



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΟΔΗΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΕΞΥΠΝΑ ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ



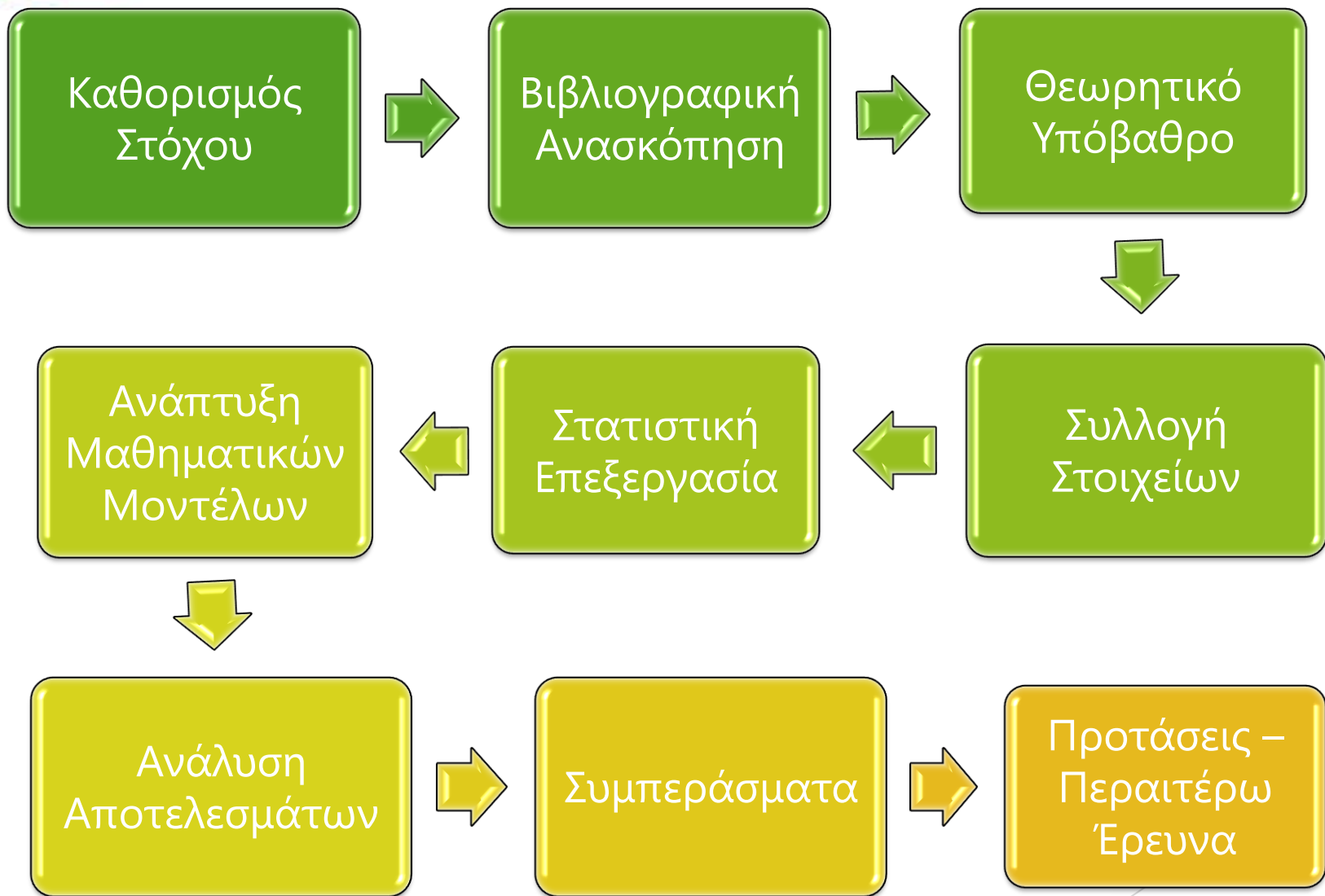
Μιχελαράκη Ευανθία

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2019



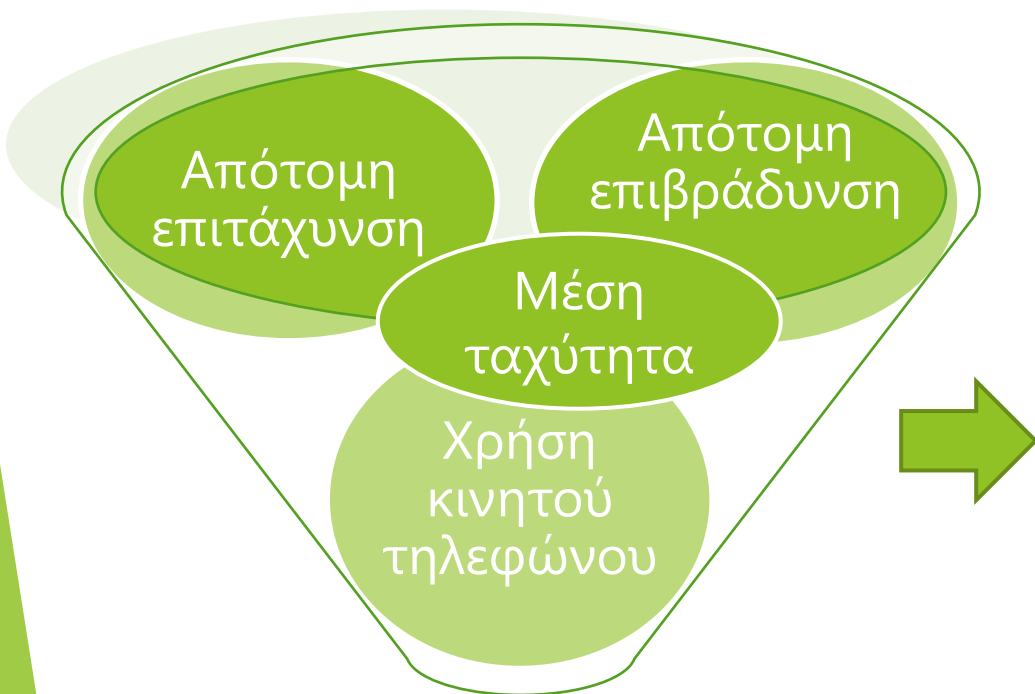
ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ





ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Συσχέτιση οδηγικής συμπεριφοράς
και κατανάλωσης καυσίμων
με δεδομένα από έξυπνα κινητά τηλεφωνα



Τα διάφορα στοιχεία που
συνθέτουν τον τρόπο
οδήγησης του οδηγού
αλληλεπιδρούν μεταξύ
τους και μπορούν να
προβλέψουν την
κατανάλωση καυσίμου



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ (1/2)

Ειδικά Διαγνωστικά Συστήματα επί των οχημάτων (OBD-II, Drive Diagnostics)

- Αξιολόγηση των **επιδόσεων** και της επικίνδυνης συμπεριφοράς οδήγησης
- Οπτική και ακουστική καθοδήγηση στον οδηγό
- **Αποστολή προειδοποιήσεων** με σκοπό τη βελτίωση της οδηγικής συμπεριφοράς
- **Επιβολή ποινών** και κυρώσεων σε περιπτώσεις μη συμμόρφωσης

Συσκευές Καταγραφής Δεδομένων επί των οχημάτων (IVDR, DSD)

- Προσδιορισμός **χαρακτηριστικών οδήγησης** (ταχύτητα, επιτάχυνση, επιβράδυνση)
- Κατηγοριοποίηση ανάλογα το είδος και τη σοβαρότητα
- Εκτίμηση της συμπεριφοράς του οδηγού ανάλογα με τις επιδόσεις του

Μεθοδολογία Συλλογής Στοιχείων

- Συνήθης μεθοδολογία η χρήση **προσομοιωτή, ερωτηματολογίων** ή οδήγηση σε πραγματικές συνθήκες
- **Σκιαγράφηση** του προφίλ του οδηγού, βελτίωση των επιπέδων οδικής ασφάλειας και οικολογικής οδήγησης



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ (2/2)

Οδηγός

- Η **επιθετική οδήγηση** συμβάλλει στην αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου
- Η **ενημέρωση** των χρηστών πάνω σε θέματα οικολογικής οδήγησης μπορεί να αλλάξει τη συμπεριφορά τους στο οδικό δίκτυο

Όχημα

- Τα **συστήματα καταγραφής** της συμπεριφοράς των οδηγών βελτιώνουν τα επίπεδα οδικής ασφάλειας και μειώνουν την κατανάλωση καυσίμου

Γενικά

- Η **οικολογική οδήγηση** συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές ρύπων
- Η ομαλή οδήγηση συμβάλλει στην **εξοικονόμηση έως και 30%** της κατανάλωσης καυσίμου

ΠΡΩΤΟΤΥΠΙΑ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ





ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Εξαρτημένη Μεταβλητή

- Γραμμική Παλινδρόμηση
- Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση

Μέθοδοι Ανάλυσης

- Συνεχής

- Συνεχείς
- Διακριτές

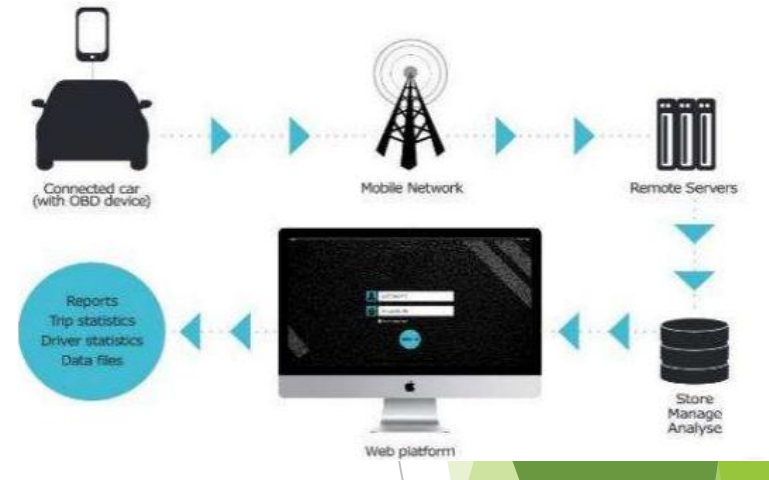
Ανεξάρτητες Μεταβλητές

Στατιστικοί Έλεγχοι

- Σταθεροί όροι β_i
- Στατιστική Σημαντικότητα t
- Συντελεστής Συσχέτισης R^2

ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Πρωτοποριακή και φιλική εφαρμογή smartphone



Ομαλή μετάβαση από τη συλλογή στοιχείων στη διαδικασία ανάλυσης δεδομένων μέσω αλγορίθμων



Αξιόπιστα αναλυτικά στοιχεία για κάθε οδηγό και διασφάλιση **προστασίας προσωπικών δεδομένων (GDPR)**





ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ



ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ



Κεντρική βάση δεδομένων OSeven



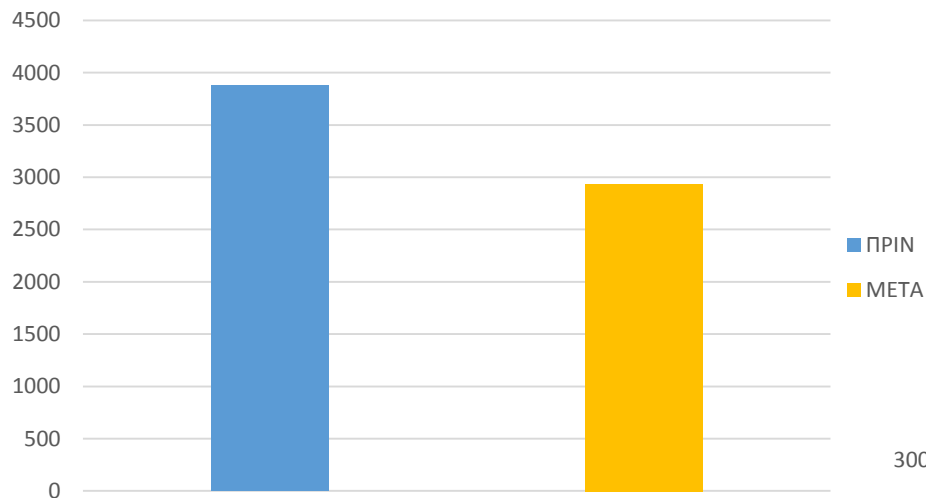
Πίνακας καταγραφής κατανάλωσης καυσίμων



Ερωτηματολόγια

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

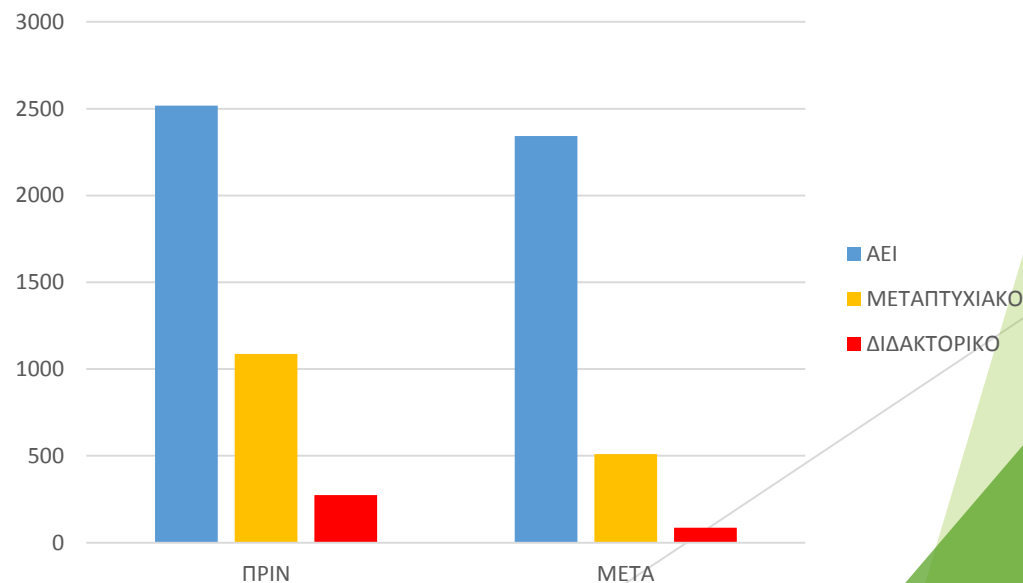
Απότομες επιταχύνσεις



Μείωση **23,7%**
των απότομων
επιταχύνσεων

Μείωση πάνω από **50%** των
απότομων φρεναρισμάτων από
τους περισσότερο μορφωμένους
χρήστες της οδού

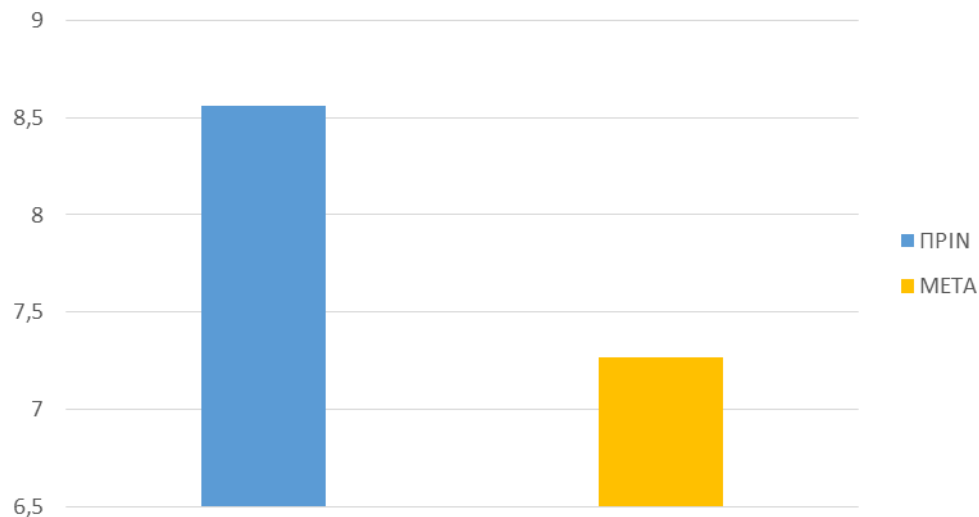
Απότομα φρεναρίσματα ανά εκπαιδευτικό υπόβαθρο



ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ



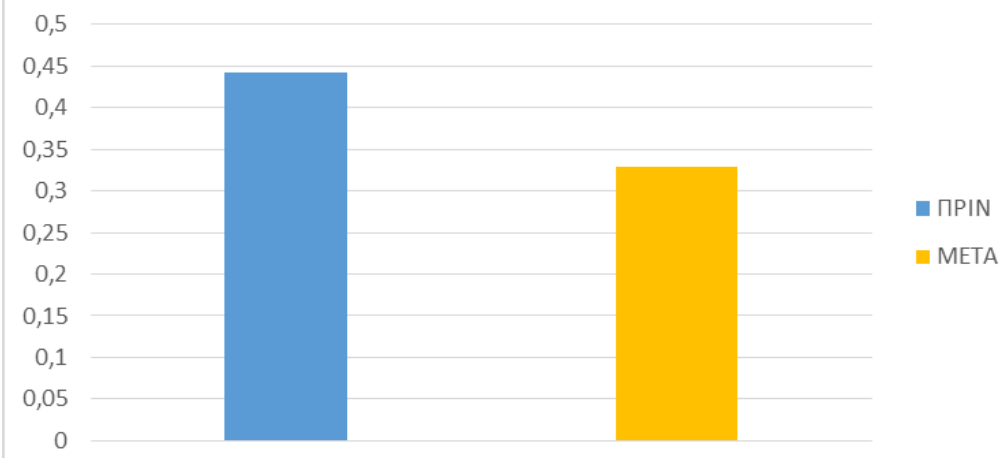
Μέση κατανάλωση καυσίμου (lt/100km)



Με τη βελτίωση της οδηγικής συμπεριφοράς των συμμετεχόντων παρουσιάστηκε αξιόλογη **μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά 15%**

Από άποψη οικολογικής προσέγγισης αποτυπώθηκε **25,5% μείωση** σε σχέση με την αρχική τους συμπεριφορά

Οικολογική οδήγηση





ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Εισαγωγή βάσης
δεδομένων στο
ειδικό λογισμικό
στατιστικής
ανάλυσης,
IBM SPSS 23.0

Έλεγχος
συσχέτισης
μεταβλητών

Καθορισμός
εξαρτημένης
και
ανεξάρτητων
μεταβλητών

Στατιστικοί
έλεγχοι
μαθηματικών
μοντέλων



ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Ίδιες ακριβώς
μεταβλητές

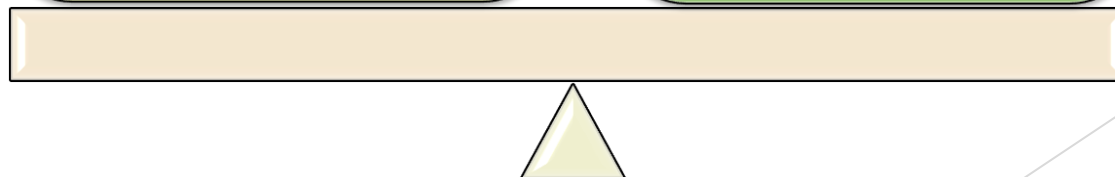
Σύγκριση
μοντέλων

Μοντέλο 1:
Πρόβλεψη
κατανάλωσης
καυσίμου – Γενικό
Μοντέλο

Μοντέλο 3:
Πρόβλεψη
κατανάλωσης
καυσίμου σε
υπεραστική οδό

Μοντέλο 2:
Πρόβλεψη
κατανάλωσης
καυσίμου σε
αυτοκινητόδρομο

Μοντέλο 4:
Πρόβλεψη
κατανάλωσης
καυσίμου σε
αστική οδό





ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (1/2)

Κατάλληλη Μέθοδος Ανάλυσης

Εξαρτημένη Μεταβλητή

Λογαριθμοκανονική
Παλινδρόμηση

Κατανάλωση καυσίμου
εκφρασμένη σε
lt/100km

Ανεξάρτητες Μεταβλητές

Πριν – Μετά
Μέση ταχύτητα
Απότομες επιταχύνσεις
Μέση επιβράδυνση
Χρήση κινητού τηλεφώνου
Οδήγηση τις βραδινές ώρες
Φύλο
Μορφωτικό υπόβαθρο



ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (2/2)



ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Μοντέλο 1 - Γενικό: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου	Μοντέλο 2: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου σε αυτοκινητόδρομο	Μοντέλο 3: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου σε υπεραστική οδό	Μοντέλο 4: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου σε αστική οδό
before - after	1,000	1,696	1,000	1,000
avgspeed	3,404	14,756	5,510	4,596
ha	6,125	3,900	6,095	17,736
avdecel	4,440	3,313	5,126	16,286
mobileUsage	2,424	1,000	4,646	3,983
riskyhoursdistance	2,592	4,074	3,660	5,371
gender	1,479	4,299	3,181	3,733
educational_level	1,456	3,585	3,108	3,550



Οι **απότομες επιταχύνσεις** έχουν συνολικά τη μεγαλύτερη επιρροή, ιδίως στο αστικό περιβάλλον



Η **μέση ταχύτητα** έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στον αυτοκινητόδρομο



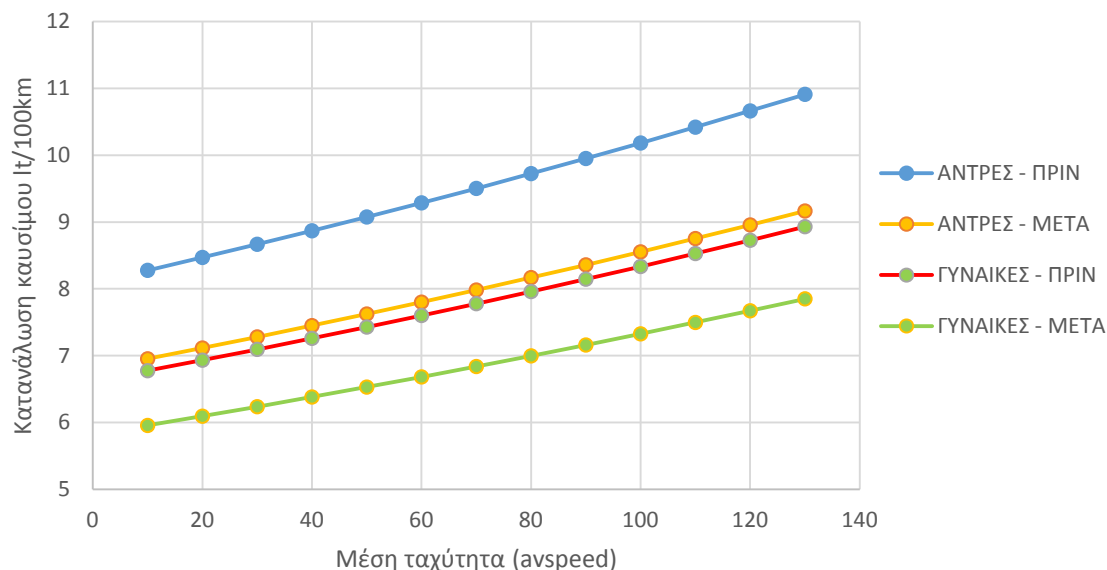
Η **μέση επιβράδυνση** έχει τη δεύτερη μεγαλύτερη επιρροή στα μοντέλα, κυρίως σε εκείνο της αστικής οδού



Η **χρήση κινητού τηλεφώνου** εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή στον αυτοκινητόδρομο

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

ΟΔΗΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΑΝΑ ΦΥΛΟ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ

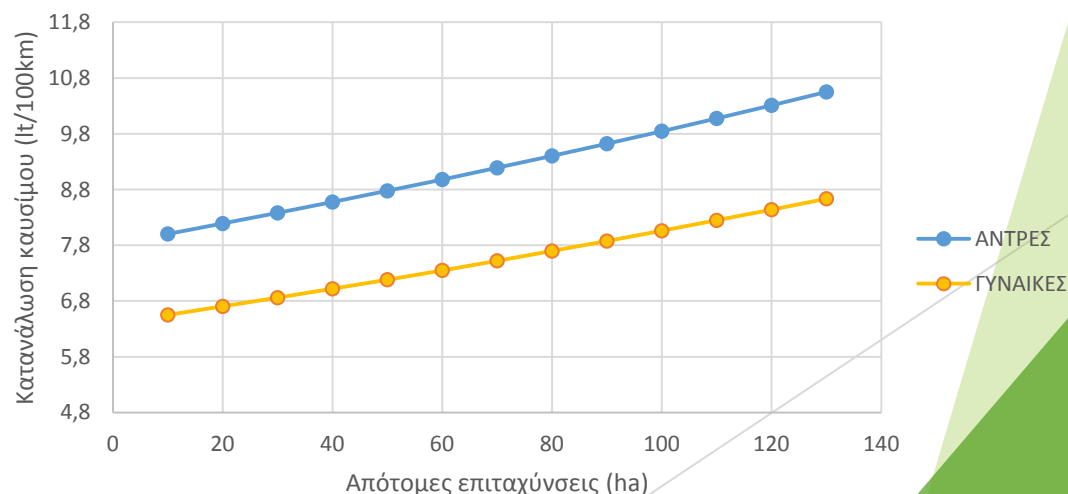


✓ Όσο περισσότερο αυξάνεται η μέση ταχύτητα τόσο περισσότερο **αυξάνεται η κατανάλωση καυσίμου**

✓ Οι «καλοί» άνδρες οδηγοί εμφανίζουν όμοια συμπεριφορά με τις «κακές» γυναίκες οδηγούς

- Όσο περισσότερο αυξάνονται οι απότομες επιταχύνσεις τόσο περισσότερο **αυξάνεται η κατανάλωση καυσίμου**
- Οι άνδρες εκτελούν **περισσότερες επιταχύνσεις** και συνεπώς καταναλώνουν παραπάνω καύσιμα σε σχέση με τις γυναίκες

ΟΔΗΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΑΝΑ ΦΥΛΟ



ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

	Πρόβλεψη του λογαρίθμου της κατανάλωσης καυσίμου ανά τύπο οδού															
Ανεξάρτητες μεταβλητές	Μοντέλο 1 - Γενικό: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου				Μοντέλο 2: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου σε αυτοκινητόδρομο				Μοντέλο 3: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου σε υπεραστική οδό				Μοντέλο 4: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου σε αστική οδό			
	βι	t	Ελαστικότητα ει	Σχετική επιρροή ει*	βι	t	Ελαστικότητα ει	Σχετική επιρροή ει*	βι	t	Ελαστικότητα ει	Σχετική επιρροή ει*	βι	t	Ελαστικότητα ει	Σχετική επιρροή ει*
σταθερά	1,335	16,182			1,413	15,990			1,371	21,930			1,365	22,210		
πριν - μετά	-0,056	-2,971	-0,016	1,000	-0,042	-2,271	-0,012	1,696	-0,057	-2,764	-0,008	1,000	-0,056	-2,868	-0,007	1,000
μέση ταχύτητα	0,001	1,787	0,054	3,404	0,001	2,033	0,105	14,756	0,001	2,496	0,046	5,510	0,002	3,267	0,030	4,596
απότομες επιταχύνσεις	0,001	2,613	0,096	6,125	0,007	2,072	0,028	3,900	0,002	2,776	0,050	6,095	0,002	5,398	0,116	17,736
μέση επιβράδυνση	0,029	1,986	0,070	4,440	0,021	2,037	0,024	3,313	0,020	1,910	0,042	5,126	0,043	2,907	0,106	16,286
χρήση κινητού τηλεφώνου	-0,158	-2,056	-0,038	2,424	-0,047	-1,829	-0,007	1,000	-0,149	-2,630	-0,038	4,646	-0,079	-1,736	-0,026	3,983
οδήγηση σε επικίνδυνες ώρες	0,003	2,581	0,041	2,592	0,002	2,036	0,029	4,074	0,003	2,465	0,030	3,660	0,003	2,498	0,035	5,371
διάρκεια οδήγησης					0,000	-3,371	-0,082	11,432								
φύλο	-0,087	-4,996	-0,023	1,479	-0,114	-5,607	-0,031	4,299	-0,087	-5,121	-0,026	3,181	-0,091	-5,995	-0,024	3,733
μορφωτικό επίπεδο	-0,101	-7,386	-0,023	1,456	-0,113	-6,880	-0,026	3,585	-0,107	-7,500	-0,026	3,108	-0,102	-8,495	-0,023	3,550
έτη οδήγησης									-0,016	-2,330	-0,017	2,000	-0,024	-3,634	-0,016	2,411
Συντελεστής συσχέτισης	0,620				0,637				0,658				0,704			



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΩΝ





ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (1/2)

- ❖ Με την αλλαγή του τρόπου οδήγησης των συμμετεχόντων παρουσιάστηκε αξιόλογη **μείωση 15% στην κατανάλωση καυσίμου**
- ❖ Όσο βελτιώνεται η οδηγική συμπεριφορά τόσο πιο **οικολογική, ασφαλής και άνετη** γίνεται η οδήγηση
- ❖ Όσο αυξάνονται οι **απότομες επιταχύνσεις**, τόσο αυξάνεται η κατανάλωση καυσίμου. Οι απότομες επιταχύνσεις επηρεάζουν περισσότερο την κατανάλωση καυσίμου στο αστικό περιβάλλον και λιγότερο στον αυτοκινητόδρομο
- ❖ Όσο αυξάνεται η **μέση ταχύτητα** οδήγησης, τόσο αυξάνεται η κατανάλωση καυσίμου, ιδίως στον αυτοκινητόδρομο. Με τη βελτίωση της οδηγικής συμπεριφοράς επιτεύχθηκε σημαντική μείωση της μέσης ταχύτητας σε όλους τους τύπους της οδού
- ❖ Όσο αυξάνεται η **μέση επιβράδυνση**, τόσο αυξάνεται η κατανάλωση καυσίμου. Οι οδηγοί κατάφεραν να ελαττώσουν τα άσκοπα φρεναρίσματα και τις απότομες στάσεις και να εξοικονομήσουν καύσιμα



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (2/2)

- Όσο αυξάνεται η **χρήση κινητού τηλεφώνου**, τόσο μειώνεται η κατανάλωση καυσίμου. Στον αυτοκινητόδρομο παρατηρήθηκε ότι οι συμμετέχοντες δεν μιλούσαν στο κινητό τηλέφωνο διότι η ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων απαιτεί μεγαλύτερη συγκέντρωση στο έργο της οδήγησης. Κάτι το οποίο δε συμβαίνει σε αστική οδό αφού οι ταχύτητες είναι μικρότερες και εκτελούνται περισσότερες στάσεις
- Όσο αυξάνεται η οδήγηση **κατά τις επικίνδυνες βραδινές ώρες**, τόσο αυξάνεται η κατανάλωση καυσίμου σε όλο το οδικό δίκτυο
- Και τα δύο **φύλα** κατάφεραν να βελτιώσουν την οδηγική τους συμπεριφορά και να εξοικονομήσουν καύσιμα, με τις γυναίκες στην πλειοψηφία τους να οδηγούν πιο οικολογικά και συνετά σε σύγκριση με τους άνδρες
- Όσο πιο χαμηλό είναι το **εκπαιδευτικό υπόβαθρο** και η **ηλικία** του οδηγού τόσο αυξημένη είναι η κατανάλωση καυσίμου

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των χρηστών της οδού για θέματα **οικολογικής συμπεριφοράς** στην οδήγηση

Κατανόηση ότι με την **αλλαγή στην οδηγική συμπεριφορά** και την ορθή στάση, όπως ορίζει ο ΚΟΚ, μειώνεται η κατανάλωση καυσίμων

Εισαγωγή κινήτρων με τη μορφή έκπτωσης στα κυκλοφοριακά τέλη ανάλογα με την οικολογική ή μη συμπεριφορά του οδηγού

Επιβράβευση των προσεκτικών οδηγών από τις ασφαλιστικές εταιρείες **με μειωμένα ασφάλιστρα**





ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Έρευνα σε
**μεγαλύτερο
δείγμα** οδηγών

Εφαρμογή διαφορετικών
**μεθόδων στατιστικής
ανάλυσης** (ομαδοποίηση
οδηγών ανάλογα με τις
επιδόσεις τους)

Καταγραφή
κατανάλωσης
καυσίμου **μέσω
συσκευής OBD**

Διερεύνηση
κατανάλωσης
καυσίμου ανάλογα
με την **πίεση των
ελαστικών** του
αυτοκινήτου

Συσχέτιση
επιδόσεων και
**κατανάλωσης
αλκοόλ**

Ανάλυση με
**περισσότερα
δεδομένα** (ίπποι,
κυβισμός,
καύσιμο)

**Εξέταση των εκάστοτε
κυκλοφοριακών συνθηκών**
(υψηλή/χαμηλή κυκλοφορία,
χρήση του κλιματισμού,
φορτίο οροφής,
ανοιχτά/κλειστά παράθυρα,
διάφορες καιρικές συνθήκες)

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΠΟΛΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΟΔΗΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΕΞΥΓΝΑ ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ



Μιχελαράκη Ευανθία

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2019