



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

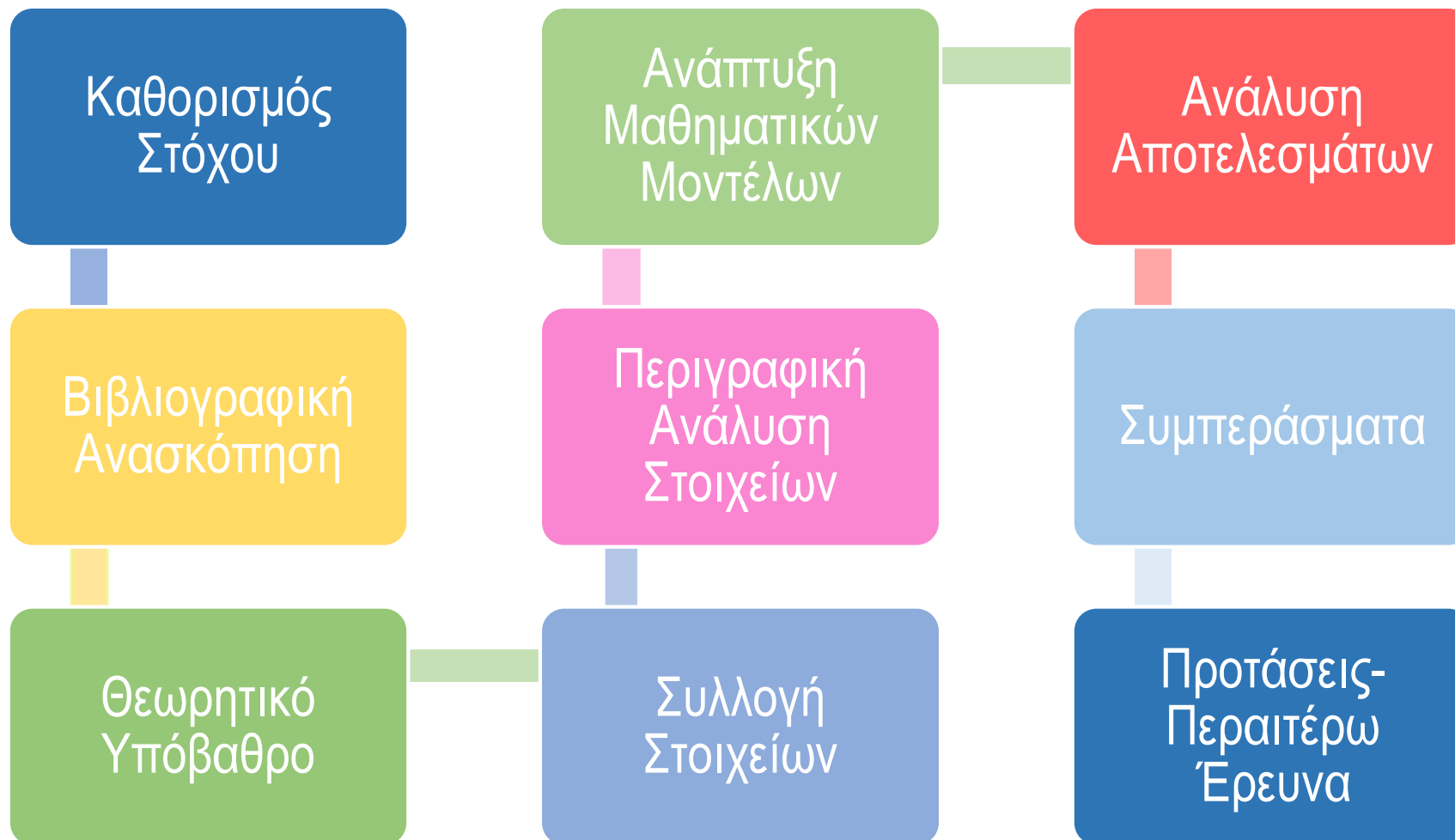
Κρίσιμοι παράγοντες επιρροής του χρόνου διαδρομής στο κέντρο της Αθήνας

Αγγελική Μακρή

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Ιούλιος 2021

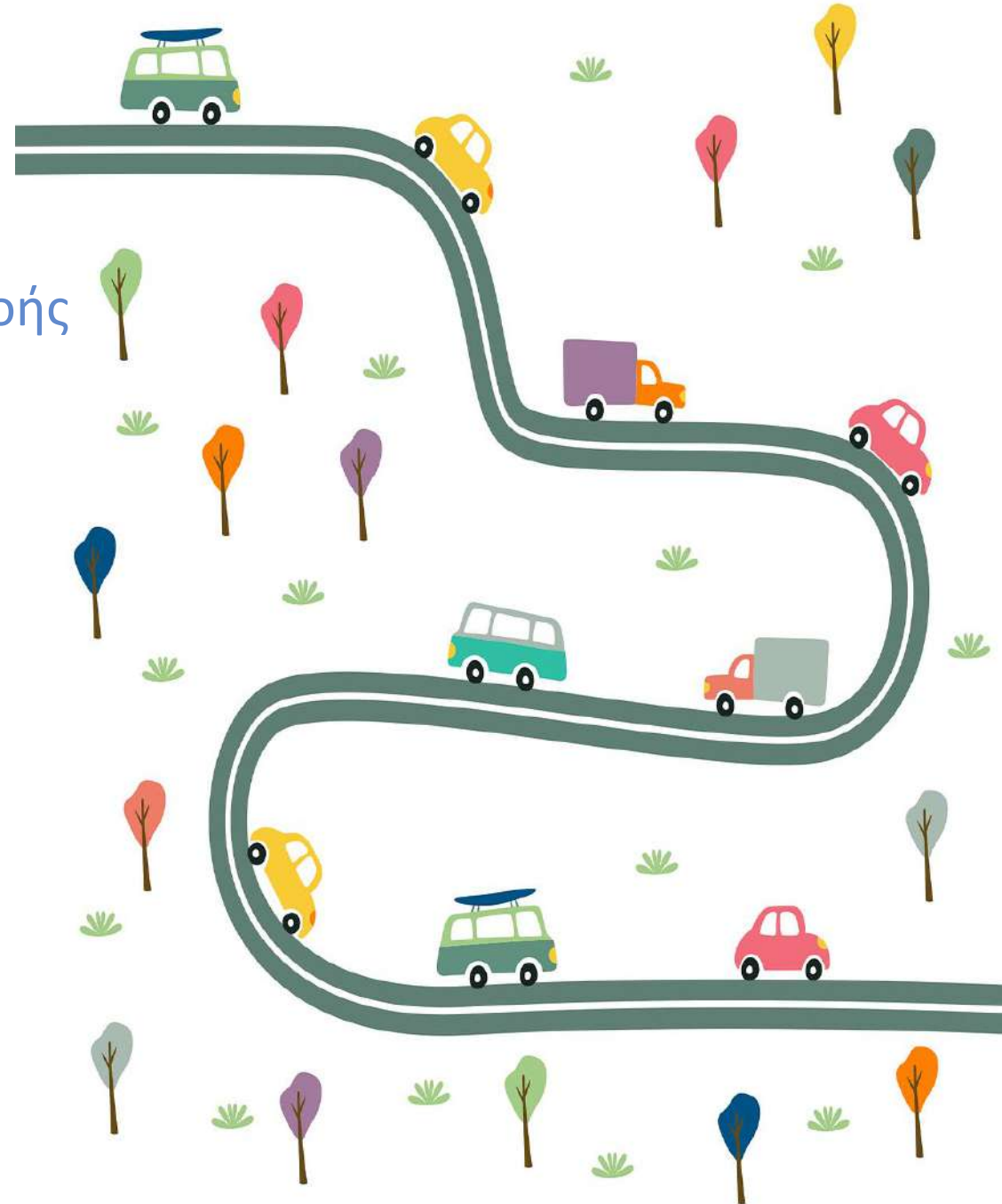
Βασικά Στάδια Διπλωματικής Εργασίας



Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Ο προσδιορισμός των κρίσιμων παραγόντων επιρροής του **χρόνου διαδρομής** στο κέντρο της Αθήνας, κατά τη δοκιμαστική λειτουργία του Μεγάλου Περιπάτου της Αθήνας.

- Στην οδό Πανεπιστημίου
- Σε κεντρικούς οδικούς άξονες
- Σε οδικούς άξονες εισόδου και εξόδου
- Σε περιφερειακούς οδικούς άξονες



Βιβλιογραφική Ανασκόπηση – Πρακτικές Βιώσιμης Κινητικότητας

Χώρα/Πόλη	Κυκλοφοριακή Παρέμβαση	Επιπτώσεις
Νέα Υόρκη	Αποκλειστικές λωρίδες ποδηλάτου (87 χλμ. συνολικά)	- Βελτίωση χρόνων διαδρομής - Μείωση οδικών ατυχημάτων μεταξύ ποδηλάτων και μηχανοκίνητης κυκλοφορίας - Μείωση κυκλοφοριακού φόρτου κατά 20-25% - Αύξηση χρήσης MMM κατά 6-9%
Στοκχόλμη	Ζώνη Τιμολόγησης Συμφόρησης	- Μείωση οχημ-χλμ στη ζώνη τιμολόγησης κατά 14%, εκτός ζώνης κατά 1% - Μείωση ουράς αναμονής κατά 30%
Μπορντό	Πρόγραμμα δανεισμού ποδηλάτων, που εφαρμόστηκε κατά τη διάρκεια της κατασκευής μίας νέας γραμμής τραμ, και πεζοδρόμηση του κέντρου	- Μείωση της χρήσης ΙΧ κατά 5% - Αύξηση χρήσης MMM κατά 1% - Αύξηση της ποδηλασίας κατά 2-3% - Αύξηση πεζών κατά 2%
Μπράιτον	Μείωση των κυκλοφοριακών λωρίδων και διαμόρφωση ποδηλατοδρόμων μεγαλύτερου πλάτους	- Αύξηση χρήσης ποδηλάτου - Μικρή αύξηση του χρόνου διαδρομής (<90 δευτ.)
Ολλανδία	Διαμόρφωση ποδηλατικών αυτοκινητοδρόμων	- Μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης σε επίπεδο χώρας, κατά 3,8 εκατ. ώρες ετησίως - Μείωση οχηματο-ωρών με ΙΧ κατά 9,4 εκατ. ώρες - Αύξηση μεριδίου αγοράς ηλεκτρικών ποδηλάτων από 3% το 2006, σε 28% το 2015



Βιβλιογραφική Ανασκόπηση - Χρόνος διαδρομής

- Η διαμόρφωση του χρόνου διαδρομής επηρεάζεται από **παράγοντες** που σχετίζονται με:
 - τη συμπεριφορά του οδηγού
 - το όχημα
 - το περιβάλλον της οδού (τύπος οδού, σηματοδότηση)
 - τις καιρικές συνθήκες
- Η **συλλογή** των δεδομένων χρόνου διαδρομής μπορεί να γίνει με διάφορες τεχνικές, όπως:
 - τεχνικές δοκιμαστικού οχήματος,
 - τεχνικές αντιστοίχισης πινακίδας κυκλοφορίας,
 - τεχνικές οχήματος ανίχνευσης ITS



Θεωρητικό Υπόβαθρο

Μέθοδοι ανάλυσης:

- Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση
- Λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση

Μεταβλητές:

- **Εξαρτημένες:** - Χρόνος διαδρομής,
- Λογάριθμος του χρόνου διαδρομής
- **Ανεξάρτητες:** - Κυκλοφοριακός φόρτος,
- Σύνθεση κυκλοφορίας,
- Περίοδος αιχμής,
- Γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού

Στατιστικοί Έλεγχοι:

- **Συσχέτιση** ανεξάρτητων μεταβλητών
- Λογική ερμηνεία των **συντελεστών** (β_i)
- **Ποιότητα** του μοντέλου (R^2)
- **Επίπεδο σημαντικότητας**
- Στατιστική εμπιστοσύνη του μοντέλου (t- test)
- **Ελαστικότητα**



Συλλογή Στοιχείων – Χρόνος Διαδρομής

Διαδικτυακή εφαρμογή Google Maps API

- Καταγραφή μέσω των ταχυτήτων σε **12 διαδρομές** στο κέντρο της Αθήνας
 - **Κεντρικοί** οδικοί άξονες (Πανεπιστημίου, Ακαδημίας, Σόλωνος, Σταδίου)
 - **Περιφερειακοί** οδικοί άξονες (Αλεξάνδρας και Β. Κων/νου)
 - Οδικοί άξονες **εισόδου** (Βας. Σοφίας και Βας. Αμαλίας)
 - Οδικοί άξονες **εξόδου** (Βας. Σοφίας και Φιλελλήνων)
- **Περίοδος συλλογής στοιχείων:**
 - 15 Ιουνίου 2020 έως και τις 23 Οκτωβρίου 2020
 - Πρωινή (08:00-10:00) και απογευματινή αιχμή (14:00-16:00)
 - Καθημερινές εργάσιμες ημέρες (Δ-Π)
- Ως οδηγοί λαμβάνονται οι οδηγοί **όλων των οχημάτων** ανεξαρτήτως τύπου οχήματος



Συλλογή Στοιχείων – Κυκλοφοριακοί Φόρτοι

Έρευνα Πεδίου

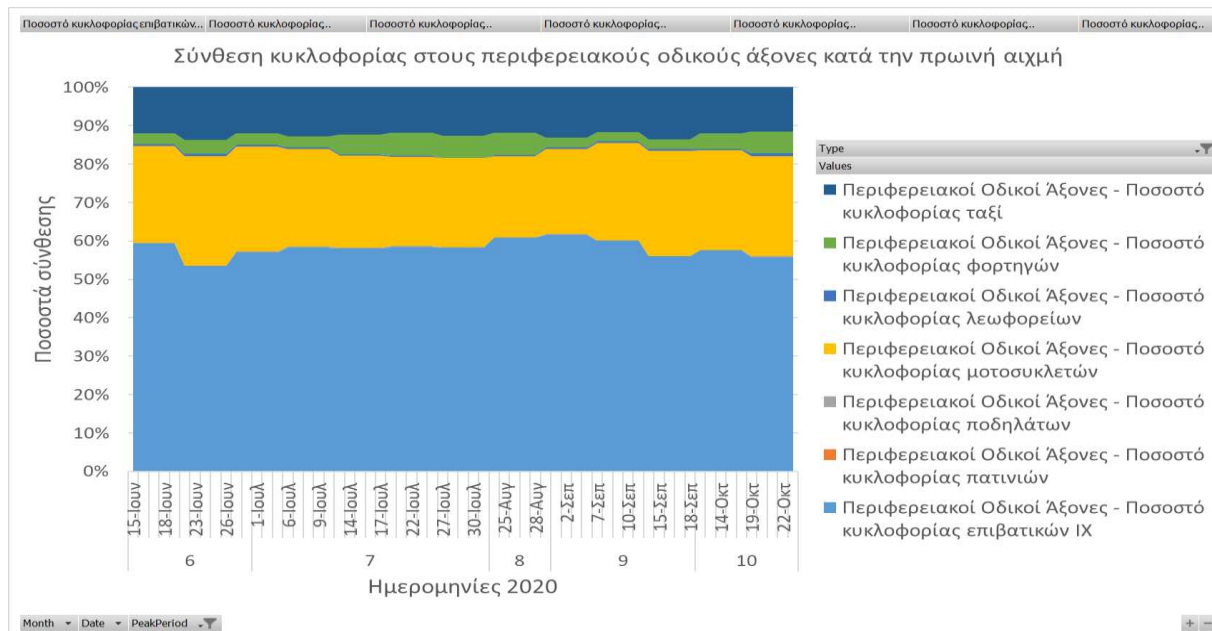
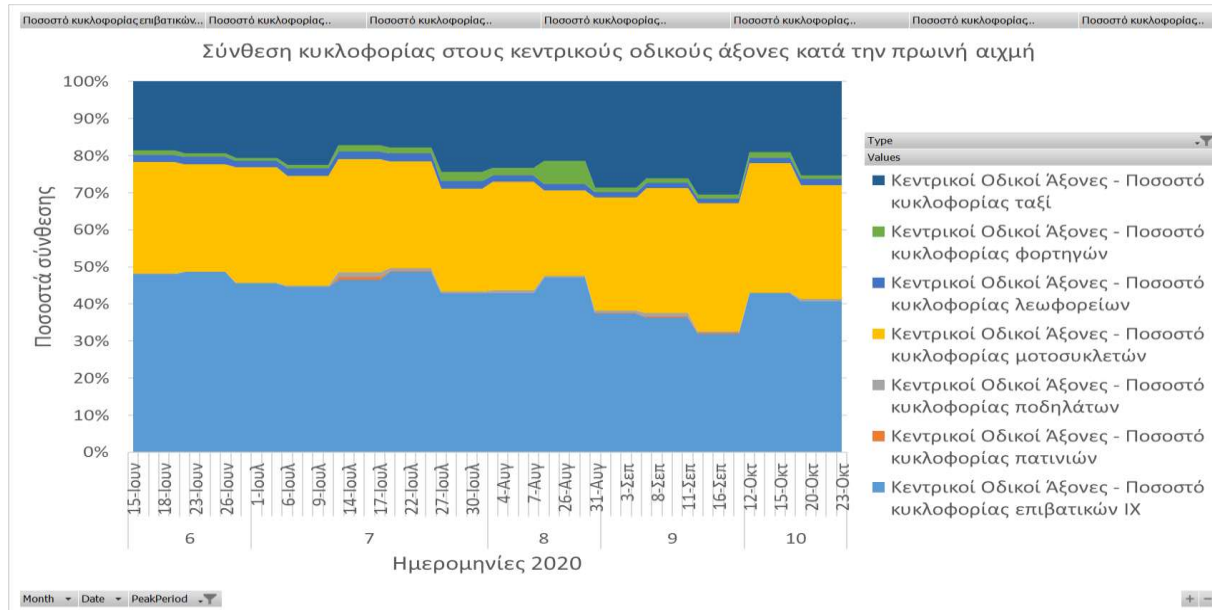
- Καταγραφή **ωριαίου κυκλοφοριακού φόρτου**



- Σε 12 σημεία επί των κεντρικών, εισόδου, εξόδου και περιφερειακών **οδικών αξόνων** στο κέντρο της Αθήνας
- Περίοδος συλλογής στοιχείων:**
 - 12 Ιουνίου 2020 έως και τις 22 Οκτωβρίου 2020
 - Πρωινή (08:00-10:30) και απογευματινή αιχμή (11:00-15:00)
 - Τυπική ημέρα μετρήσεων η Πέμπτη

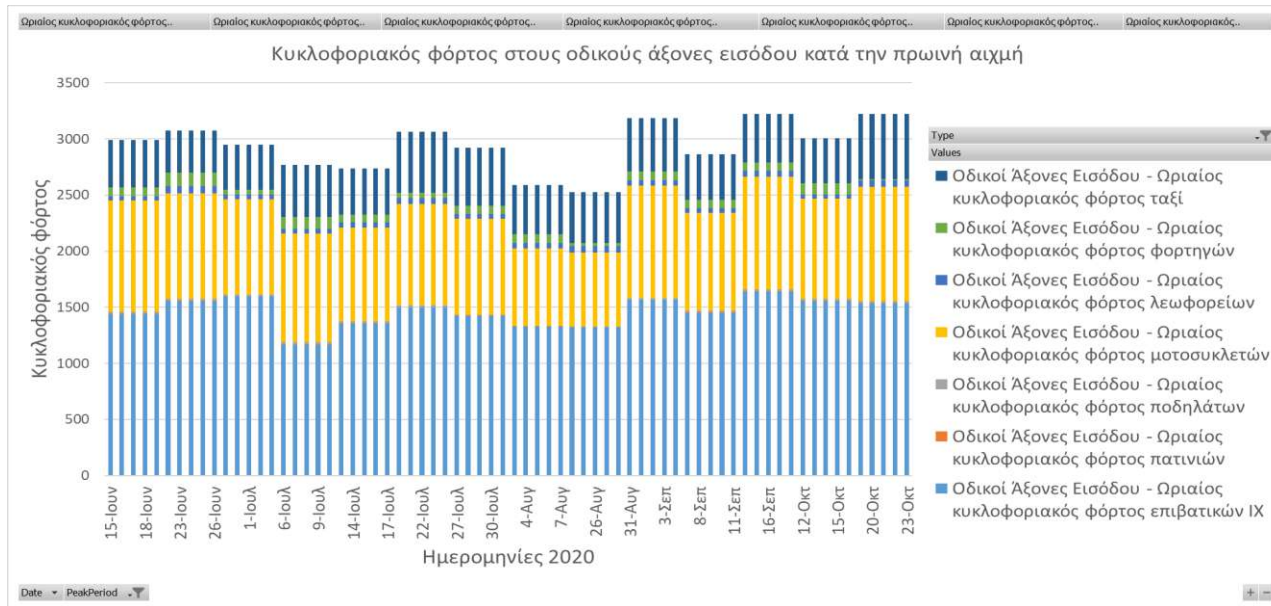


Περιγραφική Ανάλυση – Σύνθεση κυκλοφορίας

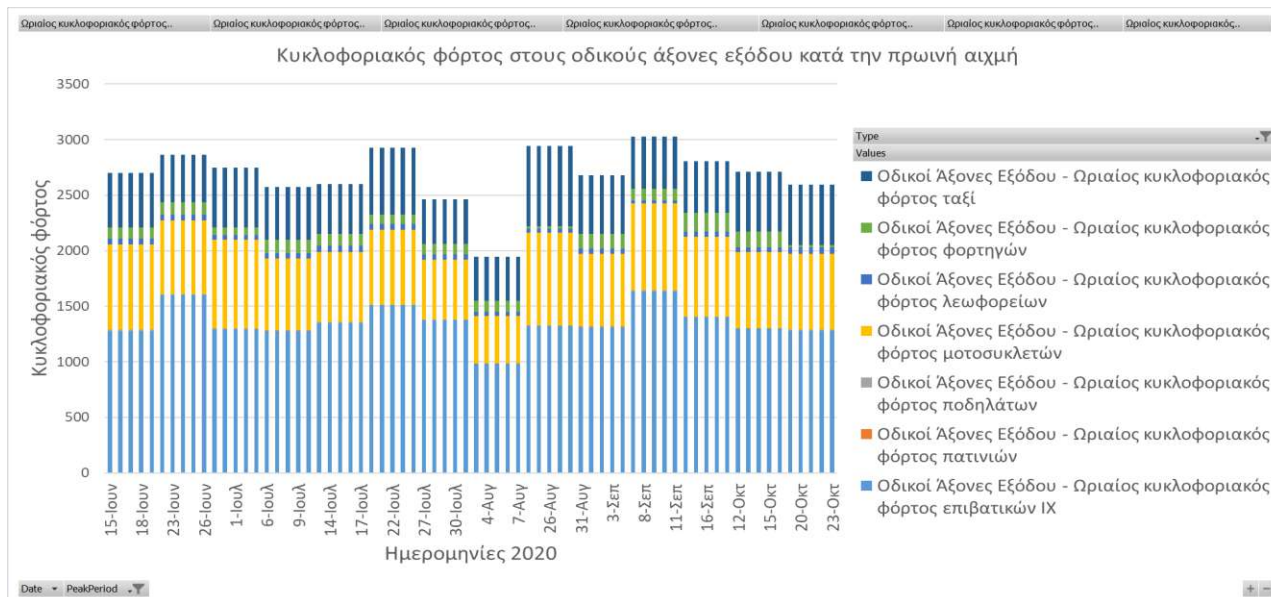


- Το μεγαλύτερο ποσοστό της κυκλοφορίας, σε όλες τις κατηγορίες οδικών αξόνων υπό εξέταση, αφορά σε επιβατικά ΙΧ, μοτοσυκλέτες και ταξί
- Στους περιφερειακούς οδικούς άξονες, το ποσοστό κυκλοφορίας των **επιβατικών ΙΧ** είναι υψηλότερο συγκριτικά με τους άλλους τύπους οδικών αξόνων
- Στους **κεντρικούς, εισόδου και εξόδου** οδικούς άξονες, υπάρχουν αισθητές διακυμάνσεις στη σύνθεση της κυκλοφορίας
- Στους **περιφερειακούς** οδικούς άξονες δεν παρατηρείται σημαντική διαφοροποίηση στη σύνθεση της κυκλοφορίας

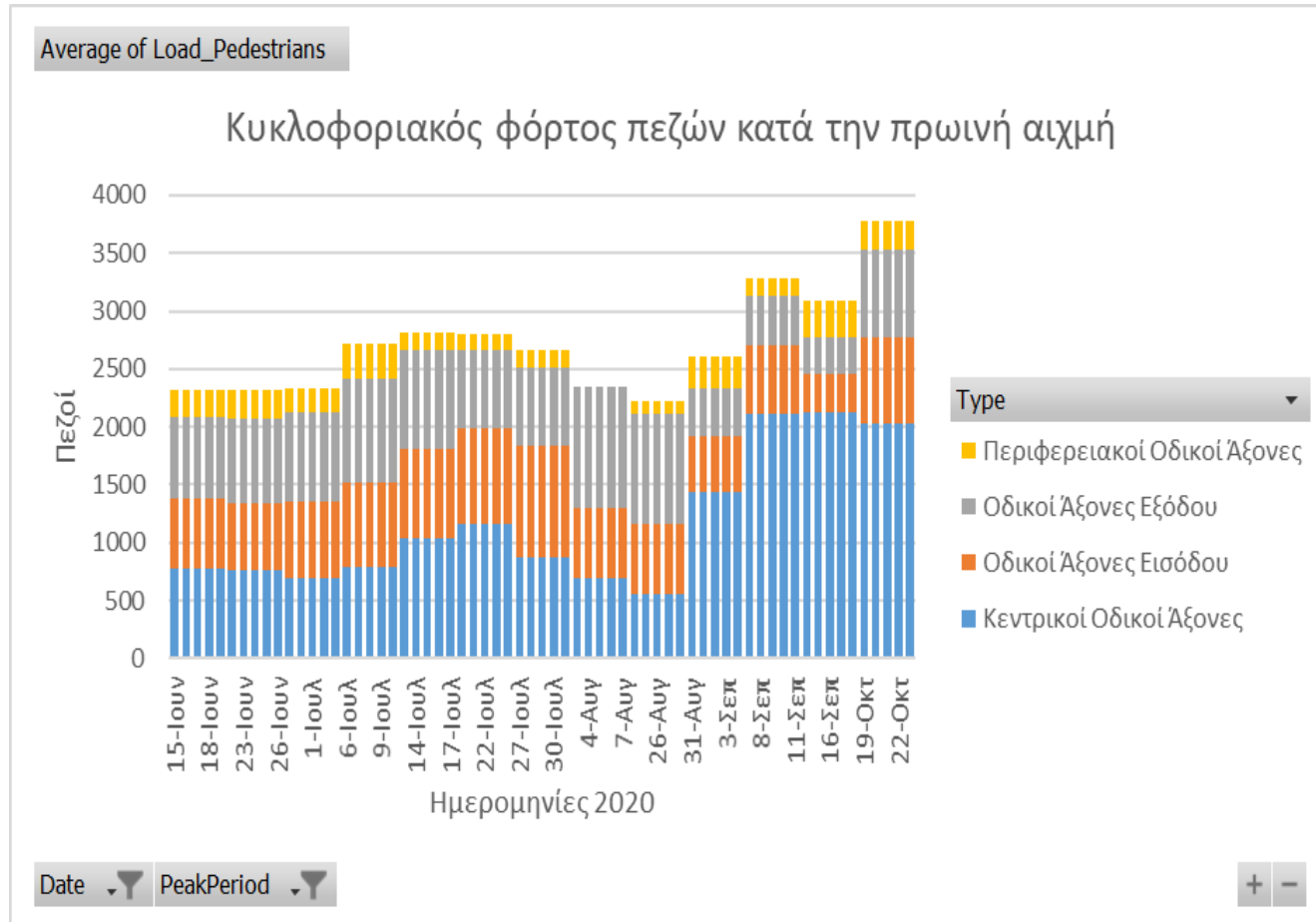
Περιγραφική Ανάλυση – Ωριαίος κυκλοφοριακός φόρτος



- Ο ωριαίος κυκλοφοριακός φόρτος όλων των οχημάτων στους **κεντρικούς οδικούς άξονες** παρουσιάζει έως τα τέλη Ιουλίου μία πτωτική τάση και από τα τέλη Αυγούστου αυξάνεται
- Σε όλους του τύπους οδικών αξόνων παρατηρείται πτώση της κυκλοφορίας κατά τον Αύγουστο και ιδιαίτερα στους **οδικούς άξονες εξόδου**
- Στους **άξονες εισόδου** παρατηρείται αύξηση της γενικής κυκλοφορίας από τις αρχές Σεπτέμβρη με τη σημαντικότερη αύξηση να παρατηρείται στα επιβατικά ΙΧ και στις μοτοσυκλέτες
- Ο κυκλοφοριακός φόρτος των επιβατικών ΙΧ στους **περιφερειακούς οδικούς άξονες** δεν παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές

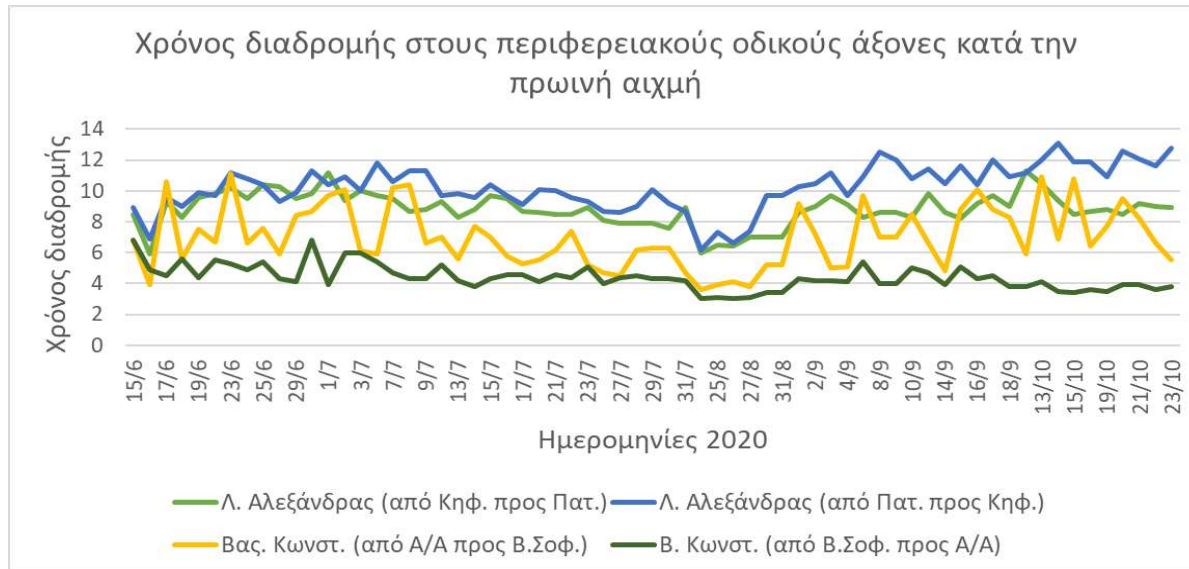


Περιγραφική Ανάλυση – Ωριαία κυκλοφορία πεζών



- Στους **κεντρικούς** οδικούς άξονες παρατηρούνται περισσότεροι πεζοί συγκριτικά με τις υπόλοιπες περιοχές
- Στους **περιφερειακούς** οδικούς άξονες παρατηρούνται οι λιγότεροι πεζοί
- Ο ωριαίος κυκλοφοριακός φόρτος των πεζών στους **οδικούς άξονες εισόδου και εξόδου** παρατηρείται ότι βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο
- Η κυκλοφορία των πεζών **αυξάνεται αισθητά** κατά τον Σεπτέμβρη κυρίως στους **κεντρικούς** άξονες

Περιγραφική Ανάλυση – Χρόνος διαδρομής



- Σε όλους τους υπό εξέταση οδικούς άξονες, ο χρόνος διαδρομής παρουσιάζει σημαντική πτώση τον Αύγουστο, γεγονός που δικαιολογείται λόγω των καλοκαιρινών διακοπών
- Στην Πανεπιστημίου παρατηρείται βελτίωση του χρόνου διαδρομής κατά τον Σεπτέμβρη
- Στους περιφερειακούς, στη Βασ. Κωνσταντίνου στην κατεύθυνση προς Κηφισιά παρουσιάζεται σημαντική μεταβολή στο χρόνο διαδρομής (δεν παρατηρείται στο αντίθετο ρεύμα)
- Όσον αφορά στους άξονες εισόδου, ο χρόνος διαδρομής στη Βασ. Σοφίας δεν παρουσιάζει σημαντική μεταβολή, σε αντίθεση με την Βασ. Αμαλίας που αυξομειώνεται συνεχώς

Στατιστική Επεξεργασία Στοιχείων

1. Εισαγωγή βάσης δεδομένων στο πρόγραμμα R-Studio
2. Χαρακτηρισμός μεταβλητών (συνεχείς και διακριτές μεταβλητές)
3. Έλεγχος συσχέτισης των μεταβλητών
4. Καθορισμός εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών
5. Στατιστικοί έλεγχοι μαθηματικών μοντέλων



Ανάπτυξη Μαθηματικών Μοντέλων

Μοντέλο 1: Προσδιορισμός των παραγόντων επιρροής του χρόνου διαδρομής στην **Πανεπιστημίου**

Μοντέλο 2: Προσδιορισμός των παραγόντων επιρροής του χρόνου διαδρομής στους **Κεντρικούς Οδικούς Άξονες**

Μοντέλο 3: Προσδιορισμός των παραγόντων επιρροής του χρόνου διαδρομής στους **Οδικούς Άξονες Εισόδου**

Μοντέλο 4: Προσδιορισμός των παραγόντων επιρροής του χρόνου διαδρομής στους **Οδικούς Άξονες Εξόδου**

Μοντέλο 5: Προσδιορισμός των παραγόντων επιρροής του χρόνου διαδρομής στους **Περιφερειακούς Οδικούς Άξονες**

Ανάλυση Αποτελεσμάτων – Μοντέλο 1

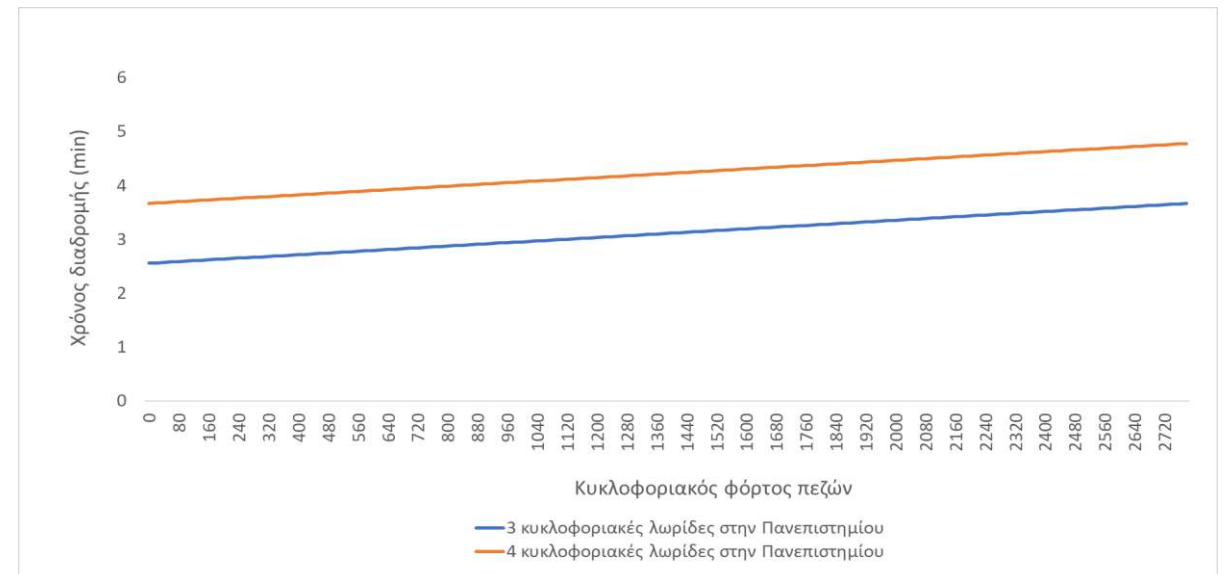
Παράγοντες επιρροής του χρόνου διαδρομής στην **Πανεπιστημίου**

Εξαρτημένη μεταβλητή -> Χρόνος διαδρομής

Model 1				
Ανεξάρτητες μεταβλητές	β_i	t	Σχετική επιρροή	
			e_i	e_i^*
Volume_Moto	0,0014	5,8570	0,003	2,121
ModalSplit_PassengerCar%	-2,7820	-5,0260	-0,003	-1,970
ModalSplit_Buses%	23,5400	3,0450	0,002	1,003
Volume_Pedestrians	0,0004	5,7680	0,002	1,000
PanepistimiouTrafficLanes	1,1110	8,6180	0,307	1,000
Adjusted R-squared	0,633			

- Με την αύξηση των **λωρίδων κυκλοφορίας επί της Πανεπιστημίου**, ο χρόνος διαδρομής έχει μικρή αύξηση
- Η **ωριαία κυκλοφορία πεζών** εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή στο μοντέλο. Όσο περισσότερο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος των πεζών, τόσο αυξάνεται ο χρόνος διαδρομής

- Η επιρροή του ωριαίου **κυκλοφοριακού φόρτου των μοτοσυκλετών** είναι η μεγαλύτερη στον χρόνο διαδρομής. Για αύξηση του ωριαίου κυκλοφοριακού φόρτου των μοτοσυκλετών κατά 1.000 μονάδες, ο χρόνος διαδρομής αυξάνεται κατά 1,4 λεπτά.
- Αύξηση του **ποσοστού κυκλοφορίας των επιβατικών ΙΧ** κατά 1% επιφέρει μείωση του χρόνου διαδρομής κατά 2,8 λεπτά



Ανάλυση Αποτελεσμάτων – Μοντέλο 2

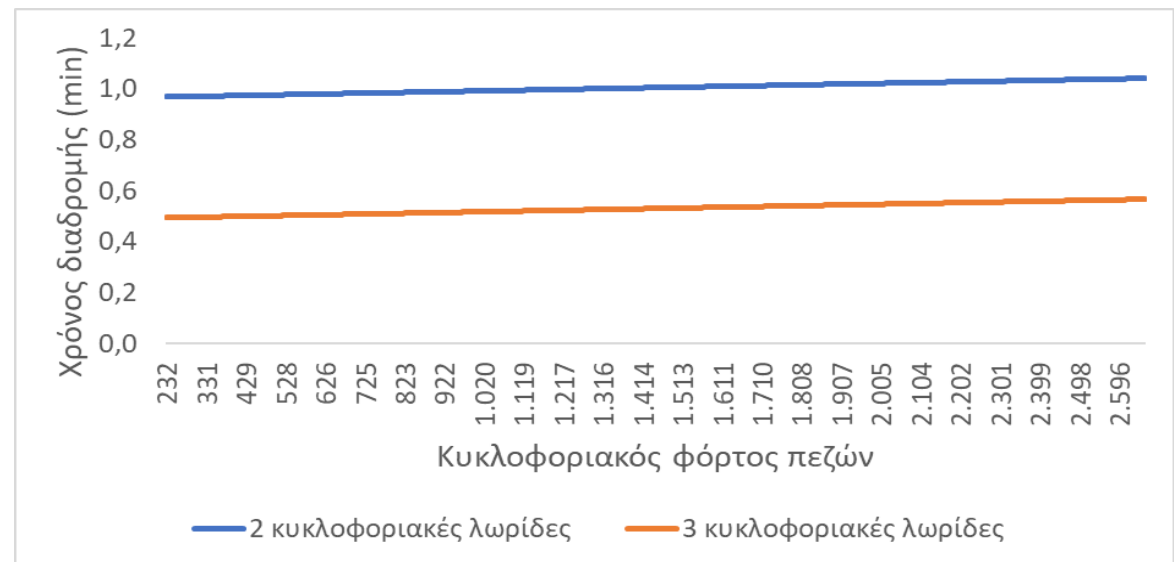
Παράγοντες επιρροής του χρόνου διαδρομής στους **Κεντρικούς Οδικούς Άξονες**

Εξαρτημένη μεταβλητή -> Λογάριθμος χρόνου διαδρομής

Model 2				
Ανεξάρτητες μεταβλητές	βi	t	Σχετική επιρροή	
			ei	ei*
TrafficLanes	-0,475	-36,398	-0,029	-43,19
PeakPeriod	-0,100	-10,037	-0,206	1,00
ModalSplit_PassengerCar%	-0,367	-5,131	-0,003	-5,25
ModalSplit_Buses%	7,231	14,503	0,003	4,06
Volume_Pedestrians	0,00003	3,283	0,001	1,00
Adjusted R-squared	0,791			

- Ο αριθμός των **λωρίδων κυκλοφορίας** έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στον χρόνο διαδρομής. Για αύξηση του αριθμού των λωρίδων κατά 1 προκαλείται μείωση του χρόνου διαδρομής κατά μισό λεπτό
- Σημαντική επιρροή έχει και το **ποσοστό κυκλοφορίας των λεωφορείων**. Αύξηση του ποσοστού κατά 1% επιφέρει αύξηση του χρόνου διαδρομής κατά 7,2 λεπτά

- Με αύξηση της ωριαίας κυκλοφορίας των **πεζών** στους κεντρικούς άξονες, ο χρόνος διαδρομής αυξάνεται
- Κατά την πρωινή αιχμή παρατηρείται αύξηση του χρόνου διαδρομής σε σχέση με την απογευματινή



Ανάλυση Αποτελεσμάτων – Μοντέλο 3

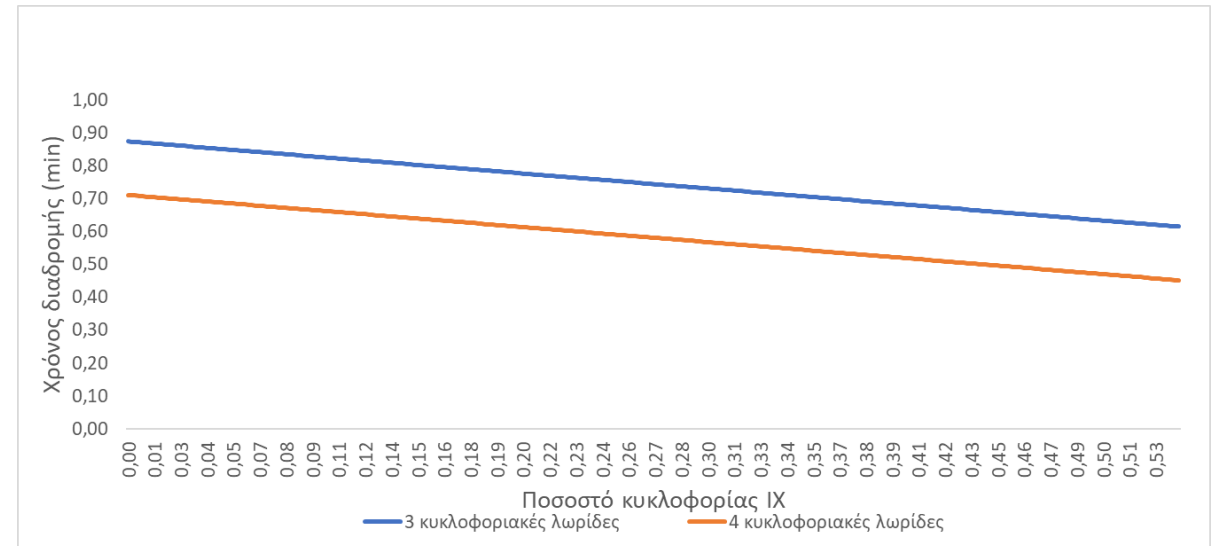
Παράγοντες επιρροής του χρόνου διαδρομής στους **Οδικούς Άξονες Εισόδου**

Εξαρτημένη μεταβλητή -> Λογάριθμος χρόνου διαδρομής

Model 3				
Ανεξάρτητες μεταβλητές	β_i	t	Σχετική επιρροή	
			e_i	e_i^*
ModalSplit_PassengerCar.	-0,480	-3,814	-0,005	-3,50
PeakPeriod	0,115	5,918	0,303	1,00
TrafficLanes	-0,163	-8,193	-0,013	-9,08
Load_Pedestrians	0,0001	2,859	0,001	1,00
Adjusted R-squared	0,307			

- Η συνεχής μεταβλητή με τη μικρότερη επιρροή στην εξαρτημένη είναι ο **κυκλοφοριακός φόρτος των πεζών**
- Μεταβαίνοντας από την **πρωινή** στην **απογευματινή αιχμή**, ο χρόνος διαδρομής αυξάνεται

- Πιο καθοριστική μεταβλητή αποτελεί ο **αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας**. Αύξηση των λωρίδων κατά 1 προκαλεί μείωση του χρόνου διαδρομής κατά 0,16 λεπτά
- Αύξηση στο **ποσοστό κυκλοφορίας των επιβατικών ΙΧ** οδηγεί σε μείωση του χρόνου διαδρομής



Ανάλυση Αποτελεσμάτων – Μοντέλο 5

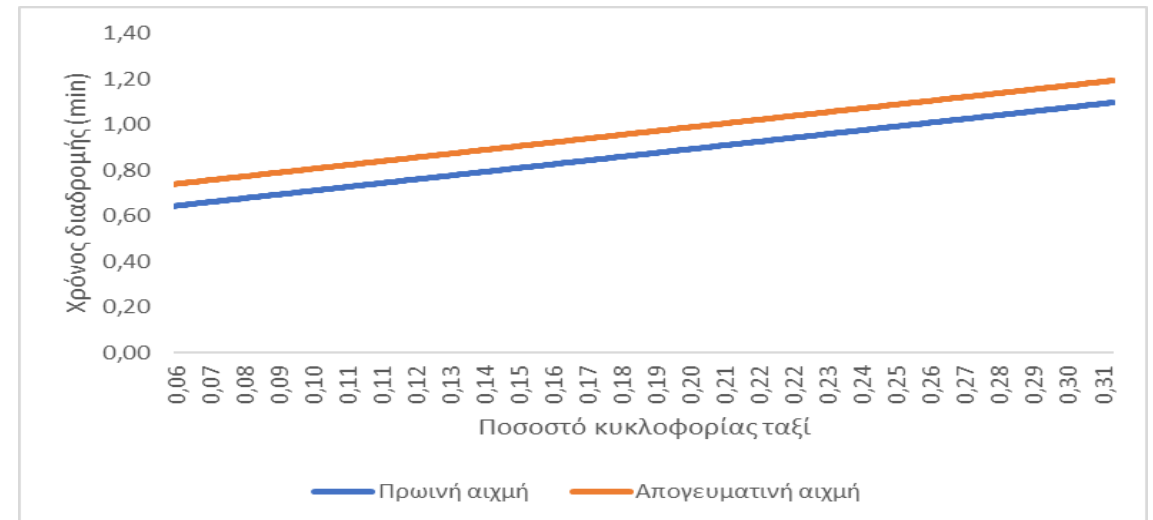
Παράγοντες επιρροής του χρόνου διαδρομής στους **Περιφερειακούς Οδικούς Άξονες**

Εξαρτημένη μεταβλητή -> Λογάριθμος χρόνου διαδρομής

Model 5				
Ανεξάρτητες μεταβλητές	β_i	t	Σχετική επιρροή	
			ei	ei*
ModalSplit_Buses%	2,660	2,217	0,000	3,10
PeakPeriod	0,096	7,926	0,247	1,00
ModalSplit_Bicycles%	4,214	2,229	0,000	1,00
Volume_Trucks	0,000	-4,260	-0,001	-12,88
ModalSplit_Taxi%	1,812	10,691	0,006	56,01
ModalSplit_PassengerCar%	-0,921	-11,221	-0,012	-118,63
Adjusted R-squared	0,458			

- Μικρότερη επιρροή στο μοντέλο έχει το **ποσοστό κυκλοφορίας των ποδηλάτων**
- Ο **χρόνος διαδρομής** είναι αυξημένος στην απογευματινή αιχμή σε σχέση με την πρωινή αιχμή

- Το **ποσοστό κυκλοφορίας των επιβατικών ΙΧ** έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στο μοντέλο. Για αύξηση του ποσοστού αυτού κατά 10%, προκαλείται μείωση στο χρόνο διαδρομής κατά 9 λεπτά
- Αύξηση του **ποσοστού κυκλοφορίας των ταξί** κατά 1% επιφέρει αύξηση του χρόνου διαδρομής κατά 1,8 λεπτά



Συμπεράσματα – Γενικά Συμπεράσματα

- Οι **παράμετροι που επηρεάζουν το χρόνο διαδρομής** στο κέντρο της Αθήνας σχετίζονται σημαντικά με τον κυκλοφοριακό φόρτο των διαφορετικών μέσων και τρόπων μετακίνησης αλλά και με τα χαρακτηριστικά της οδικής υποδομής.
- Στην οδό Πανεπιστημίου, η αύξηση της διατομής της οδού από τρεις (Α Φάση) σε τέσσερις (Β Φάση) λωρίδες κυκλοφορίας που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του **Μεγάλου Περιπάτου** της Αθήνας, οδήγησε σε αύξηση του χρόνου διαδρομής.
- Οι κεντρικοί οδικοί άξονες και οι οδικοί άξονες εισόδου παρουσιάζουν **όμοια συμπεριφορά** ως προς τους παράγοντες που επηρεάζουν τον χρόνο διαδρομής.
- Το **ποσοστό κυκλοφορίας επιβατικών ΙΧ** επηρεάζει σημαντικά τον χρόνο διαδρομής στα τέσσερα από τα πέντε στατιστικά μοντέλα.
- Το ποσοστό χρήσης των επιβατικών ΙΧ οχημάτων οδηγεί σε μείωση του χρόνου διαδρομής σε όλες τις κατηγορίες οδικών αξόνων εκτός από τους οδικούς άξονες εξόδου, όπου δεν εμφανίζει κάποια επιρροή.
- Όσον αφορά στους **ήπιους τρόπους μετακίνησης**:
 - Η **κυκλοφορία πεζών** προκύπτει στατιστικά σημαντική στην οδό Πανεπιστημίου, στους κεντρικούς και στους οδικούς άξονες εισόδου, ενώ η επιρροή της σε όλους τους προαναφερόμενους άξονες οδηγεί σε αύξηση του χρόνου διαδρομής.
 - Τα **ποδήλατα** επηρεάζουν τους άξονες εξόδου και τους περιφερειακούς και η επιρροή τους οδηγεί σε αύξηση του χρόνου διαδρομής.

Συμπεράσματα – Ειδικά Συμπεράσματα

- Όσον αφορά στην οδό **Πανεπιστημίου**, ο **κυκλοφοριακός φόρτος των μοτοσυκλετών** αποτελεί τον πιο καθοριστικό παράγοντα επιρροής του χρόνου διαδρομής και αν αυξηθεί η ωριαία κυκλοφορία των μοτοσυκλετών παρατηρείται αύξηση του χρόνου διαδρομής.
- Στους **κεντρικούς** και στους **οδικούς άξονες εισόδου**, το **ποσοστό χρήσης των επιβατικών ΙΧ** οχημάτων καθώς και ο αριθμός των **λωρίδων κυκλοφορίας** προκύπτει ότι επηρεάζουν σε σημαντικότερο βαθμό τον χρόνο διαδρομής των οχημάτων στους υπό εξέταση οδικούς άξονες.
- Όσον αφορά στους **περιφερειακούς οδικούς άξονες**, η καθοριστικότερη μεταβλητή είναι το **ποσοστό κυκλοφορίας των ΙΧ** και συγκεκριμένα αύξηση του ποσοστού επιφέρει μείωση στον χρόνο διαδρομής.
- Αναφορικά με την **περίοδο αιχμής** παρατηρείται ότι, στους **κεντρικούς οδικούς άξονες**, ο χρόνος διαδρομής είναι αυξημένος κατά την πρωινή αιχμή συγκριτικά με την απογευματινή ενώ στους **οδικούς άξονες εισόδου** και στους **περιφερειακούς οδικούς άξονες** παρατηρείται το αντίθετο.



Προτάσεις – Περαιτέρω έρευνα (1/2)

Προτάσεις για τη βελτίωση της κυκλοφορίας και της κινητικότητας στην Αθήνα

- Δημιουργία, επέκταση και αναβάθμιση **πεζόδρομων** και διαμόρφωση **ελεύθερων χώρων πρασίνου**
- Κατασκευή **ποδηλατόδρομων** και αναβάθμιση των ήδη υπάρχοντων
- Καθιέρωση συχνότερων δρομολογίων στα **ΜΜΜ** σε συνδυασμό με άνεση και καθαριότητα
- **Εκστρατείες ενημέρωσης** για αλλαγή της νοοτροπίας των πολιτών και ανάδειξη των οφελών της χρήσης φιλικών προς το περιβάλλον τρόπων μεταφοράς



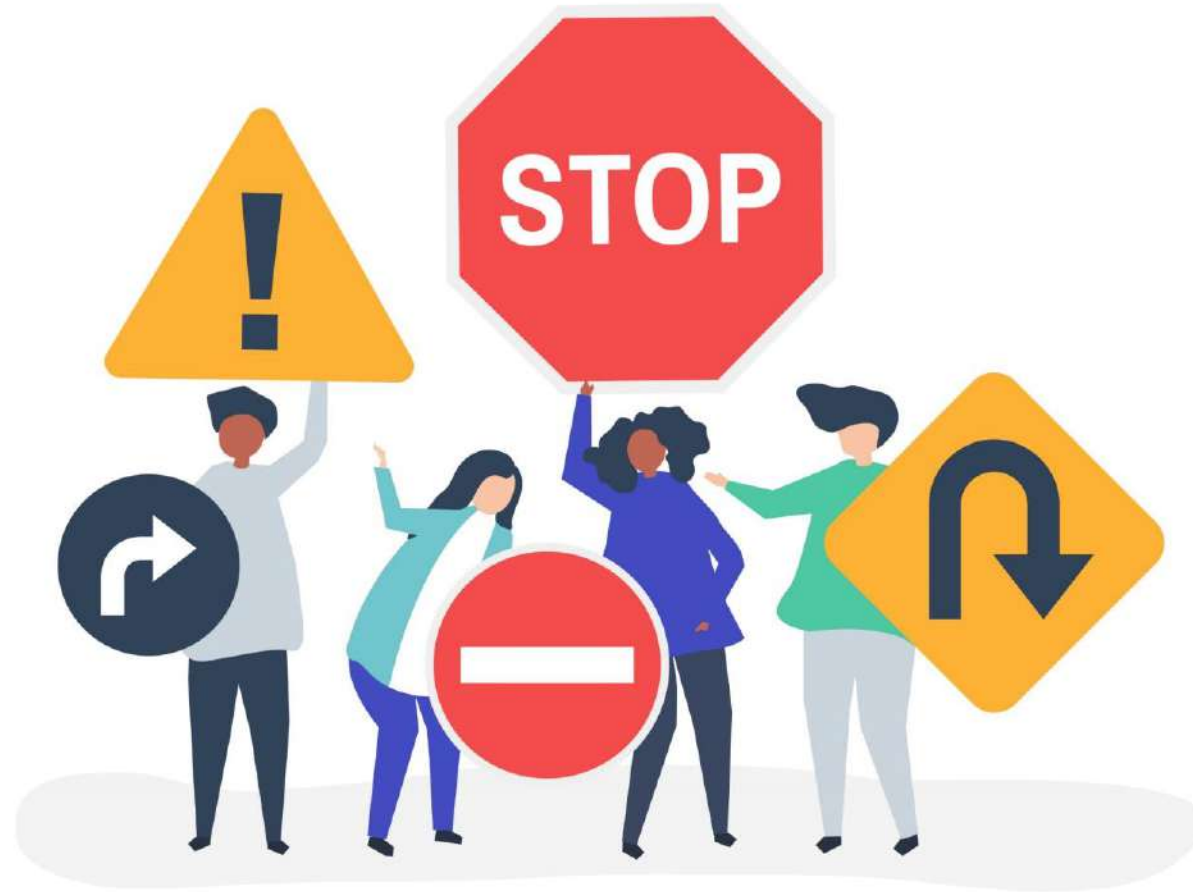
Προτάσεις – Περαιτέρω έρευνα (2/2)

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

- Έρευνα σε **μεγαλύτερο δείγμα** σε βάθος χρόνου
- Εφαρμογή σε **διαφορετικές συνθήκες οδήγησης** (π.χ. συνθήκες ημέρας/νύχτας)
- Μεθοδολογία ανάλυσης παλινδρόμησης στους βασικότερους οδικούς άξονες **μεμονωμένα** και όχι ανά κατηγορία
- Εφαρμογή **διαφορετικών μεθόδων στατιστικής ανάλυσης** (π.χ. ανάλυση παραγόντων)



Ευχαριστώ για την προσοχή σας...





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Κρίσιμοι παράγοντες επιρροής του χρόνου διαδρομής στο κέντρο της Αθήνας

Αγγελική Μακρή

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Ιούλιος 2021