μια «αποπνικτική» εικόνα. Σε ένα στόλο 3.156.000 οχημάτων που διαθέτει η χώρα μας, τα 1.700.000 βρίσκονται στην Αττική.

Υφυπουργός Οικονομικών, Απ. Φωτιάδης, Συνέδριο Economist, 20-10-2001

Πηγή: <http://www.in.gr/news/article.asp?lngEntityID=334885>

1.500.000 γηρασμένα Ι.Χ. καθ' οδόν προς την (οικολογική;) ανακύκλωση στη χώρα μας. Η Κοινοτική Οδηγία 2000/53, η οποία ενσωματώθηκε στο Εθνικό δίκαιο με το Νόμο 2939/2001 ορίζει ότι από το 2007 η Ελλάδα θα πρέπει να εφαρμόσει την απόσυρση και ανακύκλωση των Ι.Χ. αυτοκινήτων ηλικίας από 10-15 χρόνια, ανάλογα με τον τύπο. Από το 2003 και ως το 2007 η χώρα μας οφείλει να ετοιμάσει το σύστημα αποταξινόμησης-απόσυρσης και εν συνεχεία της ανακύκλωσης. Η απόσυρση θα γίνεται, σε πρώτη φάση με παράδοση στον ΟΔΔΥ, ενώ μέσα στα επόμενα χρόνια θα πρέπει να οργανωθούν γι' αυτή τη δουλειά οι αντιπροσωπείες

αυτοκινήτων και άλλες ειδικές ιδιωτικές ή δημοτικές επιχειρήσεις.

Το μέτρο της απόσυρσης με αυτή τη διαδικασία θα αρχίσει να εφαρμόζεται (προαιρετικά - αλλά με... αντικίνητρα σε όσους αδιαφορήσουν) από τον Φεβρουάριο του 2003, αλλά από το 2007 θα είναι υποχρεωτική.

Πηγή: Ενημερωτικό δελτίο ΤΕΕ, Τεύχος 2222 - Δευτέρα 11 Νοεμβρίου 2002

ΚΑΥΣΕΙΣ 4 ΤΡΟΧΩΝ

“Στη διάρκεια της ζωής του, ένα μέσο αυτοκίνητο διανύει 160.000 χιλιόμετρα, καταναλώνοντας πάνω από 13.500 λίτρα βενζίνης. Από την εξάτμισή του διαχέει πάνω από 35 τόνους άνθρακα, με τη μορφή διαφόρων αερίων και σωματιδίων. Τα 500 εκατομμύρια αυτοκίνητα που κυκλοφορούν στον πλανήτη, υπολογίζεται ότι παράγουν 10 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα καυσαερίων τον χρόνο. Εάν αυτό δεν είναι αρκετό για να σας... πνίξει, σας υπενθυμίζουμε ότι ο αριθμός των αυτοκινήτων αναμένεται να αυξηθεί κατά 50% έως το 2010 και να διπλασιασθεί έως το 2030”.

“The Economist” (1996)

ΗΜΕΡΗΣΙΑ / ΠΡΙΣΜΑ, τεύχος 48, 5-6 Φεβρουαρίου 2000

Τα έσοδα από τον ειδικό φόρο κατανάλωσης οχημάτων (τόσο των εγχωρίως παραγομένων και εισγομένων από χώρες της Ε.Ε. όσο και των εισαγομένων από χώρες εκτός Ε.Ε.) θα φθάσουν τα 98 δισ. δρχ. έναντι 92,1 δισ. δρχ. των προβλέψεων του προϋπολογισμού. Σε σχέση με το 1994 η αύξηση φθάνει τα 18,3 δισ. δρχ. ή ποσοστό 23%). Η αύξηση αυτή οφείλεται στην ομαλοποίηση της αγοράς αυτοκινήτων μετά την αρνητική εικόνα που είχε παρουσιαστεί το 1994, ως αποτέλεσμα του μέτρου της απόσυρσης των αυτοκινήτων παλαιάς τεχνολογίας που ίσχυσε τα προηγούμενα χρόνια.

Ηλεκτρονική εφημερίδα ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

ΔΗΜΟΣΙΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΒΟΡΕΙΟΥ ΕΛΛΑΔΟΣ "Ι.Κ. ΒΕΛΛΙΔΗΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΕΤΗΣΙΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΙΑΝΥΟΜΕΝΩΝ ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΩΝ ΑΝΑ ΟΧΗΜΑ

ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΕΙΧ	11667
ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΑ ΕΙΧ	14885
ΓΑΞΙ	78388
ΦΟΡΤΗΓΑ ΙΧ (βενζινοκίνητα)	16915

Στο Ν.Αττικής κυκλοφορεί το 48% του στόλου των Ε.Ι.Χ

Τα σημαντικότερα προγράμματα που έχει υλοποιήσει το τμήμα είναι η απόσυρση των παλαιών οχημάτων (1991-1993) και η κάρτα ελέγχου καυσαερίων (Κ.Ε.Κ) . Με το πρόγραμμα της απόσυρσης αντικαταστάθηκαν 384000 παλιά οχήματα με νέα καταλυτικά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗ

ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ	63%
ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΑ	37%

ΜΑΡΚΑ	ΣΥΝΟΛΟ	ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ	ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΑ
FIAT	10.6%	8.2%	14.5%
TOYOTA	9.7%	9.4%	10.4%
OPEL	7.7%	8.3%	6.9%
NISSAN	7.5%	8.0%	6.6%
FORD	7.0%	9.1%	3.6%
V.W	5.8%	6.5%	4.6%
SEAT	5.2%	4.8%	5.9%
LADA	4.4%	5.6%	2.5%
PEUGEOT	3.8%	2.7%	5.7%
RENAULT	3.8%	3.2%	4.7%
CITROEN	3.5%	2.6%	5.0%

HONDA	3.1%	3.9%	1.6%
B.M.W	3.0%	2.9%	3.0%
SUZUKI	2.6%	1.5%	4.4%
ALFA ROMEO	1.8%	1.4%	2.5%
AUDI	1.8%	2.1%	1.2%
MERCEDES	1.7%	2.0%	1.2%
SKODA	1.6%	1.0%	2.7%
MAZDA	1.5%	1.0%	2.5%
LANCIA	0.9%	0.9%	1.0%

Πηγή: Τμήμα Αυτοκινήτων και Εξωτερικών Καύσεων

Τμηματάρχης: Παρίσης Ζήκος, Μαθηματικός

Τηλ. εξωτ.: 8646777, 8646772, Τηλ. εσωτ.: 65, 30, 70

Οι ειδικοί μελέτησαν ένα σενάριο για την Αθήνα του 2004, σύμφωνα με το οποίο τα κυκλοφορούντα οχήματα θα αυξηθούν από 1, 5 εκ. που ήταν το έτος-αναφορά 1990 σε 2, 2 εκ. Εκτιμάται πως αν το έτος της Ολυμπιάδας, το 70% των κυκλοφορούντων αυτοκινήτων είναι καταλυτικά, θα έχουμε μείωση των εκπομπών από αυτή την πηγή κατά 40%. Να σημειωθεί ότι γι' αυτό το χρονικό ορίζοντα έχει υπολογιστεί ότι το οδικό δίκτυο της πρωτεύουσας θα έχει αυξηθεί κατά 10%, ενώ λόγω κυρίως του Μετρό, η αύξηση των οχηματοχλιομέτρων θα είναι μικρή.

Πέμπτη 13 Μαρτίου 1997, ΧΑΡΑ ΤΖΑΝΑΒΑΡΑ, E on-Line, Τεγόπουλος Εκδόσεις Α.Ε.

Αθήνα: Εντός των ημερών εκδίδεται το Προεδρικό Διάταγμα του ΥΠΕΧΩΔΕ με το οποίο θα εφαρμοστεί από το Φεβρουάριο του 2003 η πρώτη φάση της απόσυρσης των γηρασμένων ΙΧ αυτοκινήτων, προκειμένου να μην παραπεμφθεί η χώρα στο Ευρωπαϊκό Δικαστήριο για το συγκεκριμένο θέμα.

Όπως αναφέρει Το Βήμα, όσοι θέλουν να αποσύρουν από την κυκλοφορία το αυτοκίνητό τους που έχει συμπληρώσει 12 - 15 χρόνια ζωής, θα το παραδίδουν σε

πρώτη φάση στον ΟΔΔΥ και στη συνέχεια θα γίνεται η αποταξινόμησή του. Αν δεν το πράξουν θα συνεχίσουν να πληρώνουν τα τέλη κυκλοφορίας, ακόμα και εάν το έχουν εγκαταλειμένο έξω από το σπίτι τους ή αλλού.

Για όσους εξακολουθούν να διατηρούν γηρασμένα ΙΧ θα υπάρξουν σταδιακά αντικίνητρα για την κυκλοφορία τους. Από το 2007 η απόσυρση των παλαιών αυτοκινήτων γίνεται υποχρεωτική, με την καθιέρωση αντικινήτρων, όπως τα όρια εκπομπής καυσαερίων, οι τεχνικοί έλεγχοι, ακόμη και η απαγόρευση κυκλοφορίας τους στο κέντρο της Αθήνας.

Για τα οχήματα που κυκλοφόρησαν από την 1η Ιουλίου 2002 και μετά κοινοτική Οδηγία προβλέπει υποχρεωτική απόσυρση μετά από 10 έως 15 έτη, ανάλογα με τον τύπο του οχήματος.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης η Ελλάδα έχει τον πλέον γηρασμένο στόλο αυτοκινήτων, καθώς ο μέσος όρος ζωής των ΙΧ είναι 11 χρόνια, ενώ στην ΕΕ μόλις επτά.

Πηγή:news.in.gr

Το άρθρο αυτό προέρχεται από Θεσσαλονίκη Α.Ε.
<http://www.thessalonikhAE.gr>

24 October 2002

ΔΟΚΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Δοκιμή 1

$$\text{TOT_CARS} = C + b1 \square \text{POP1765} + b2 \square \log(\text{GDP99}) - b3 \square \text{UNEMPL} - b5 \square \text{INFL} - b4 \square \text{GAS_PR99} + b6 \square \text{GRD2USD}$$

Όπου

TOT_CARS	ο συνολικός αριθμός των αυτοκινήτων σε όλη την χώρα
POP1765	πληθυσμός ηλικίας από 17 έως 65 ετών (10^6 άτομα)
GDP99	συνολικό ΑΕΠ σε σταθερές τιμές του 1999 (10^9 δρχ.)
UNEMPL	ανεργία (%)
INFL	πληθωρισμός (%)
GAS_PR99	τιμή βενζίνης σε σταθερές τιμές 1999 (δρχ.)
GRD2USD	ισοτιμία 1 δολαρίου σε δραχμές (τρέχουσες τιμές)

Η παλινδρόμηση έδωσε τα εξής αποτελέσματα:

$$\text{TOT_CARS} = -7402031 + 784610.7 \square \text{POP1765} + 782390.5 \square \log(\text{GDP99}) - 30479.049 \square \text{UNEMPL} - 7005.883 \square \text{INFL} + 688.844 \square \text{GAS_PR99} + 4640.37 \square \text{GRD2USD}$$

t-values: -4.064; 4.498; 1.349; -2.320; -2.526; 2.217; 9.202

Significance level: 99%, 99%, 81%, 97%, 98%, 96%, 99%

VIF (for the coefficients): 72.797; 21.236; 15.000; 3.062; 3.981; 22.698

Durbin-Watson d statistic: 1.286

Std. Error of the Estimate: 64290.97

Adjusted R Square: 0.995

N = 32

$$\text{TOT_CARS} = C + b1 \square \text{POPMV} - b2 \square \text{UNEMPL} - b3 \square \text{INFL} + b4 \square \text{GRD2USD}$$

Όπου

TOT_CARS ο συνολικός αριθμός των αυτοκινήτων σε όλη την χώρα

POPMV συνολικός πληθυσμός χώρας (10^{-6} άτομα)

UNEMPL ανεργία (%)

INFL πληθωρισμός (%)

GRD2USD ισοτιμία 1 δολαρίου σε δραχμές (τρέχουσες τιμές)

Τα αποτελέσματα της πολλαπλής παλινδρόμησης είναι τα εξής:

$$\text{TOT_CARS} = -6438739.383 + 760814.483 \square \text{POPMV} - 47374.989 \square \text{UNEMPL} - 5519.216 \square \text{INFL} + 5100.205 \square \text{GRD2USD}$$

t-values: -11.940; 12.135; -5.849; -2.693; 13.371

Significance level: 99%, 99%, 99%, 98%, 99%

VIF (for the coefficients): 17.254; 7.855; 2.303; 17.889

Durbin-Watson d statistic: 1.703

Std. Error of the Estimate: 54776.50

Adjusted R Square: 0.996

N = 32

$$\text{TOT_CARS} = C + b1 \square \text{POPMV} - b2 \square \text{UNEMPL} - b3 \square \text{INFL} + b4 \square \text{GRD2USD} - b5 \square \text{CAR_PRICE}$$

Όπου

TOT_CARS ο συνολικός αριθμός των αυτοκινήτων σε όλη την χώρα

POPMV συνολικός πληθυσμός χώρας (10^{-6} άτομα)

UNEMPL ανεργία (%)

INFL πληθωρισμός (%)

GRD2USD ισοτιμία 1 δολαρίου σε δραχμές (τρέχουσες τιμές)

CAR_PRICE η ετήσια διακύμανση της τιμής ενός αυτοκινήτου σταθερής αξίας έτους βάσης

Η παλινδρόμηση έδωσε τα εξής:

$$\text{TOT_CARS} = -7170116.045 + 864598.241 \square \text{POP_MV} - 46224.612 \square \text{UNEMPL} - 3265.037 \square \text{INFL} + 4317.17 \square \text{GRD2USD} - 36483.137 \text{CAR_PRICE}$$

t-values: -10.236; 10.782; -5.048; -1.310; 9.252; -2.548

Significance level: 99%, 99%, 99%, 80%, 99%, 98%

VIF (for the coefficients): 20.037; 9.310; 3.022; 25.437; 4.066

Durbin-Watson d statistic: 1.566

Std. Error of the Estimate: 51686.69

Adjusted R Square: 0.996

N = 28

$$\text{TOT_CARS} = C + b1 \square \text{POP_URB} - b2 \square \text{UNEMPL} - b3 \square \text{INFL} + b4 \square \text{GRD2USD} - b5 \square \text{CAR_PRICE}$$

$$\text{TOT_CARS} = -3852916.256 + 913900.402 \square \text{POP_URB} - 41533.15673955 \square \text{UNEMPL} - 3029.201 \square \text{INFL} + 4665.453 \square \text{GRD2USD} - 50800.507 \square \text{CAR_PRICE}$$

Standardized Coefficients: 0.493; -0.162; -0.025; 0.592; -0.084

t-values: -8.159; 9.065; -3.999; -1.055; 8.977; -2.964

Significance level: 99%, 99%, 99%, 70%, 99%, 99%

VIF (for the coefficients): 16.219; 9.026; 3.021; 23.773; 4.390

Durbin-Watson d statistic: 1.432

Std. Error of the Estimate: 59544.31

Adjusted R Square: 0.995

N = 28

$$\text{TOT_CARS} = C + b1 \square \text{POP_URB} - b2 \square \text{UNEMPL} - b3 \square \text{INFL} + b4 \square \text{GRD2USD} - b5 \square \text{Lag}(\text{CAR_PRICE})$$

$$\text{TOT_CARS} = -11623144.3 + 2244895.4 \square \text{POP_URB} - 35585.2 \square \text{UNEMPL} - 4206.9 \square \text{INFL} + 1496.1 \square \text{GRD2USD} - 7807.4 \square \text{Lag}(\text{CAR_PRICE})$$

Rho: 0.7609117

Standard Error of Rho: 0.14508849

Standardized Coefficients: 0.826; -0.142; -0.06; 0.021; -0.0197

t-values: -8.08; 8.99; -3.04; -1.4; 2.44; -0.39

Significance level: 99%, 99%, 99%, 82%, 97%, 30%

Durbin-Watson d statistic: 0.99

Std. Error of the Estimate: 41603.97

N=27

αποπληθωρισμένης τιμής των οχημάτων..

$CAR_DIF = C + b1 \square UNEMPL - b2 \square INFL - b3 \square CARPRICE - b4 \square GAS_PRICE + b5 \square GDP_BIL$

$CAR_DIF = 133.162 + 8.103 \square UNEMPL - 3.545 \square INFL - 0.539 \square CARPRICE - 0.881 \square GAS_PRICE + 0.0075 \square GDP_BIL$

Standardized Coefficients: 0.428; -0.392; -0.336; -1.245; 1.708

t-values: 5.759; 2.528; -3.016; -1.325; -2.382; 3.702

Significance level: 99%, 98%, 99%, 80%, 97%, 99%

VIF (for the coefficients): 6.304; 3.715; 14.141; 60.013; 46.764

Durbin-Watson d statistic: 1.898

Std. Error of the Estimate: 21.9879

Adjusted R Square: 0.877

N=28

Autoregressive model 1 – Cochrane-Orcutt

Κάνω GLS τη δοκιμή 3

$CAR_DIF = 139.244 + 8.781 \square UNEMPL - 4.143 \square INFL - 0.566 \square CARPRICE - 0.795 \square GAS_PRICE + 0.00673 \square GDP_BIL$

t-values: 5.663; 2.612; -2.990; -1.361; -2.037; 2.995

Significance level: 99%, 98%, 99%, 81%, 94%, 99%

Rho: -0.01455037

Standard Error of Rho: 0.21819479

Durbin-Watson d statistic: 1.9174791

Std. Error of the Estimate: 22.667089

Adjusted R Square: 0.87334509

N=28

$$\text{CAR_CAP} = C + b_1 \square \text{GDP_CAP9} - b_2 \square \text{UNEMPL} + b_4 \square \text{GRD2USD} - b_4 \square \text{CAR_PRICE} + b_5 \square \text{POP1765}$$

$$\text{CAR_CAP} = -408.735 + 30.495 \square \text{GDP_CAP9} - 1.929 \square \text{UNEMPL} + 0.328 \square \text{GRD2USD} - 0.798 \square \text{CAR_PRICE} + 70.785 \square \text{POP1765}$$

Standardized Coefficients: 0.136; -0.085; 0.469; -0.015; 0.479

t-values: -8.349; 3.643; -1.795; 7.177; -0.649; 6.332

Significance level: 99%, 99%, 91%, 99%, 47%, 99%

VIF (for the coefficients): 9.253; 14.827; 28.259; 3.466; 37.887

Durbin-Watson d statistic: 1.428

Std. Error of the Estimate: 4.8064

Adjusted R Square: 0.996

N=28

$$\text{CAR_CAP} = -93.909 + 9.47 \square 1765_GDP + 2.636 \square \text{UNEMPL} + 0.321 \square \text{GRD2USD}$$

t-values: -5.469; 7.544; 2.662; 6.162

Significance level: 99%, 99%, 98%, 99%

Rho: 0.26407608

Standard Error of Rho: 0.18561847

Durbin-Watson d statistic: 1.823

Std. Error of the Estimate: 6.253

Adjusted R Square: 0.989

N=32