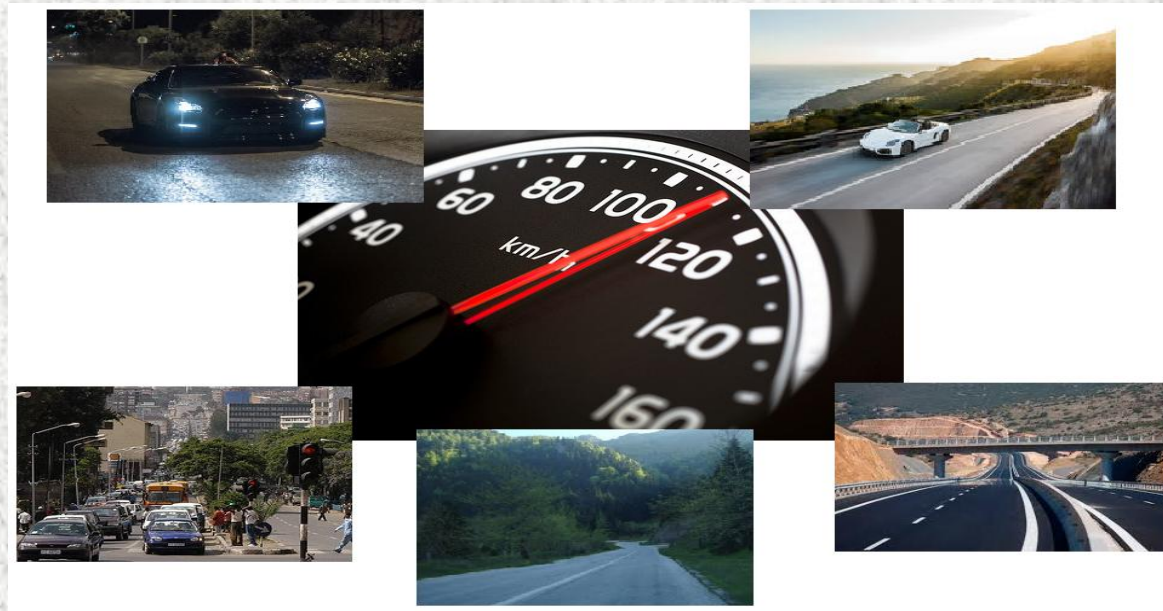




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Ανάπτυξη προτύπων ταχύτητας του οδηγού με βάση λεπτομερή δεδομένα οδήγησης από αισθητήρες κινητών τηλεφώνων



Χριστίνα Γονίδη
Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2017

Βασικά Στάδια Διπλωματικής Εργασίας

- ✓ Καθορισμός Στόχου
- ✓ Βιβλιογραφική Ανασκόπηση
- ✓ Θεωρητικό Υπόβαθρο
- ✓ Συλλογή Στοιχείων
- ✓ Στατιστική Επεξεργασία
- ✓ Ανάπτυξη μοντέλων-Αποτελέσματα
- ✓ Συμπεράσματα
- ✓ Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα





Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Η ανάπτυξη μοντέλων ταχύτητας του οδηγού με βάση λεπτομερή δεδομένα του τρόπου οδήγησης από αισθητήρες κινητών τηλεφώνων.

Διάφορα στοιχεία που συνθέτουν τον τρόπο οδήγησης του οδηγού:

- απότομη επιτάχυνση
- απότομη επιβράδυνση
- απόσταση ταξιδιού
- ποσοστό χρόνου οδήγησης σε κάθε τύπο οδού

Τα στοιχεία αυτά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και καθορίζουν την **ταχύτητα** που αναπτύσσει ο εκάστοτε οδηγός ανάλογα τις συνθήκες.



Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (1/3)

Ειδικά διαγνωστικά συστήματα επί των οχημάτων

- **DDR:** αρκετά μικρό και ελαφρύ
- **Drive Diagnostics:** προσαρμοσμένο εντός του οχήματος και φορτίζεται από την μπαταρία του οχήματος
- **OBD-II** (On Board Diagnostics): τα στοιχεία που καταγράφει μεταφέρονται σε μια εφαρμογή για κινητά τηλεφωνά με λογισμικό Android η οποία παρακολουθεί το όχημα
- **UBI** (User Based Insurance) Pay-as-you-drive (PAYD), Pay-how-you-drive (PHYD): καταγράφουν σε βάση δεδομένων τις μετακινήσεις και τη συμπεριφορά του οδηγού από τα οποία προκύπτει το ασφάλιστρο.



Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (2/3)

Συστήματα παρακολούθησης συμπεριφοράς οδηγού

- **Σύστημα IVDR** (In-Vehicle Data Recorder): κατέγραφε από αρχάριους οδηγούς δεδομένα (ταχύτητα, επιτάχυνση) για να διακρίνει πότε ο οδηγός πραγματοποιεί επικίνδυνους ελιγμούς. Κατηγοριοποιούνταν ανάλογα με το είδος τους και τη σοβαρότητά τους
- **Σύστημα DSD** (Driving Style Diagram): “Διάγραμμα Οδηγικής Συμπεριφοράς”, όπου στους άξονες x, y τοποθετούνταν οι επιταχύνσεις του οχήματος και η εκτίμηση της συμπεριφοράς του οδηγού. Συσχετίζονται ο κύκλος τριβής του οχήματος (χαρακτηριστικά των ελαστικών του αυτοκινήτου και του οδοστρώματος), η εμπειρία του οδηγού και ο τύπο του αυτοκινήτου. Η συμπεριφορά κάθε οδηγού εκτιμήθηκε με βάση το ποσοστό υπέρβασης των ορίων επιτάχυνσης του DSD



Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (3/3)

Σύνοψη

- Τα στοιχεία που συλλέγονται από το κινητό τηλέφωνο, **προσφέρουν μεγάλο όγκο πληροφοριών** και δίνουν νέες δυνατότητες αξιολόγησης
- Σε διαφορετικούς **τύπους οδών** αναπτύσσονται διαφορετικές συνθήκες-μοντέλα που εκφράζουν την ταχύτητα
- Τα οδικά ατυχήματα σχετίζονται με την **ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων**
- Τα συστήματα συμβάλλουν στην **έγκαιρη πρόληψη** και αντιμετώπιση των οδικών ατυχημάτων
- **Οι προβλέψεις βελτιώνονται** όσο έχουμε δεδομένα μεγάλου χρονικού διαστήματος και για κάθε διαδρομή του οδηγού
- Οι συχνές **αλλαγές των ορίων ταχύτητας** δημιουργούν μεγαλύτερο κίνδυνο για οδικό ατύχημα

Θεωρητικό Υπόβαθρο

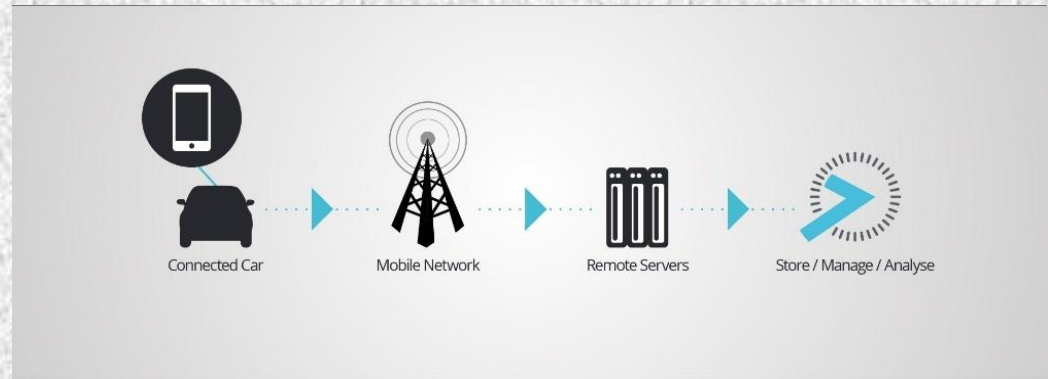
- ❖ Μέθοδος Ανάλυσης:
 - Γραμμική Παλινδρόμηση
- ❖ Εξαρτημένες Μεταβλητές:
 - Συνεχείς
- ❖ Ανεξάρτητες Μεταβλητές:
 - Συνεχείς, Διακριτές
- ❖ Στατιστικοί Έλεγχοι:
 - Συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών
 - Συντελεστές β_i
 - Στατιστική Σημαντικότητα (Δείκτης t , Wald)
 - Ποιότητα Μοντέλου (συντελεστής συσχέτισης R^2)
 - Σφάλμα



Τρόπος Συλλογής Στοιχείων

Ολοκληρωμένο σύστημα **OSeven** για:

- ✓ την καταγραφή,
- ✓ τη συλλογή,
- ✓ την αποθήκευση,
- ✓ την αξιολόγηση
- ✓ την οπτικοποίηση



των δεδομένων της οδηγικής συμπεριφοράς χρησιμοποιώντας εφαρμογές έξυπνων κινητών τηλεφώνων και προηγμένους αλγόριθμους Machine Learning

Τα δεδομένα που **συλλέγονται** από τους αισθητήρες των κινητών τηλεφώνων μεταφέρονται μέσω WiFi ή 3G και **αποθηκεύονται** σε ειδικές μεγάλες βάσεις.

Συλλογή Στοιχείων



- Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε κεντρική βάση δεδομένων
- Η βάση Δεδομένων που αξιοποιήθηκε ήταν σε μορφή Excel
- Κάθε γραμμή αποτελούσε μία μετακίνηση ενός οδηγού και οι στήλες αφορούσαν στις μεταβλητές για κάθε μετακίνηση
- Συλλέχθηκαν δεδομένα για 18.853 μετακινήσεις, από 100 οδηγούς (Από τον Ιούλιο ως και τον Δεκέμβριο του 2016)



Διαμόρφωση Βάσης Δεδομένων

Εξετάστηκε η μέση ταχύτητα κάθε οδηγού. Για αυτό, **τροποποιήθηκε** η αρχική βάση δεδομένων και μετατράπηκαν όλα τα στοιχεία **ανά οδηγό**.

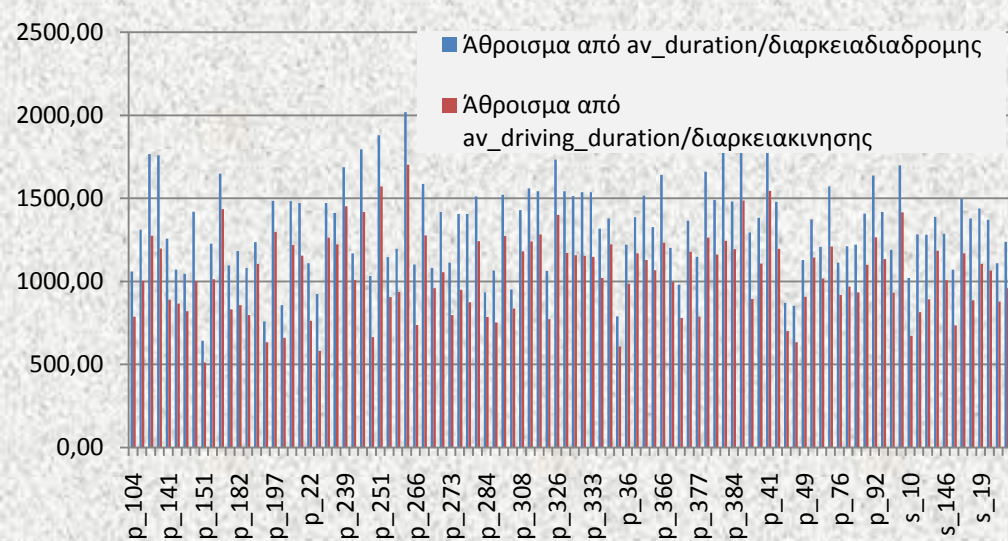
Για να μην χαθούν σημαντικές πληροφορίες των αρχικών δεδομένων, για κάθε μεταβλητή υπολογίστηκε:

- ο μέσος όρος
- η μικρότερη τιμή
- η μεγαλύτερη τιμή
- η τυπική απόκλιση.



Επιπλέον, **δημιουργήθηκαν άλλες πέντε επιμέρους βάσεις δεδομένων**, για να αναπτυχθούν τα αντίστοιχα επιμέρους μοντέλα

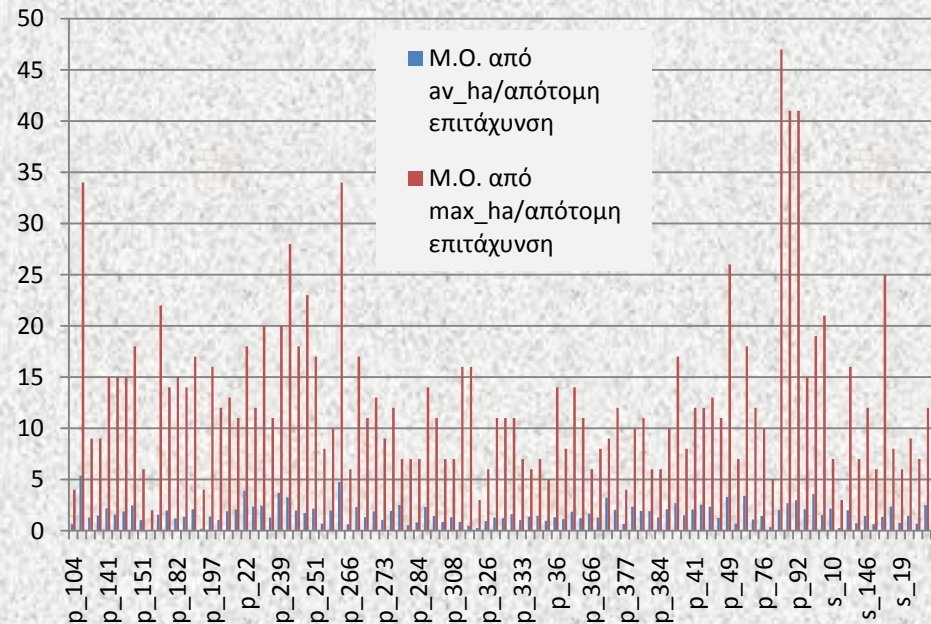
Συγκεντρωτικά Στατιστικά Στοιχεία (1/2)



Οι οδηγοί με υψηλό μέσο όρο απότομων επιταχύνσεων έχουν και υψηλό αριθμό μέγιστων επιταχύνσεων σε μετακίνηση

Ο οδηγός με τις περισσότερες μέγιστες απότομες επιταχύνσεις δεν είναι εκείνος με τις περισσότερες μέσες απότομες επιταχύνσεις

- Όσο μεγαλύτερη διαφορά έχουν η διάρκεια κίνησης από τη διάρκεια της διαδρομής, τόσο μεγαλύτερη συμφόρηση παρατηρείται (κυρίως σε αστικές οδούς)
- Μεγαλύτερες διαφορές των δύο χρονικών περιόδων παρατηρούνται σε αστικές και υπεραστικές οδούς
- Στην υπεραστική οδό παρατηρούνται μεγάλες διαφορές στη διαφορά των δύο τιμών ανάμεσα στους οδηγούς

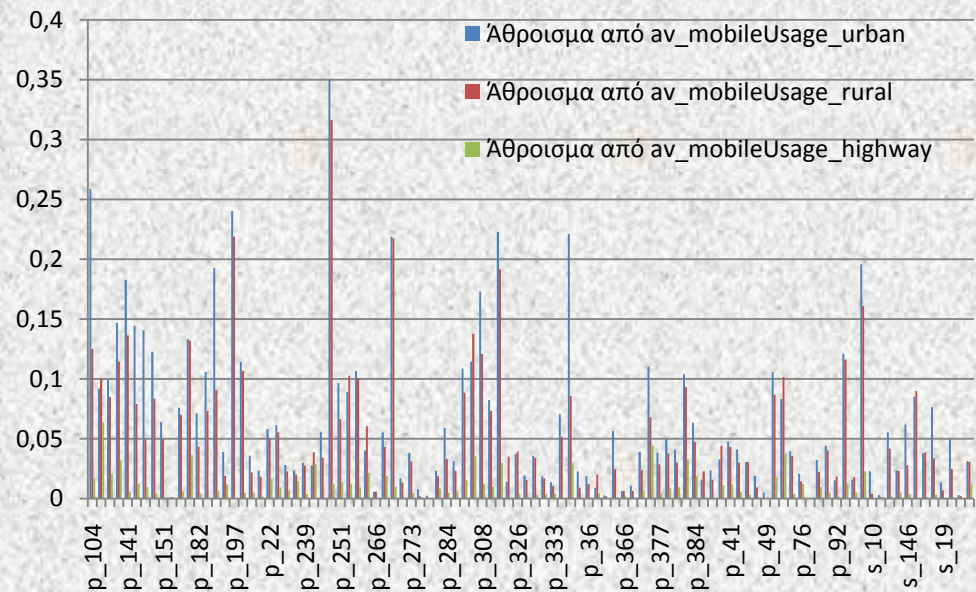


Συγκεντρωτικά Στατιστικά Στοιχεία (2/2)

Οι οδηγοί χρησιμοποιούν το κινητό τους τηλέφωνο :

- περισσότερο σε αστικές οδούς, και λιγότερο σε αυτοκινητόδρομους
- κατά μέσο όρο 20% σε κάθε μετακίνηση
- σε μετακίνηση περισσότερο από το 80%, ενώ σε άλλες μετακινήσεις δεν το χρησιμοποιούσαν καθόλου

- Η μέση επιτάχυνση εμφανίζει τιμές λίγο υψηλότερες από την μέση επιβράδυνση για όλους τους οδηγούς
- Ο αριθμός των απότομων επιταχύνσεων είναι υψηλότερος από τον αριθμό των επιβραδύνσεων





Στατιστική Επεξεργασία (1/2)

- Επιλέχθηκε η μέθοδος της Γραμμικής Παλινδρόμησης
- **Εξαρτημένη Μεταβλητή:**
 - η μέση ταχύτητα
- **Ανεξάρτητες μεταβλητές:**
 - η συνολική απόσταση σε χιλιόμετρα
 - ο μέσος αριθμός απότομων επιταχύνσεων
 - τυπική απόκλιση μέσης επιβράδυνσης
 - το ποσοστό του χρόνου οδήγησης σε υπεραστική οδό
 - τυπική απόκλιση μέσης επιτάχυνσης
 - μέση επιβράδυνση
 - τυπική απόκλιση απότομης στροφής
 - η χρήση του κινητού τηλεφώνου όσο οδηγεί



Μοντέλα πρόβλεψης μέσης ταχύτητας

➤ Μοντέλο 1 – Γενικό ($R^2=0.569$)

$$\log_{av_V} = 1,554 + 0,004 av_totaldist + 0,012 av_ha + 0,255 std_avdecel - 0,183 \%_time_rural$$

➤ Μοντέλο 2.1. - Εάν οδηγεί εκτός κρίσιμων ωρών ($R^2=0.564$)

$$\log_{av_V} = 1,726 + 0,001 av_totaldist + 0,014 av_ha + 0,07 std_avdecel - 0,239 \%_time_rural$$

➤ Μοντέλο 2.2. - Εάν οδηγεί εντός κρίσιμων ωρών ($R^2=0.575$)

$$\log_{av_V} = 1,548 + 0,005 av_totaldist + 0,012 av_ha + 0,253 std_avdecel - 0,186 \%_time_rural$$

➤ Μοντέλο 3.1. - Εάν οδηγεί αστική οδηγεί ($R^2=0.369$)

$$\log_{av_V} = 1,214 + 0.019 av_totaldist - 0.098 av_avdecel + 0.131 std_avaccel$$

➤ Μοντέλο 3.2. - Εάν οδηγεί σε επαρχιακή οδό ($R^2=0.372$)

$$\log_{av_V} = 1,592 + 0,005 av_totaldist - 0,01 std_hc + 0.097 std_avaccel$$

➤ Μοντέλο 3.3. - Εάν οδηγεί σε αυτοκινητόδρομο ($R^2=0.354$)

$$\log_{av_V} = 1,915 + 2,99 \cdot 10^{-4} av_totaldist + 0.005 av_ha + 0.238 std_avaccel - 0.336 av_modileUsage$$

Συγκεντρωτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Πρόβλεψη του λογαριθμού της μέσης ταχύτητας που χρησιμοποιεί ο κάθε οδηγός εάν οδηγεί :																							
	(γενικό μοντέλο)				εκτός κρίσιμων ωρών				εντός κρίσιμων ωρών				σε αστική οδό				σε υπεραστική οδό				σε αυτοκινητόδρομο			
	β _i	t	Σχετική επιρροή		β _i	t	Σχετική επιρροή		β _i	t	Σχετική επιρροή		β _i	t	Σχετική επιρροή		β _i	t	Σχετική επιρροή		β _i	t	Σχετική επιρροή	
			e _i	e _i *			e _i	e _i *			e _i	e _i *			e _i	e _i *			e _i	e _i *			e _i	e _i *
σταθερα	1,554	38,87			1,726	49,83			1,548	38,63			1,21	32,18			1,593	99,94			1,915	71,43		
μέση αποσταση	,004	4,772	,182	5,222	,001	2,228	,167	5,044	,005	5,035	,197	6,527	,019	5,109	,201	3,415	,005	7,119	,225	3,069	2,99*10 ⁽⁻⁴⁾	2,430	,071	-9,55
απότομη επιτάχυνση	,012	1,965	,035	1,000	,014	2,505	,062	1,860	,012	1,969	,030	1,000									,005	1,764	,054	-7,25
τυπική απόκλιση μέσης επιβραδυνσης	,255	3,803	,194	5,579	,070	1,769	,033	1,000	-,186	-4,586	,194	6,412												
ποσοστό χρόνου οδήγησης σε επαρχιακή οδό	-,183	-4,502	-,174	-4,994	-,239	-5,533	-,090	-2,707	,253	3,672	-,182	-6,006												
μέση επιβραδυνση													-,098	-4,816	,293	4,991								
τυπική απόκλιση μέσης επιτάχυνσης													,131	2,589	,059	1,000	,097	3,146	,073	1	,238	2,694	,025	-3,32
απότομη στροφή																	-,010	-3,648	-,078	-1,06				
μέσος χρόνος χρήσης κινητού τηλεφώνου																					-,336	-3,430	-,007	1
Συντελεστής Συσχέτισης	0,569				0,564				0,575				0,369				0,372				0,354			

Σχετική επιρροή για τον συνδυασμό των μοντέλων

Μεταβλητές	Σχετική επιρροή		
	Γενικό Μοντέλο	Μοντέλο για εκτός κρίσιμων ωρών	Μοντέλο για εντός κρίσιμων ωρών
av_totaldist	1,09	1,00	1,18
av_ha	1,15	2,04	1,00
std_avdecel	5,87	1,00	5,86
time_rural	1,94	1,00	2,03

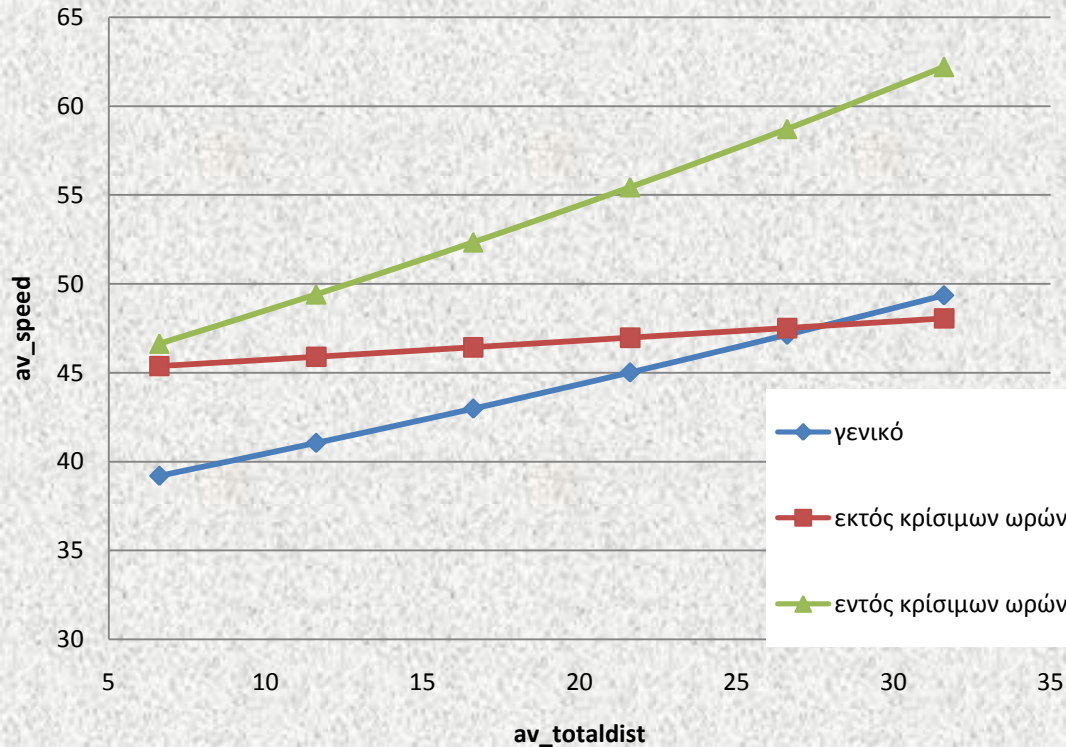
- ✓ Ο 'μέσος αριθμός απότομων επιταχύνσεων' επηρεάζει τη μέση ταχύτητα 2 φορές περισσότερο για το μοντέλο που προβλέπει την μέση ταχύτητα εκτός των κρίσιμων ωρών από τα άλλα δύο μοντέλα
- ✓ Ο μέσος όρος της συνολικής απόστασης που διανύει ο οδηγός επηρεάζει τον λογάριθμο της μέσης ταχύτητας για όλα τα μοντέλα σχεδόν το ίδιο
- ✓ Η 'τυπική απόκλιση μέσης επιβράδυνσης' επηρεάζει 5,85 φορές περισσότερο το γενικό μοντέλο πρόβλεψης και το μοντέλο εντός των κρίσιμων ωρών σε σχέση με το μοντέλο εκτός κρίσιμων ωρών
- ✓ Το 'ποσοστό του χρόνου οδήγησης σε υπεραστική οδό' επηρεάζει τη μέση ταχύτητα 2 φορές περισσότερο για το γενικό μοντέλο πρόβλεψης και το μοντέλο εντός των κρίσιμων ωρών σε σχέση με το μοντέλο εκτός κρίσιμων ωρών

Ανάλυση Ευαισθησίας

Διάγραμμα 'Μέσης ταχύτητας προς την μέση απόσταση'

Για $av_ha=1,71$, $std_avdecel=0.34$,
 $\%time_rural=0.52$ προέκυψε:

Μέση ταχύτητα/μέση απόσταση



Παρατηρείται:

- ✓ αυξητική πορεία σε όλα τα μοντέλα
- ✓ εντός των κρίσιμων ωρών η ταχύτητα έχει τον μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης και εκτός τον μικρότερο ρυθμό
- ✓ για μεγάλες αποστάσεις χαμηλότερες ταχύτητες παρουσιάζονται εκτός των κρίσιμων ωρών
- ✓ για μικρές αποστάσεις χαμηλότερες ταχύτητες παρουσιάζονται στο γενικό μοντέλο
- ✓ στα 27χλμ η μέση ταχύτητα είναι ίδια για τα μοντέλα εκτός των κρίσιμων ωρών και για το γενικό μοντέλο



Αποτελέσματα

- Όλα τα μοντέλα περιλαμβάνουν ως ανεξάρτητες μεταβλητές την **συνολική απόσταση** σε χιλιόμετρα και τον **σταθερό όρο** και έχουν μια παράμετρος για την **επιτάχυνση**
- Όλα τα αποτελέσματα **εξηγούνται λογικά**, επιβεβαιώνοντας τα αποτελέσματα της βιβλιογραφίας
- Τα τελικά μοντέλα είναι τα **βέλτιστα** ως αποτέλεσμα πολλαπλών δοκιμών
- Τα τελικά μοντέλα έχουν περάσει με επιτυχία τους σχετικούς **στατιστικούς ελέγχους** ($\text{Sig} < 0.05$, $0.35 < R^2$)
- Το γενικό μοντέλο και τα μοντέλα για εκτός και εντός κρίσιμων ωρών περιλαμβάνουν τις **ίδιες μεταβλητές**

CONCLUSIONS

A.
B.
C.

Συμπεράσματα (1/2)

- Οι οδηγοί που έχουν την τάση να **επιταχύνουν** και να επιβραδύνουν πολύ, απότομα και συχνά, είναι και αυτοί που τελικά αναπτύσσουν **μεγαλύτερες ταχύτητες**.
- Διαπιστώθηκε ότι οι οδηγοί που διανύουν **μεγαλύτερες αποστάσεις**, άρα και **οδηγούν περισσότερο**, αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες, άρα είναι περισσότερο επικίνδυνοι παρόλη την εμπειρία τους.
- Η ώρα οδήγησης φαίνεται να επηρεάζει μόνο την ταχύτητα του οχήματος και όχι τη συνολική κυκλοφοριακή συμπεριφορά του οδηγού.
- Οι οδηγοί που έχουν την τάση να **επιταχύνουν** περισσότερες **φορές απότομα** είναι και εκείνοι που **επιβραδύνουν** πιο συχνά απότομα. Ενδεχομένως συμβαίνει αυτό λόγω του ότι οι οδηγοί που επιταχύνουν περισσότερο για να σταματήσουν σύντομα και να μην δημιουργηθεί ατύχημα πρέπει να επέμβουν δραστικά και απότομα.

Συμπεράσματα (2/2)

- Η **χιλιομετρική απόσταση** που έχει να διανύσει ένας οδηγός φάνηκε πως είναι καθοριστική για τη μέση ταχύτητα που θα αναπτύξει ο οδηγός, καθώς εμπεριέχεται σε όλα τα μοντέλα και στα περισσότερα, είναι η μεταβλητή με την μεγαλύτερη επιρροή.
- Μεγαλύτερες **διαφορές στη διάρκεια κίνησης από τη διάρκεια διαδρομής** εμφανίζονται σε αστικές και υπεραστικές οδούς, ενώ στους αυτοκινητόδρομους οι διαφορές είναι πολύ μικρές για όλους τους οδηγούς. Αυτό πιθανόν συμβαίνει γιατί στους αυτοκινητόδρομους δεν υπάρχουν οι καθυστερήσεις από τους φωτεινούς σηματοδότες.
- Οι οδηγοί **χρησιμοποιούν περισσότερο το κινητό τους τηλέφωνο** σε αστική οδό, ενώ αρκετά λιγότερο σε αυτοκινητόδρομο. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο ότι στις αστικές οδούς ο οδηγός κινείται με πιο μικρή ταχύτητα και πραγματοποιεί περισσότερες στάσεις.

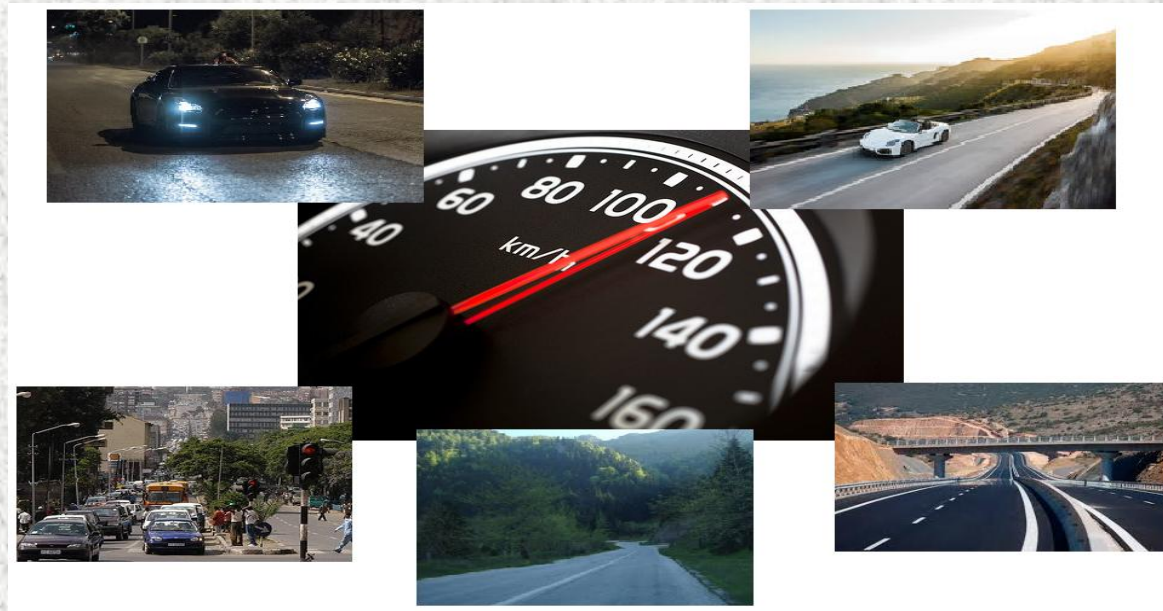


Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας!



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Ανάπτυξη προτύπων ταχύτητας του οδηγού με βάση λεπτομερή δεδομένα οδήγησης από αισθητήρες κινητών τηλεφώνων



Χριστίνα Γονίδη
Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2017