



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Συνδυαστική Επιρροή
των Χαρακτηριστικών της Οδού και της Κυκλοφορίας
στη Συμπεριφορά του Οδηγού
με Δεδομένα από Έξυπνα Κινητά Τηλέφωνα

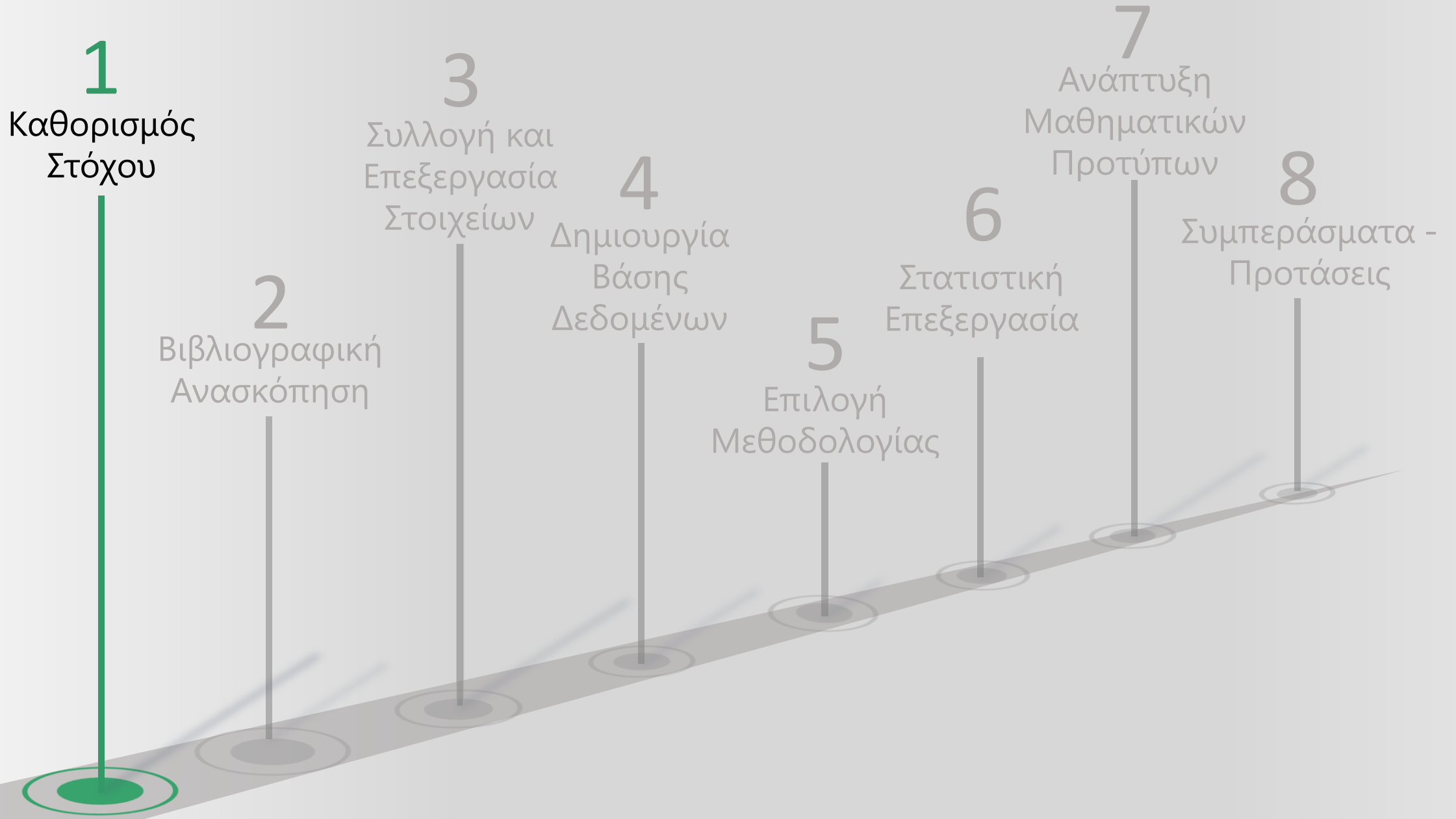
Βιργινία Ν. Πετράκη

Επιβλέπων: Γεώργιος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.
Αθήνα, Μάρτιος 2019



Βασικά Στάδια Διπλωματικής Εργασίας





**Διερεύνηση
Επιθετικής Συμπεριφοράς
Οδηγού**



**2 Αστικές
Λεωφόροι**

Οδικό Τμήμα

Διασταύρωση

**Τρόπος
Οδήγησης**

**Μεγέθη Λοιπής
Κυκλοφορίας**

**Χαρακτηριστικά
Οδού**

1
Καθορισμός
Στόχου

2
Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση

3
Συλλογή και
Επεξεργασία
Δεδομένων

4
Δημιουργία
Βάσης
Δεδομένων

5
Επιλογή
Μεθοδολογίας

6
Στατιστική
Επεξεργασία

7
Ανάπτυξη
Μαθηματικών
Προτύπων

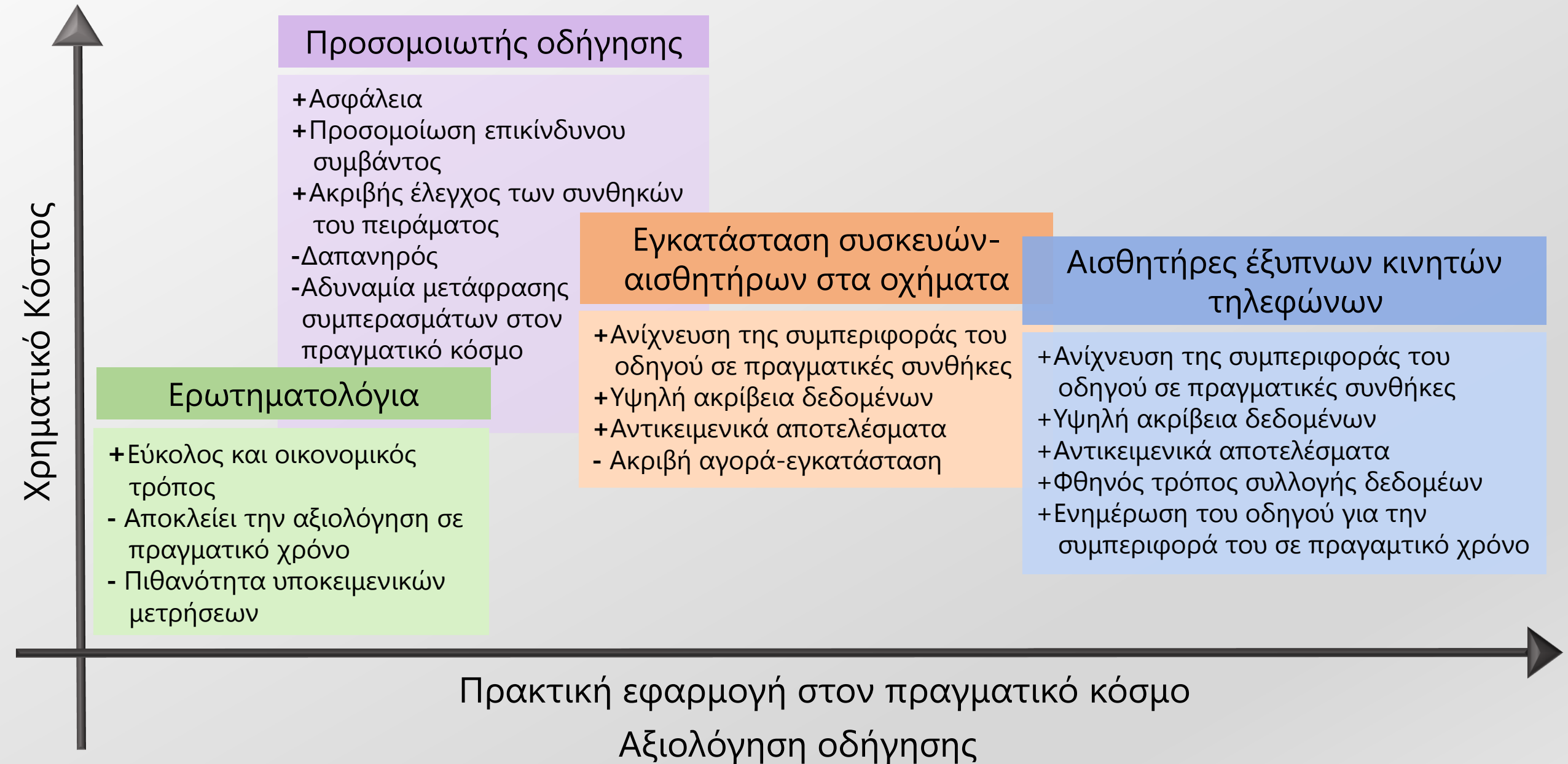
8
Συμπεράσματα -
Προτάσεις

Εργασίες

Συλλογή
Δεδομένων

Χωρική
Ανάλυση

Τρόποι Συλλογής Δεδομένων Οδηγικής Συμπεριφοράς



Χωρική Ανάλυση

- 1 Όλες οι εργασίες είχαν ως **κύριο στόχο** τη χωρική ανάλυση οδικών ατυχημάτων και την επιλογή της κατάλληλης χωρικής μονάδας
- 2 Με την πρόοδο των **συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών** παρέχεται η δυνατότητα να αναλυθούν τα οδικά ατυχήματα σε διάφορες χωρικές μονάδες
- 3 Η **προτίμηση της χωρικής μονάδας** μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την εξαρτημένη μεταβλητή
- 4 Στα μαθηματικά πρότυπα με **κοινή** εξαρτημένη μεταβλητή τα **πρόσημα** των ανεξάρτητων μεταβλητών **παραμένουν σταθερά**, ανεξάρτητα της χωρικής μονάδας

Καινοτομίες Διπλωματικής Εργασίας

Διερεύνηση της επιθετικής οδήγησης με ένα **συνδυασμό δεδομένων** σχετικά με:

τρόπο οδήγησης

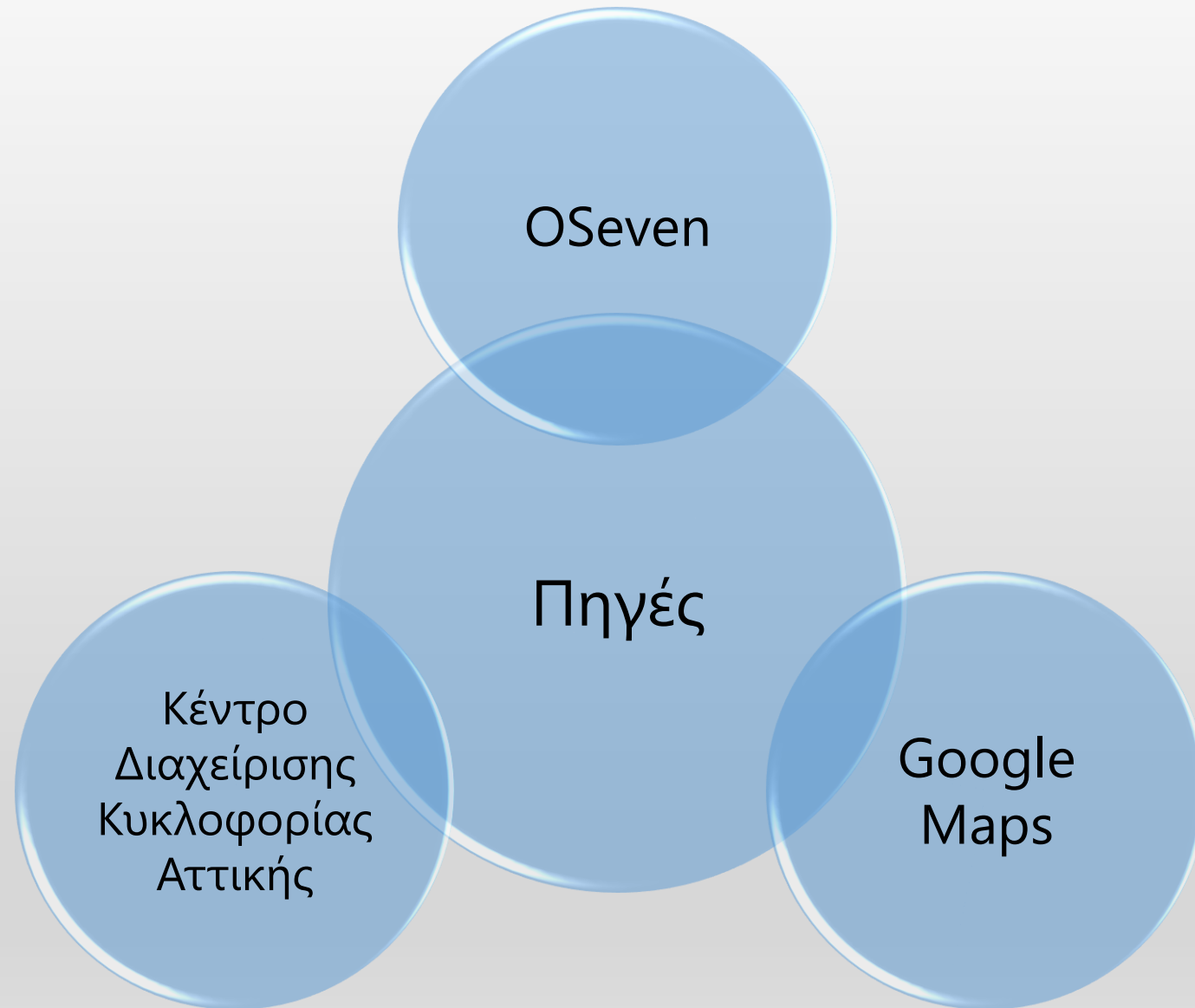
κυκλοφοριακά μεγέθη

χαρακτηριστικά οδού

Διερεύνηση της επιθετικής συμπεριφοράς μέσω **χωρικών αναλύσεων** σε επίπεδο διασταύρωσης και οδικού τμήματος

Συλλογή απότομων συμβάντων μέσω **έξυπνων κινητών τηλεφώνων**





OSeven

Εφαρμογή για **smartphones** καταγράφει τη συμπεριφορά του οδηγού χρησιμοποιώντας τους **αισθητήρες της συσκευής**

Προσωρινή **αποθήκευση** στη μνήμη του κινητού

Μεταφορά των δεδομένων στην κεντρική βάση

WiFi

3G/4G

Bluetooth

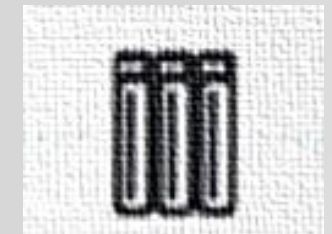
Αλγόριθμοι Machine Learning (ML)

Μείωση του όγκου των δεδομένων

Ανίχνευση συμπεριφορών οδήγησης

Δημιουργία δεικτών οδικής ασφάλειας

Αξιόπιστα αναλυτικά στοιχεία για κάθε οδηγό διαθέσιμα στο χρήστη (feedback)



Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας Αττικής

Παρακολούθηση κυκλοφορίας και βελτιστοποίησή της

550 Θέσεις Μέτρησης

217 Κάμερες

24 Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων

Συλλογή κυκλοφοριακών δεδομένων

Μέσος Κυκλοφοριακός Φόρτος [Q]

Μέση Κατάληψη της Οδού [O]

Μεση Ταχύτητα Κυκλοφορίας [V]

Αφορούν στο σύνολο του ρεύματος κυκλοφορίας της κύριας οδού

Συλλογή σε δύο χρονικές βάσεις

ανά 90 δευτερόλεπτα

ανά 1 ώρα

Διαθέσιμες μετρήσεις για την περιοχή έρευνας

Καθημερινές ωριαίες μετρήσεις για το έτος 2017

26 θέσεις μέτρησης στις δύο υπό μελέτη λεωφόρους

Υπηρεσία Χαρτογράφησης στο Διαδίκτυο

Παρέχεται από την **Google**

Οι δορυφορικές εικόνες δεν ανανεώνονται σε πραγματικό χρόνο

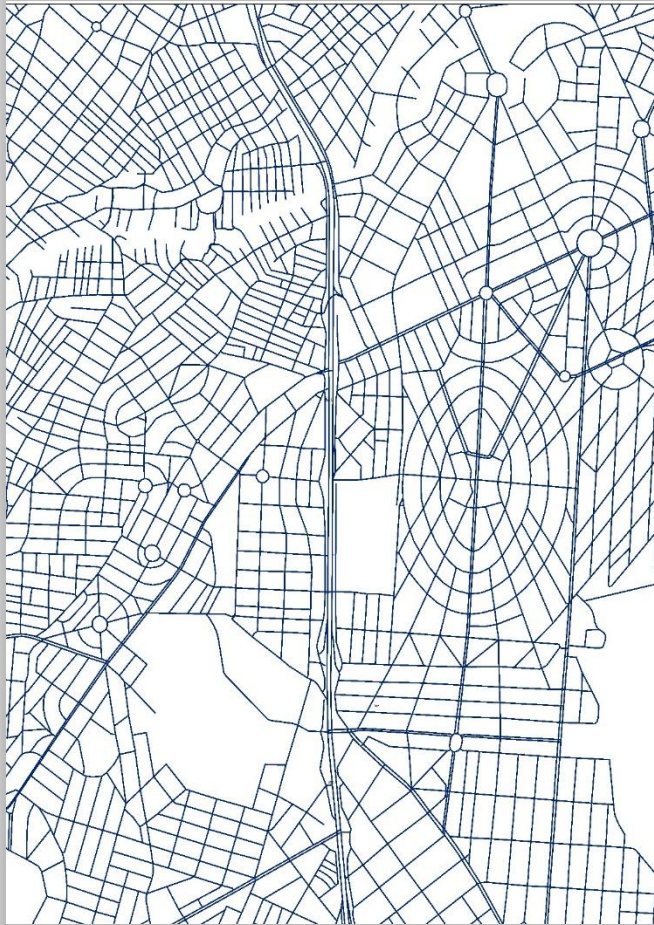
Προσθέτει δεδομένα στη Κύρια Βάση της σε **τακτική βάση**

Λ. Βουλιαγμένης και Λ. Μεσογείων

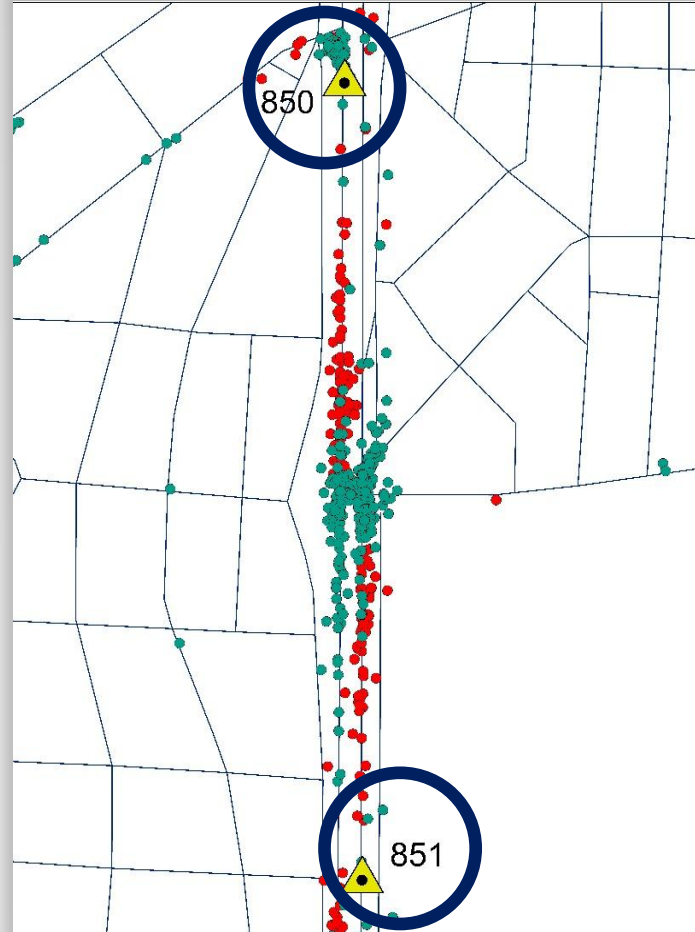


GIS
ArcMap

Αποτύπωση οδικών
αξόνων της Αθήνας

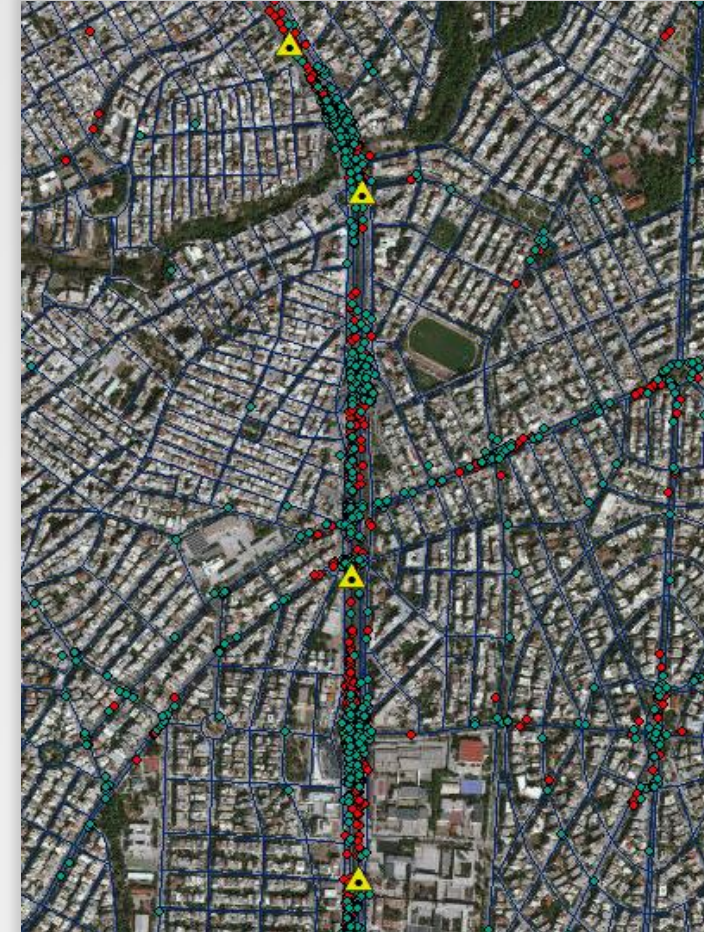


Αποτύπωση απότομων
συμβάντων στην Αθήνα



Αποτύπωση θέσεων
μέτρησης κυκλοφοριακών
μεγεθών

Εισαγωγή του χάρτη



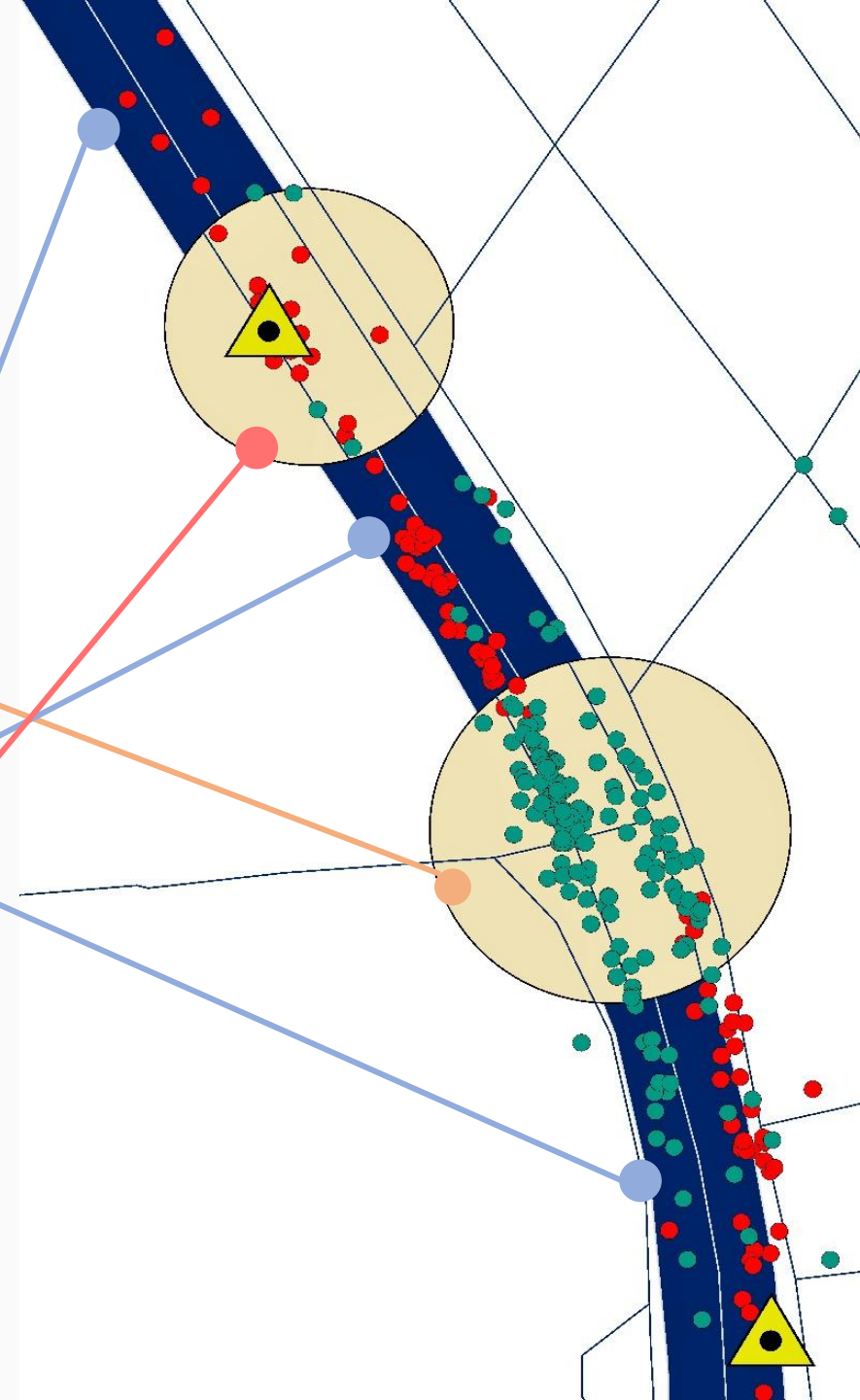
Προσδιορισμός των διασταυρώσεων και οδικών τμημάτων στις δύο αστικές λεωφόρους Λ. Βουλιαγμένης και Λ. Μεσογείων

Διασταύρωση
Κύκλος $R=50 \mu$.

Οδικό τμήμα ανόδου/καθόδου

Πλάτος = $\Sigma(\text{πλάτος κυκλοφοριακών λωρίδων}) + (\text{πλάτος νησίδας})/2$
Μήκος = μήκος οδικού τμήματος

Διάβαση πεζών
Κύκλος $R=40 \mu$.



Απότομες Επιταχύνσεις

- 219.757 συμβάντα
- 316 οδηγοί
- 25/8/2016 - 26/11/2017

Απότομες Επιβραδύνσεις

- 102.918 συμβάντα
- 303 οδηγοί
- 25/8/2016 - 26/11/2017

Μοντέλο Γεωπεξεργασίας

Διασταυρώσεις

Απότομες Επιταχύνσεις

- 4.987 συμβάντα

Απότομες Επιβραδύνσεις

- 1.196 συμβάντα

Οδικά Τμήματα

Απότομες Επιταχύνσεις

- 1.307 συμβάντα

Απότομες Επιβραδύνσεις

- 1.536 συμβάντα

Για κάθε χωρική
ενότητα

- ελάχιστη τιμή
- μέγιστη τιμή
- τυπική απόκλιση
- αριθμητικό μέσο

μεταβλητών που
περιγράφουν κάθε
απότομο συμβάν

Καθημερινά Ωριαία
Κυκλοφοριακά
Μεγέθη έτους 2017



Μέσα Κυκλοφοριακά
Μεγέθη του έτους
2017

Οδικά Τμήματα

$Q \rightarrow Q/\text{lane}$

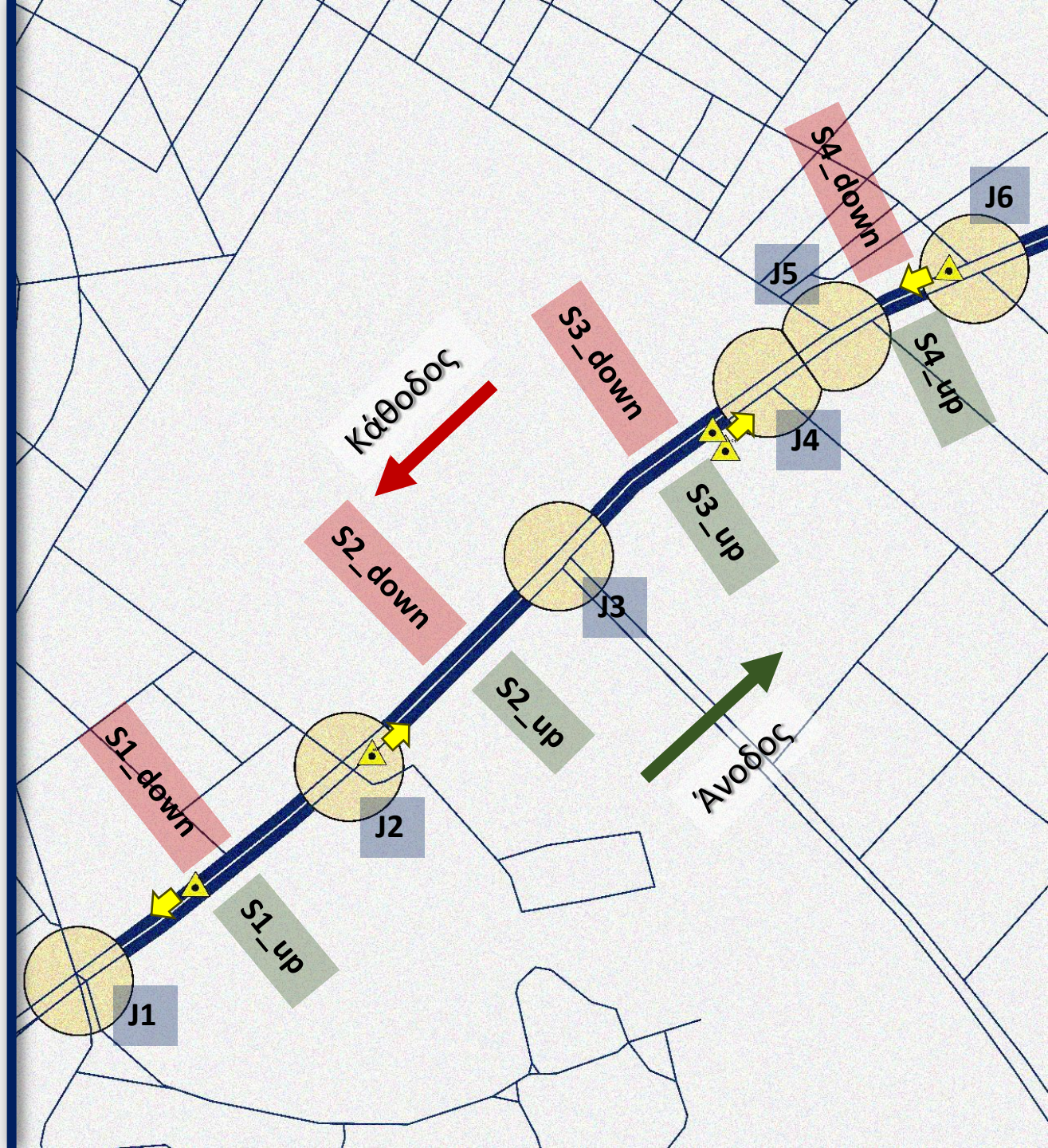
Χωρίς θέση μέτρησης

$$Q/l_{S_n \text{ up/down}} = \frac{Q/l_{S_m \text{ up/down}} + Q/l_{S_k \text{ up/down}}}{2} [\text{Veh/h}]$$

- $S_m \text{ up/down}$: πριν το οδικό τμήμα S_n , με θέση μέτρησης
- $S_k \text{ up/down}$: μετά το οδικό τμήμα S_n , με θέση μέτρησης

Διασταυρώσεις

$$Q_{J_n} = \frac{Q_{S_n \text{ down}} + Q_{S_{n-1} \text{ up}}}{2} [\text{Veh/h}]$$



Σύνοψη Επεξεργασμένων Στοιχείων



Μήκος οδικού τμήματος

Αριθμός δεξιών εξόδων/εισόδων

Ύπαρξη (1) ή απουσία (0) παράδρομου

Αριθμός στάσεων λεωφορείου

Ύπαρξη (1) ή απουσία (0) λεωφορειολωρίδας

Αριθμός αριστερών εξόδων

Αριθμός αριστερών εισόδων

Αριθμός δεξιών εξόδων

Αριθμός δεξιών εισόδων

Αριθμός εισερχόμενων λωρίδων

Αριθμός εξερχόμενων λωρίδων

Ύπαρξη (1) ή απουσία (0) παράδρομου



Συχνότητα εμφάνισης απότομων συμβάντων

Στατιστικά μεγέθη των εξής μεταβλητών:

- **μέγιστη διαφορά ταχύτητας** κατά τη διάρκεια του συμβάντος
- **ταχύτητα** πραγματοποίησης συμβάντος
- **απόσταση** πραγματοποίησης συμβάντος

Μέσος κυκλοφοριακός φόρτος

Μέση ταχύτητα κυκλοφορίας

Μέση κατάληψη

Κ.Δ.Κ.

1
Καθορισμός
Στόχου

2
Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση

3
Συλλογή και
Επεξεργασία
Δεδομένων

4
Δημιουργία
Βάσης
Δεδομένων

5
Επιλογή
Μεθοδολογίας

6
Στατιστική
Επεξεργασία

7
Ανάπτυξη
Μαθηματικών
Προτύπων

8
Συμπεράσματα -
Προτάσεις



4
Σ
Π
ί
ν
α
κ
ε
ς
ω
ν

Γραμμές

Στήλες

Απότομες Επιταχύνσεις
σε Οδικό Τμήμα

50 Οδικά Τμήματα
ανόδου και καθόδου

24 Μεταβλητές

Απότομες Επιβραδύνσεις
σε Οδικό Τμήμα

50 Οδικά Τμήματα
ανόδου και καθόδου

24 Μεταβλητές

Απότομες Επιταχύνσεις
σε Διασταύρωση

33 Διασταυρώσεις

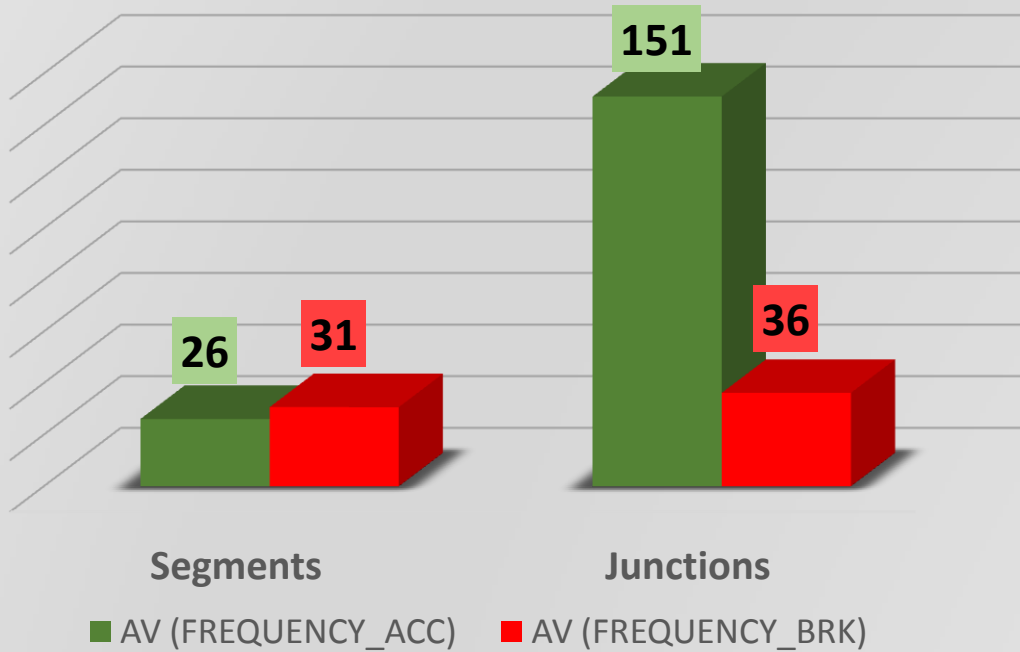
28 Μεταβλητές

Απότομες Επιβραδύνσεις
σε Διασταύρωση

33 Διασταυρώσεις

28 Μεταβλητές

Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία



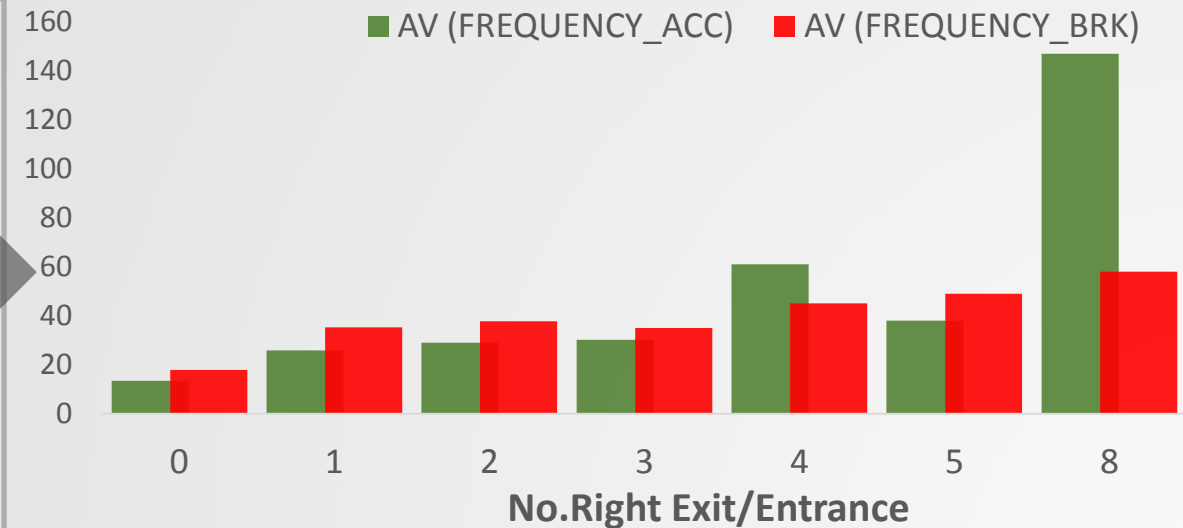
• Συχνότητα εμφάνισης απότομων **επιταχύνσεων**

Μεγαλύτερη στις διασταυρώσεις

• Συχνότητα εμφάνισης απότομων **επιβραδύνσεων** στις διασταυρώσεις

Συχνότητα εμφάνισης απότομων **επιταχύνσεων** στις διασταυρώσεις

- $\left(\begin{array}{l} \text{αριθμός} \\ \text{εξόδων/εισόδων} \\ \text{οδικού τμήματος} \end{array} \right) = 8 \rightarrow$ **Περισσότερες** κατά μέσο όρο απότομες **επιταχύνσεις/επιβραδύνσεις**
- $\left(\begin{array}{l} \text{αριθμός} \\ \text{εξόδων/εισόδων} \\ \text{οδικού τμήματος} \end{array} \right) = 0 \rightarrow$ **Λιγότερες** κατά μέσο όρο απότομες **επιταχύνσεις/επιβραδύνσεις**



1
Καθορισμός
Στόχου

2
Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση

3
Συλλογή και
Επεξεργασία
Στοιχείων

4
Δημιουργία
Βάσης
Δεδομένων

5
Επιλογή
Μεθοδολογίας

6
Στατιστική
Επεξεργασία

7
Ανάπτυξη
Μαθηματικών
Προτύπων

8
Συμπεράσματα -
Προτάσεις

5

Επιλογή Μεθοδολογίας

Μέθοδοι Ανάλυσης

- Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση
- Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση

Εξαρτημένες Μεταβλητές

- Συχνότητα εμφάνισης απότομων συμβάντων
- Συνεχείς

Ανεξάρτητες Μεταβλητές

- Διακριτές
- Συνεχείς

Στατιστική Αξιολόγηση

- Λογική ερμηνεία των προσήμων (β_i)
- Ελαστικότητα
- Στατιστική εμπιστοσύνη του προτύπου (**t-test**)
- Ποιότητα του προτύπου (R^2)
- Σφάλμα εξίσωσης προτύπου

1
Καθορισμός
Στόχου

2
Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση

3
Συλλογή και
Επεξεργασία
Στοιχείων

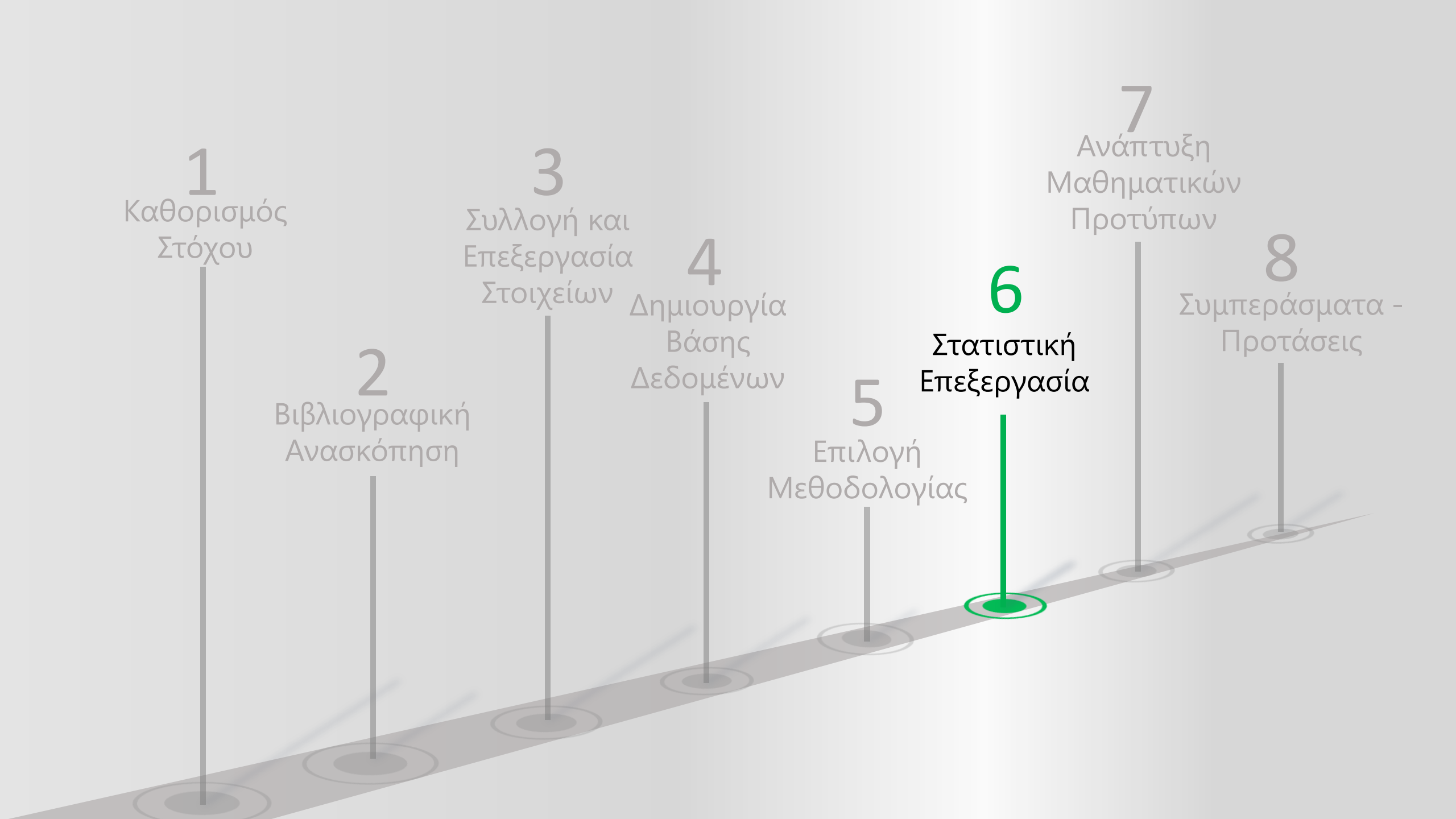
4
Δημιουργία
Βάσης
Δεδομένων

5
Επιλογή
Μεθοδολογίας

6
Στατιστική
Επεξεργασία

7
Ανάπτυξη
Μαθηματικών
Προτύπων

8
Συμπεράσματα -
Προτάσεις



6

Στατιστική Επεξεργασία

Εισαγωγή βάσης δεδομένων στο πρόγραμμα
στατιστικής ανάλυσης IBM SPSS 23

Χαρακτηρισμός μεταβλητών

Έλεγχος συσχέτισης των μεταβλητών

Καθορισμός εξαρτημένων & ανεξάρτητων
μεταβλητών

Στατιστικοί έλεγχοι μαθηματικών
προτύπων

1
Καθορισμός
Στόχου

2
Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση

3
Συλλογή και
Επεξεργασία
Στοιχείων

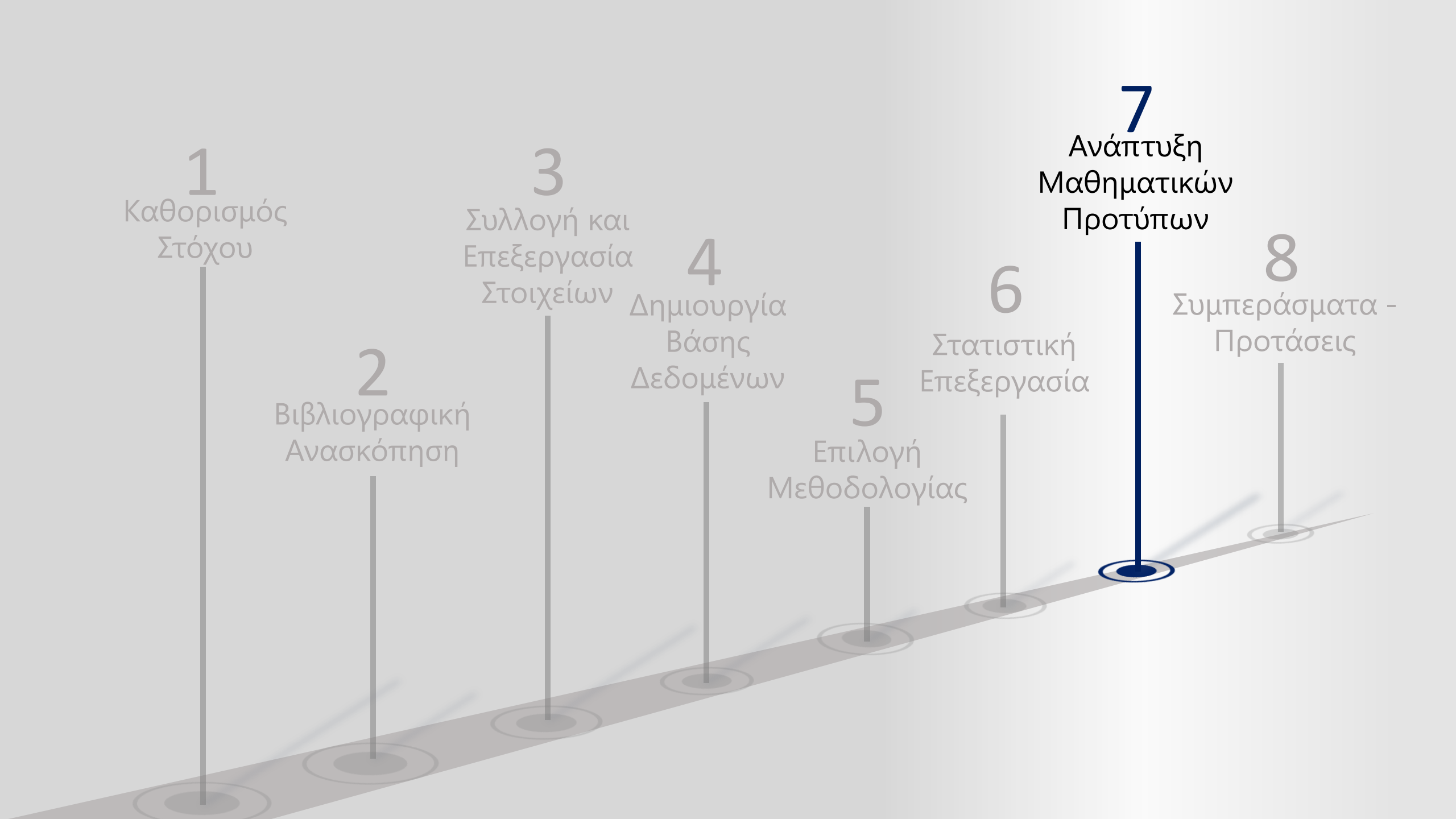
4
Δημιουργία
Βάσης
Δεδομένων

5
Επιλογή
Μεθοδολογίας

6
Στατιστική
Επεξεργασία

7
Ανάπτυξη
Μαθηματικών
Προτύπων

8
Συμπεράσματα -
Προτάσεις



Πρότυπα

1

Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων **Επιταχύνσεων** σε **Οδικό Τμήμα**

2

Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων **Επιβραδύνσεων** σε **Οδικό Τμήμα**

3

Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων **Επιταχύνσεων** σε **Διασταύρωση**

4

Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων **Επιβραδύνσεων** σε **Διασταύρωση**

Πρότυπο 1

Εξαρτημένη μεταβλητή ➡ Λογάριθμος Συχνότητας εμφάνισης απότομων **Επιταχύνσεων** σε **Οδικό Τμήμα**

Ανεξάρτητες μεταβλητές	β_i	t	Σχετική επιρροή	
			e_i	e_i^*
Συνεχείς μεταβλητές				
Μήκος οδικού τμήματος	0,001	4,224	0,007	1,138
Μέσος κυκλοφοριακός φόρτος / λωρίδα κυκλοφορίας	0,002	5,974	0,030	4,858
Μέση ταχύτητα κυκλοφορίας	-0,011	-2,470	-0,014	-2,217
Εύρος μέγιστης διαφοράς ταχύτητας του συμβάντος	0,039	3,477	0,006	1

$R^2 \rightarrow 0,966$

- Η επιρροή του μέσου κυκλοφοριακού φόρτου είναι η **μεγαλύτερη**
- Για **αύξηση** του μέσου κυκλοφοριακού φόρτου ανά λωρίδα κατά 1% η συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων στο αντίστοιχο οδικό τμήμα **αυξάνεται** κατά 0,03%

Πρότυπο 2

Εξαρτημένη μεταβλητή ➡ Λογάριθμος Συχνότητας εμφάνισης απότομων **Επιβραδύνσεων** σε **Οδικό τμήμα**

Ανεξάρτητες μεταβλητές	βi	t	Σχετική επιρροή	
			e _i	e _i [*]
Συνεχείς μεταβλητές				
Μήκος οδικού τμήματος	,001	2,470	0,0047	1,672
Μέσος κυκλοφοριακός φόρτος / λωρίδα κυκλοφορίας	,002	4,355	0,0242	8,692
Μέση ταχύτητα κυκλοφορίας	-,010	-1,909	-0,0127	-4,551
Εύρος μέγιστης διαφοράς ταχύτητας απότομου συμβάντος	,076	4,650	0,0128	4,593
Διακύμανση απόστασης πραγματοποίησης απότομου συμβάντος	,058	1,756	0,0028	1

R² ➡ 0,959

- Ο μέσος κυκλοφοριακός φόρτος ασκεί **μεγαλύτερη** επιρροή στην εξαρτημένη
- **Σημαντική επιρροή** στην εξαρτημένη μεταβλητή εμφανίζεται να έχει και το δεύτερο κυκλοφοριακό μέγεθος

Πρότυπο 3

Εξαρτημένη μεταβλητή → Συχνότητα εμφάνισης απότομων **Επιταχύνσεων** σε **Διασταύρωση**

Ανεξάρτητες μεταβλητές	βi	t	Σχετική επιρροή	
			e _i	e _i [*]
Διακριτές μεταβλητές				
Αριθμός κυκλοφοριακών λωρίδων εξόδου	15,520	2,526	0,104	-
Συνεχείς μεταβλητές				
Μέση κατάληψη	27,857	4,615	0,014	3,243
Λογάριθμος δεύτερης δύναμης μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας	-77,010	-3,891	-0,004	-1
Τυπική απόκλιση μέγιστης διαφοράς ταχύτητας κατά τη διάρκεια απότομου συμβάντος	74,238	3,860	0,012	2,821

R² → 0,916

- Πιο **καθοριστική** μεταβλητή αποτελεί η **μέση κατάληψη** της οδού συγκριτικά με τις υπόλοιπες συνεχείς ανεξάρτητες
- Ενώ εκείνη με τη **μικρότερη** επιρροή στην εξαρτημένη εμφανίζεται να είναι η μέση **ταχύτητα λοιπής κυκλοφορίας**

Πρότυπο 4

Εξαρτημένη μεταβλητή → Συχνότητα εμφάνισης απότομων **Επιβραδύνσεων** σε **Διασταύρωση**

Ανεξάρτητες μεταβλητές	βi	t	Σχετική επιρροή	
			e _i	e _i [*]
Διακριτές μεταβλητές				
Αριθμός δεξιών εξόδων από διασταύρωση	11,436	1,785	0,338	-
Συνεχείς μεταβλητές				
Μέσος κυκλοφοριακός φόρτος	-0,020	-2,135	0,006	1
Δεύτερη δύναμη μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας	0,017	3,339	0,035	5,511
Μέγιστη ταχύτητα πραγματοποίησης απότομου συμβάντος	0,491	2,194	0,011	1,746
Ελάχιστη απόσταση πραγματοποίησης απότομου συμβάντος	-16,160	-2,895	-0,009	-1,349

R² → 0,765

- Η **μέση ταχύτητα κυκλοφορίας** υψωμένη στο τετράγωνο αποτελεί την πιο **καθοριστική** μεταβλητή του προτύπου
- Οι δύο μεταβλητές που σχετίζονται με τον **τρόπο οδήγησης** του οδηγού προκύπτει πως έχουν **σχετικές επιρροές** $e_i=0,011$ και $e_i=-0,009$

1
Καθορισμός
Στόχου

2
Βιβλιογραφική
Ανασκόπηση

3
Συλλογή και
Επεξεργασία
Στοιχείων

4
Δημιουργία
Βάσης
Δεδομένων

5
Επιλογή
Μεθοδολογίας

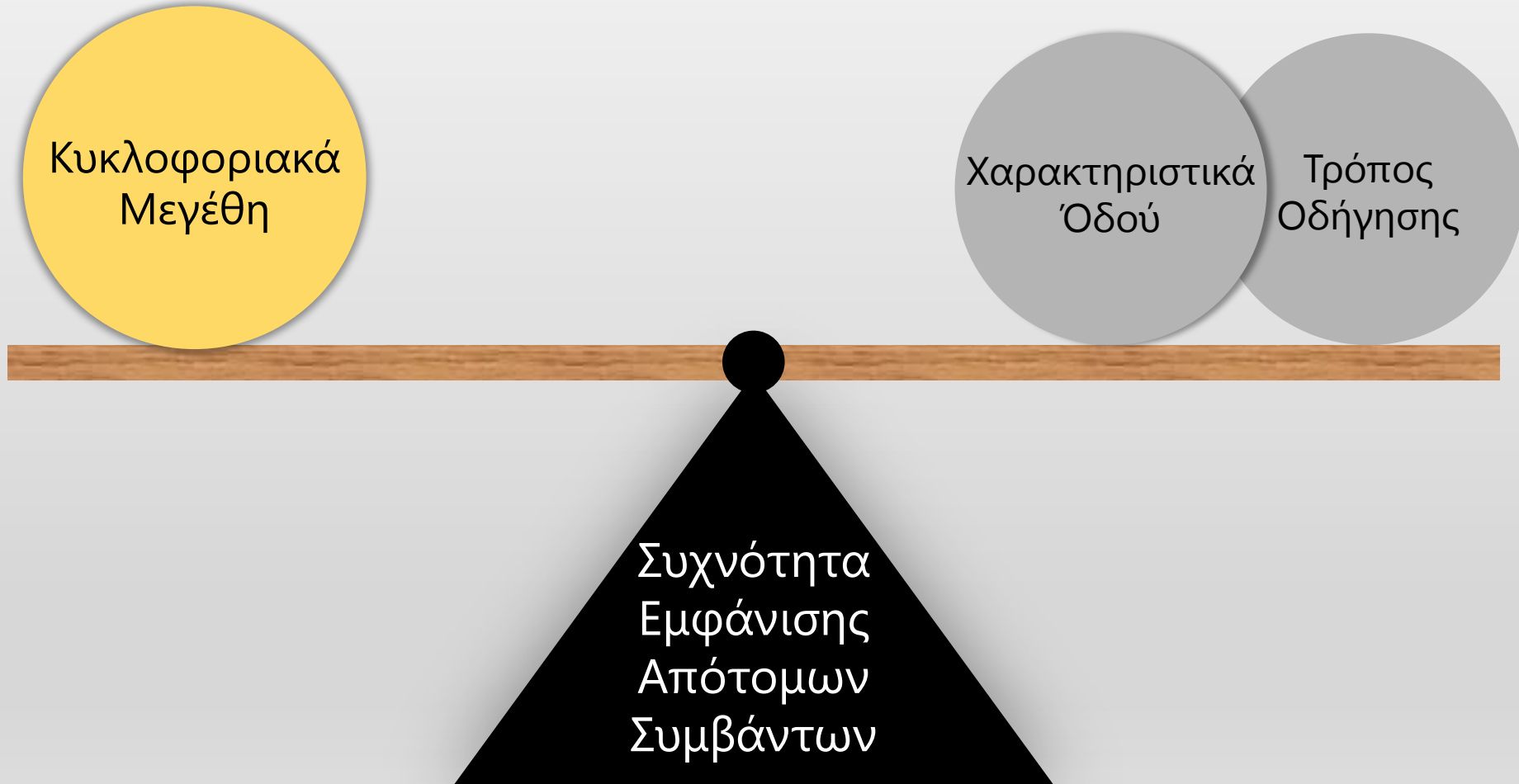
6
Στατιστική
Επεξεργασία

7
Ανάπτυξη
Μαθηματικών
Προτύπων

8
Συμπεράσματα -
Προτάσεις

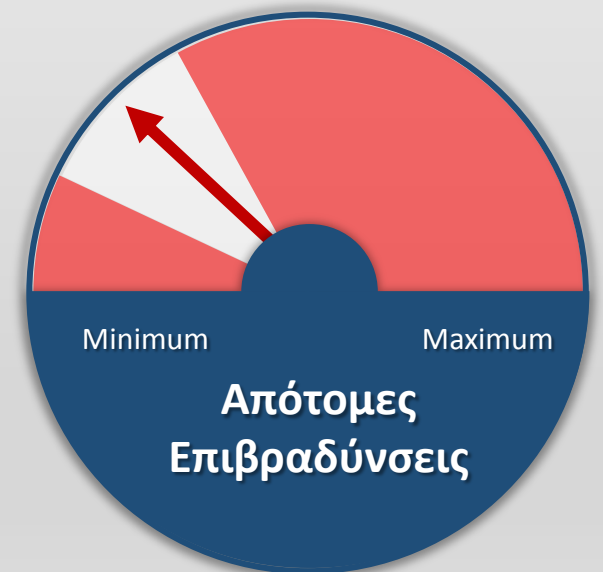
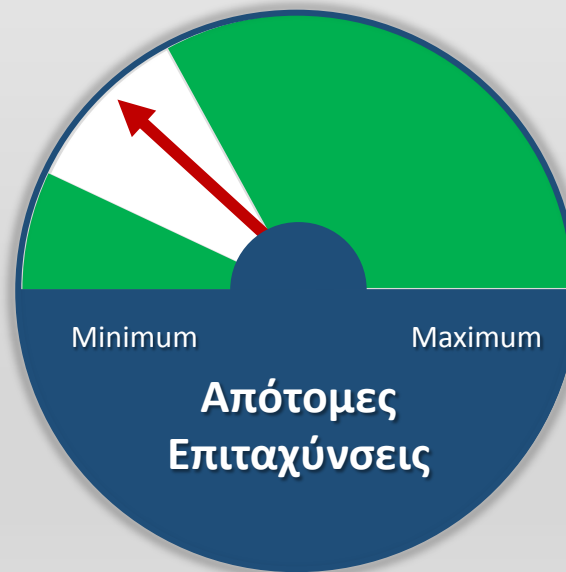


Συμπεράσματα

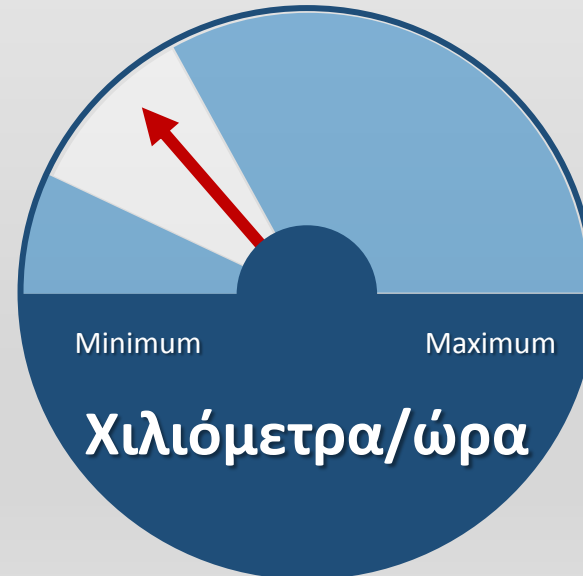
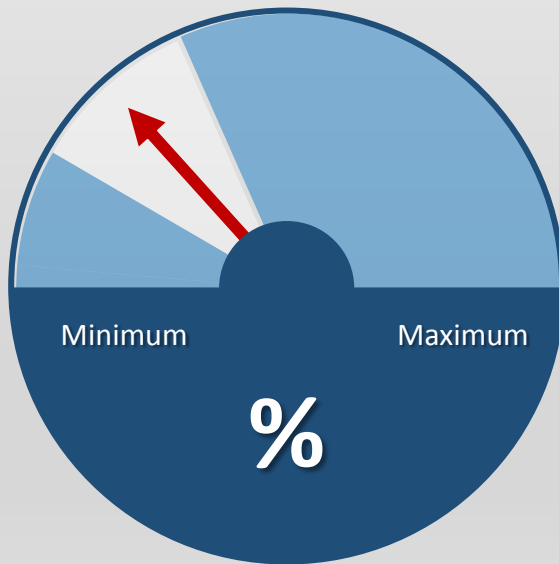
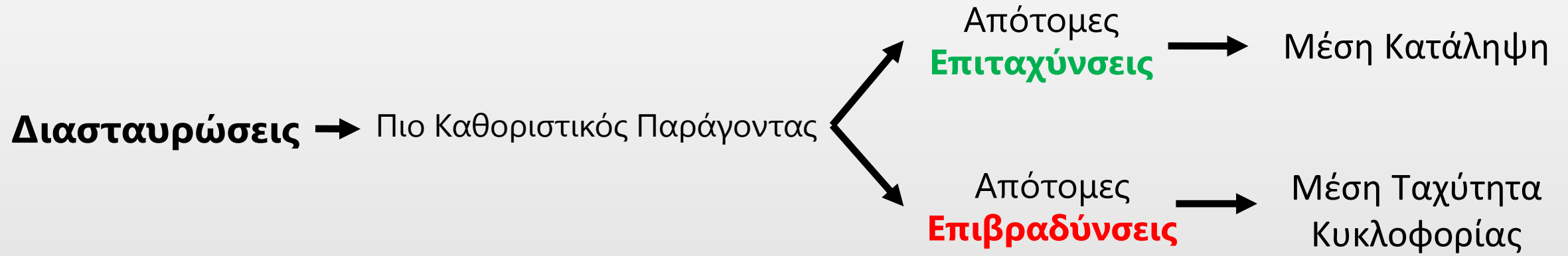


Συμπεράσματα

Οδικά Τμήματα → Πιο Καθοριστικός Παράγοντας → Μέσος Κυκλοφοριακός Φόρτος ανά λωρίδα



Συμπεράσματα



Συμπεράσματα

4

Απότομες **Επιταχύνσεις**
στις **Διασταυρώσεις**



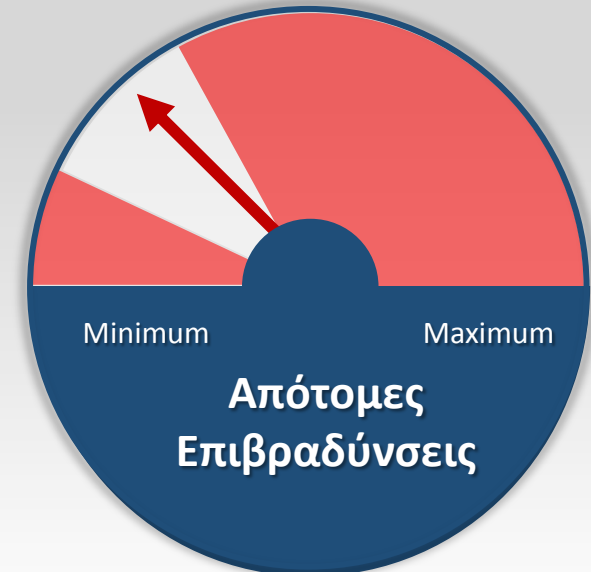
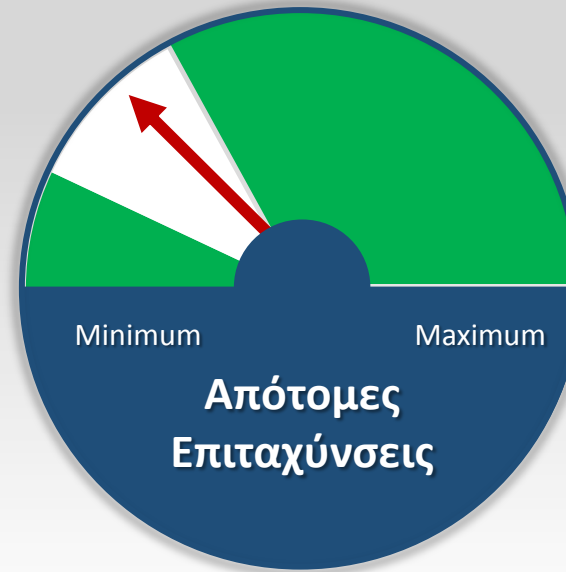
Απότομες **Επιταχύνσεις**
στα **Οδικά Τμήματα**

Απότομες **Επιβραδύνσεις**
στις **Διασταυρώσεις**



Απότομες **Επιβραδύνσεις**
στα **Οδικά Τμήματα**

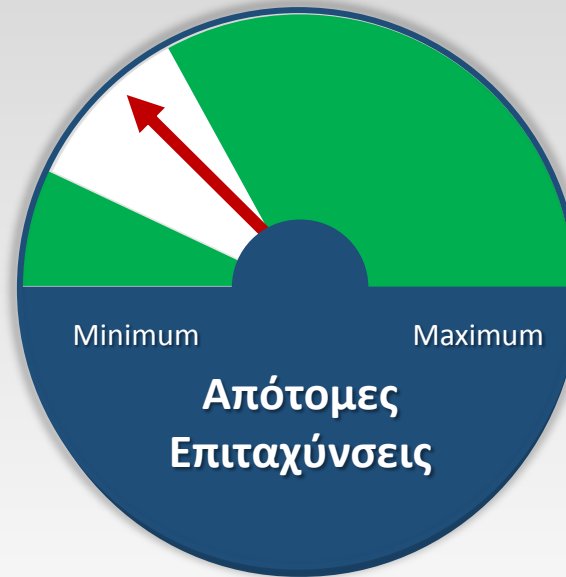
Μήκος Οδικού Τμήματος



Ενδεχομένως να οφείλεται στο:

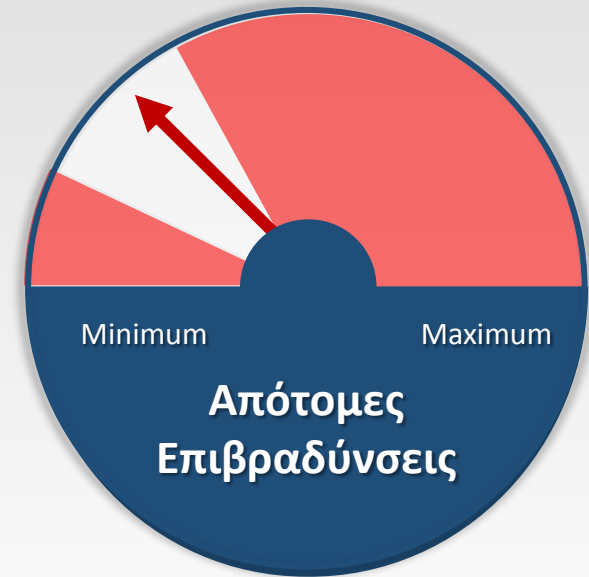
- **Μεγαλύτερο αριθμό** εξόδων/εισόδων που μπορεί να παρατηρείται
- Γεγονός ότι οι οδικοί σηματοδότες υπάρχει περίπτωση να έχουν μία **ακτίνα επιρροής** που να εκτείνεται έως και τα **κατάντη** και **ανάντη**, της διασταύρωσης, υποτμήματα των οδικών τμημάτων

Κυκλοφοριακές Λωρίδες Εξόδου



- Ενδεχομένως να οφείλεται στο ότι οι πιο επιθετικοί οδηγοί **βρίσκουν πιο πολύ διαθέσιμο χώρο** με αποτέλεσμα να επιταχύνουν πιο έντονα

Δεξιές
Έξοδοι



- Ενδεχομένως να οφείλεται στην **προσπάθεια του οδηγού** που **βγαίνει** από τη διασταύρωση, **να προσαρμόσει τη ταχύτητα κίνησής του** μειώνοντάς την απότομα

Προτάσεις για την Αποφυγή Απότομης Συμπεριφοράς Οδηγού

1

Ενημέρωση οδηγών σχετικά με την οδηγική συμπεριφορά τους μέσω εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα



2

Επιβράβευση από τις ασφαλιστικές εταιρείες με **μειωμένα ασφάλιστρα**



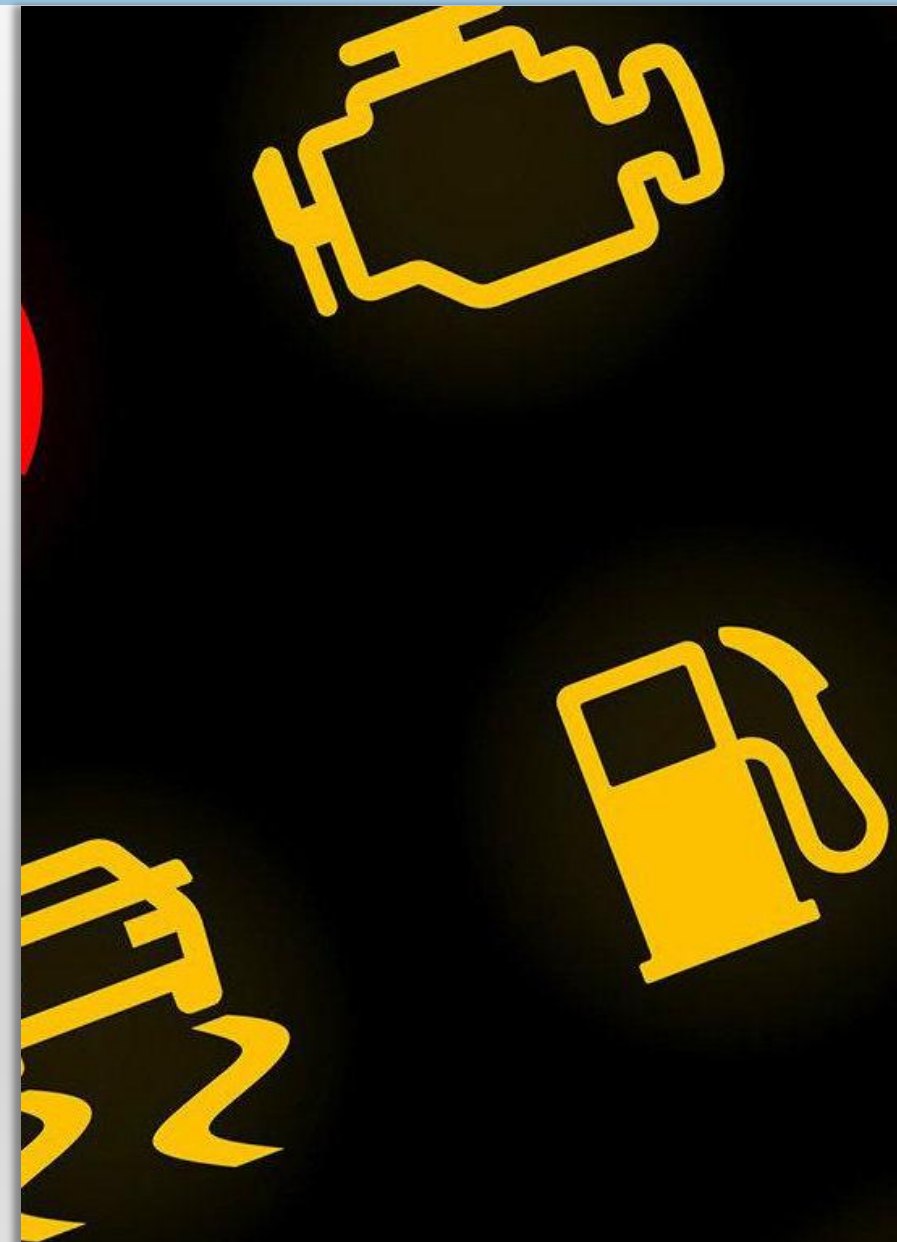
3 Βελτίωση σήμανσης και σηματοδότησης



4

Σχέδιο δράσης μέσω **εκστρατειών ενημέρωσης**

- Ανάδειξη των **κινδύνων** που εγκυμονεί η απότομη συμπεριφορά του οδηγού
- Ανάδειξη των **οικονομικών επιβαρύνσεων**
- Ευαισθητοποίηση σχετικά με τη **ρύπανση στο περιβάλλον**



Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

1

Συλλογή των δεδομένων για **άλλες αστικές λεωφόρους** ή για **άλλο τύπο οδού**

2

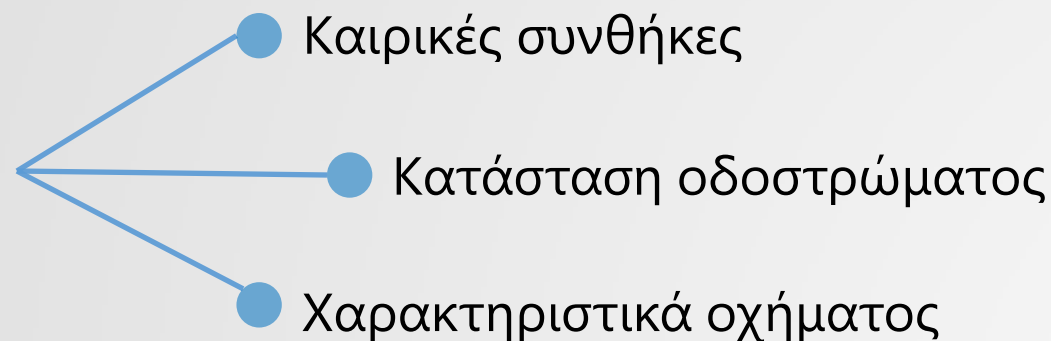
Μελλοντική έρευνα στις ίδιες περιοχές

3

Διερεύνηση της απότομης οδηγικής συμπεριφοράς, **κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας**

4

Επιπλέον αναλύσεις που θα στηριζόταν σε **ακόμα περισσότερα δεδομένα**





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Συνδυαστική Επιρροή
των Χαρακτηριστικών της Οδού και της Κυκλοφορίας
στη Συμπεριφορά του Οδηγού
με Δεδομένα από Έξυπνα Κινητά Τηλέφωνα

Βιργινία Ν. Πετράκη

Επιβλέπων: Γεώργιος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2019

