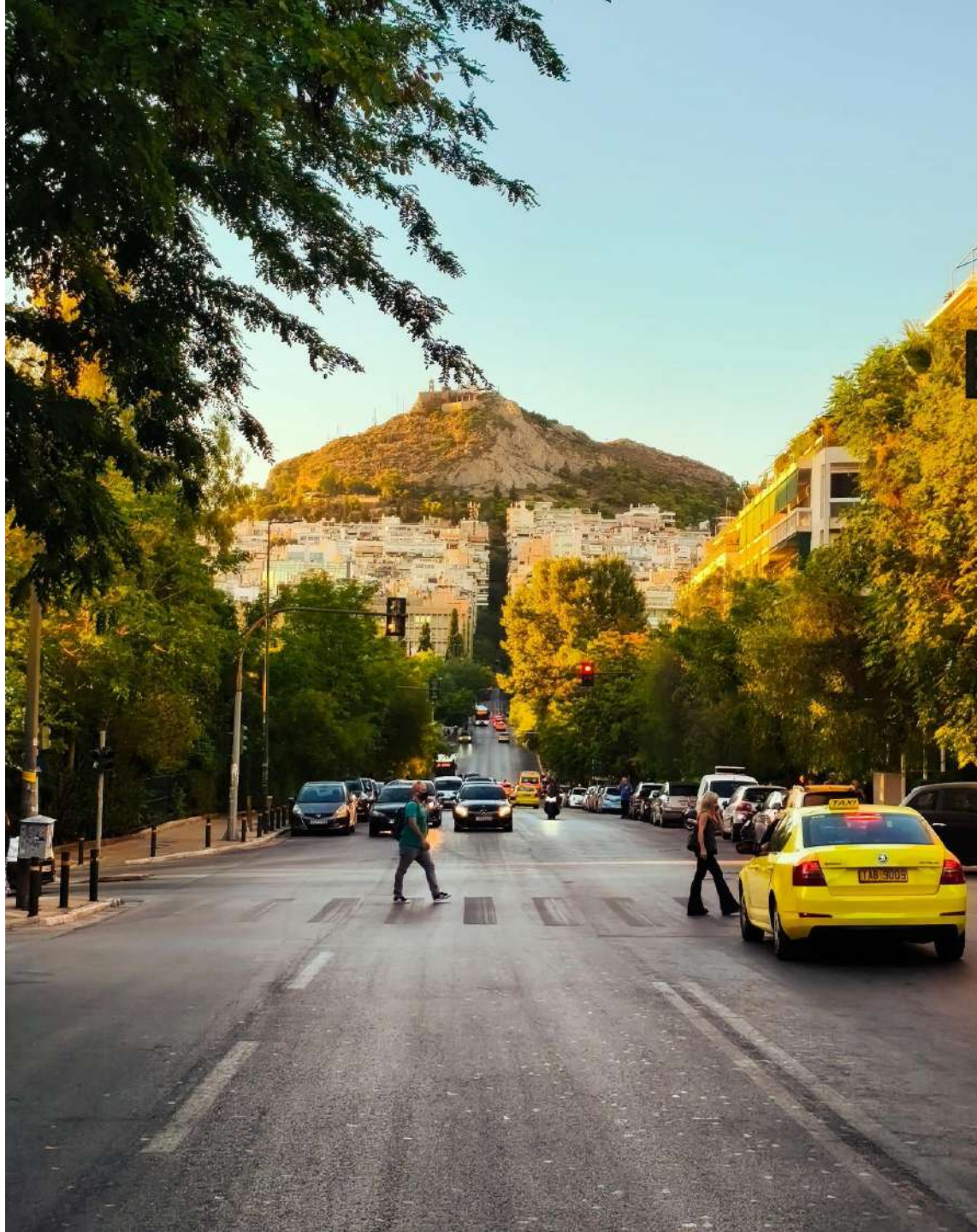
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ



Αλέξιος Μπουρνάς

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

Αθήνα, Οκτώβριος 2026

Στόχος

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ



Κοινωνικοοικονομικοί

Κυκλοφοριακοί (σύνθεση κυκλοφορίας)

Μετεωρολογικοί

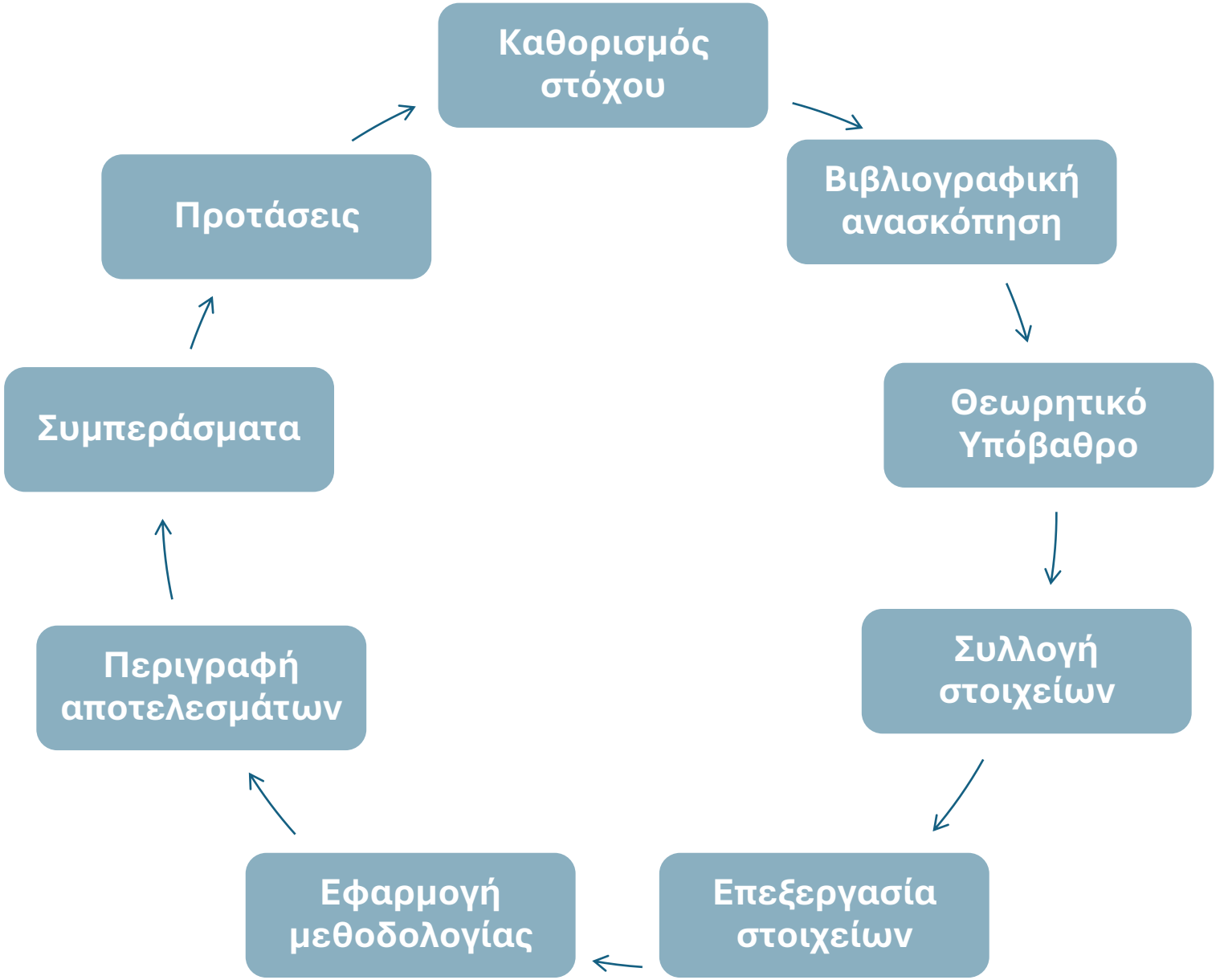


Γραμμική Παλινδρόμηση

Μηχανική Μάθηση

Μεθοδολογία

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής



Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Έρευνες

- Μέτρηση κυκλοφοριακής συμφόρησης
- Επίδραση κοινωνικοοικονομικών παραγόντων
- Επίδραση μετεωρολογικών συνθηκών
- Επιλογή μέσου μετακίνησης
- Επίδραση ΜΜΜ στην κυκλοφορία
- Πρόβλεψη των χρόνων διαδρομής
- Μέθοδοι μηχανικής μάθησης



Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Μέτρηση συμφόρησης & παράγοντες επιρροής

Δείκτες μέτρησης
- Συνολική καθυστέρηση
- Δείκτες ταχύτητας

Κοινωνικοοικονομικά
Πληθυσμός, απασχόληση, εισόδημα, ιδιοκτησία ΙΧ αυξάνουν τη συμφόρηση

Μετεωρολογικά
Οι δυσμενείς συνθήκες μειώνουν τη ταχύτητα κίνησης και επηρεάζουν την επιλογή μέσου

Επιλογή μέσου /ΜΜΜ

Επιλογή μέσου
Εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του μετακινούμενου, του μεταφορικού μέσου και της ίδια της μετακίνησης

ΜΜΜ
Συμβάλλουν στην αποσυμφόρηση του οδικού δικτύου

Μεθοδολογία

Μέθοδοι βασισμένοι σε δεδομένα
Υψηλή ακρίβεια και αξιοπιστία για την πρόβλεψη των χρόνων διαδρομής

Μηχανική Μάθηση
Μη παραμετρική προσέγγιση με εκπαίδευση πάνω στα δεδομένα και σύλληψη μη γραμμικών σχέσεων

Θεωρητικό υπόβαθρο

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση

$$Y = \beta_o + \beta_1 X_1 + \ldots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

Εκτίμηση συντελεστών με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων (OLS)

Μεταβλητές

- Συνεχείς
- Κατηγορικές με k-1 ψευδομεταβλητές και κατηγορία αναφοράς

Εκτίμηση και Συσχέτιση

OLS για τους συντελεστές. Συσχέτιση μεταβλητών με Pearson και Spearman

Έλεγχος παραδοχών

Πολυσυγγραμικότητα: VIF (όριο 5).
Αυτοσυσχέτιση: Durbin – Watson
Κανονικότητα σφαλμάτων: Jarque – Bera

Σημαντικότητα

Τιμές p για τις συνεχείς, έλεγχος Wald για τις κατηγορικές μεταβλητές. Newey-West (HAC) για τα κοινωνικοοικονομικά

Θεωρητικό υπόβαθρο

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Τυχαία Δάση (Random Forest)

Πολλά ανεξάρτητα δέντρα σε bootstrap δείγματα, με τυχαίο υποσύνολο μεταβλητών ανά κόμβο. Η πρόβλεψη είναι ο μέσος όρος τους

Ενίσχυση Κλίσης (Gradient Boosting)

Διαδοχικά δέντρα με κάθε νέο να διορθώνει τα σφάλματα των προηγούμενων:
$F(m) = F(m-1) + \nu \cdot f(m)$, με ν τον ρυθμό μάθησης

Histogram Gradient Boost

Ομαδοποιεί τις τιμές σε διακριτά ιστογράμματα μειώνοντας τον υπολογιστικό φόρτο

Σημαντικότητα

Μέθοδος μετάθεσης: Υπολογίζει τη μείωση του R^2 όταν οι τιμές της μεταβλητής ανακατεύονται τυχαία

Αξιολόγηση Μοντέλων

R^2, MAE, RMSE στο σύνολο ελέγχου των δεδομένων.
Εκπαίδευση σε 3 έτη,
έλεγχος στο έτος που μένει εκτός

Συλλογή στοιχείων

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Κοινωνικοοικονομικά

Συλλογή δεδομένων από ΕΛΣΤΑΤ, Υπουργείο Ανάπτυξης και ΙΝΣΕΤΕ. Ετήσιες, τριμηνιαίες και μηνιαίες τιμές 2021 – 2026.

- Εργασιακή απασχόληση
- Πληθυσμός
- Τουρισμός
- Τιμή καυσίμων
- Αριθμός ΙΧ
- Οικοδομική δραστηριότητα

Μετεωρολογικά

Ωριαία δεδομένα από τον σταθμό καταγραφής του ΕΑΑ στον λόφο Νυμφών, Θησείο (2021 – 2025).

- Θερμοκρασία
- Κατακρήμνιση
- Άνεμος
- Νέφωση
- Ορατότητα
- Σχετική υγρασία

Κυκλοφοριακά

Δεδομένα σύνθεσης της κυκλοφορίας σε 16 οδούς στο κέντρο της Αθήνας. Μία καταγραφή ανά μήνα, δύο χρονικά διαστήματα: 8 - 10:00 και 11 - 15:00 (2021 – 2026). Καταγραφή πεζών.

Δεδομένα μέσης ταχύτητας από Google (2022 – 2026) και χρόνων διαδρομής απο Tom Tom (2025).

Περιγραφή στοιχείων

Στην Αττική 2021 – 2025:

- Μείωση πληθυσμού κατά 73,900
- Αύξηση εργατικού δυναμικού κατά 201,400
- Αύξηση ετήσιου αριθμού τουριστών κατά 7 εκατ.
- Αύξηση ΙΧ κατά 396,509

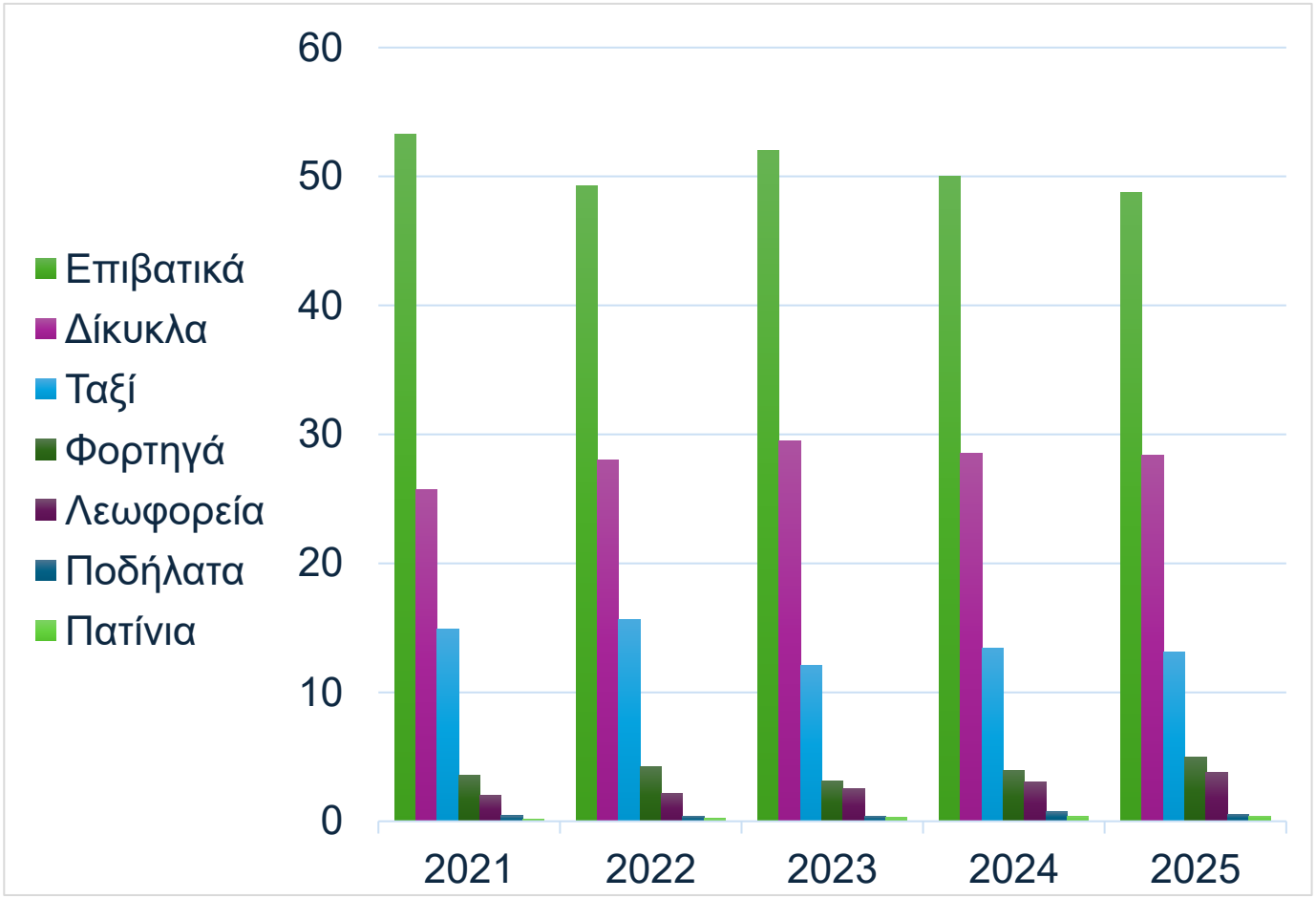
Το 2025:

- 3.76 εκατομμύρια πληθυσμός
- 1.61 εκατομμύρια εργαζόμενοι
- 9.7 εκατομμύρια τουρίστες
- 3.51 εκατομμύρια ΙΧ σε κυκλοφορία

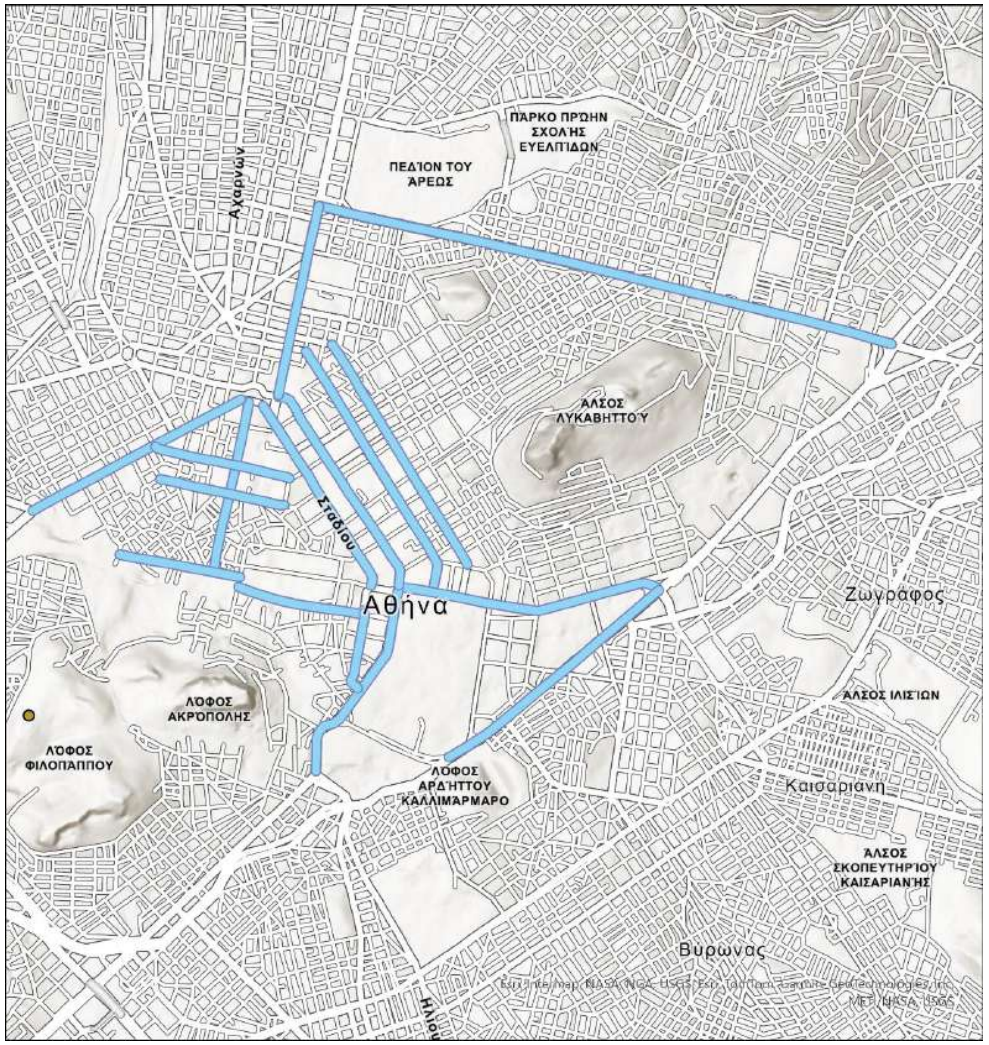
Περιγραφή στοιχείων

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Δεδομένα σύνθεσης



Ποσοστά οχημάτων το χρονικό διάστημα: 8 – 10:00

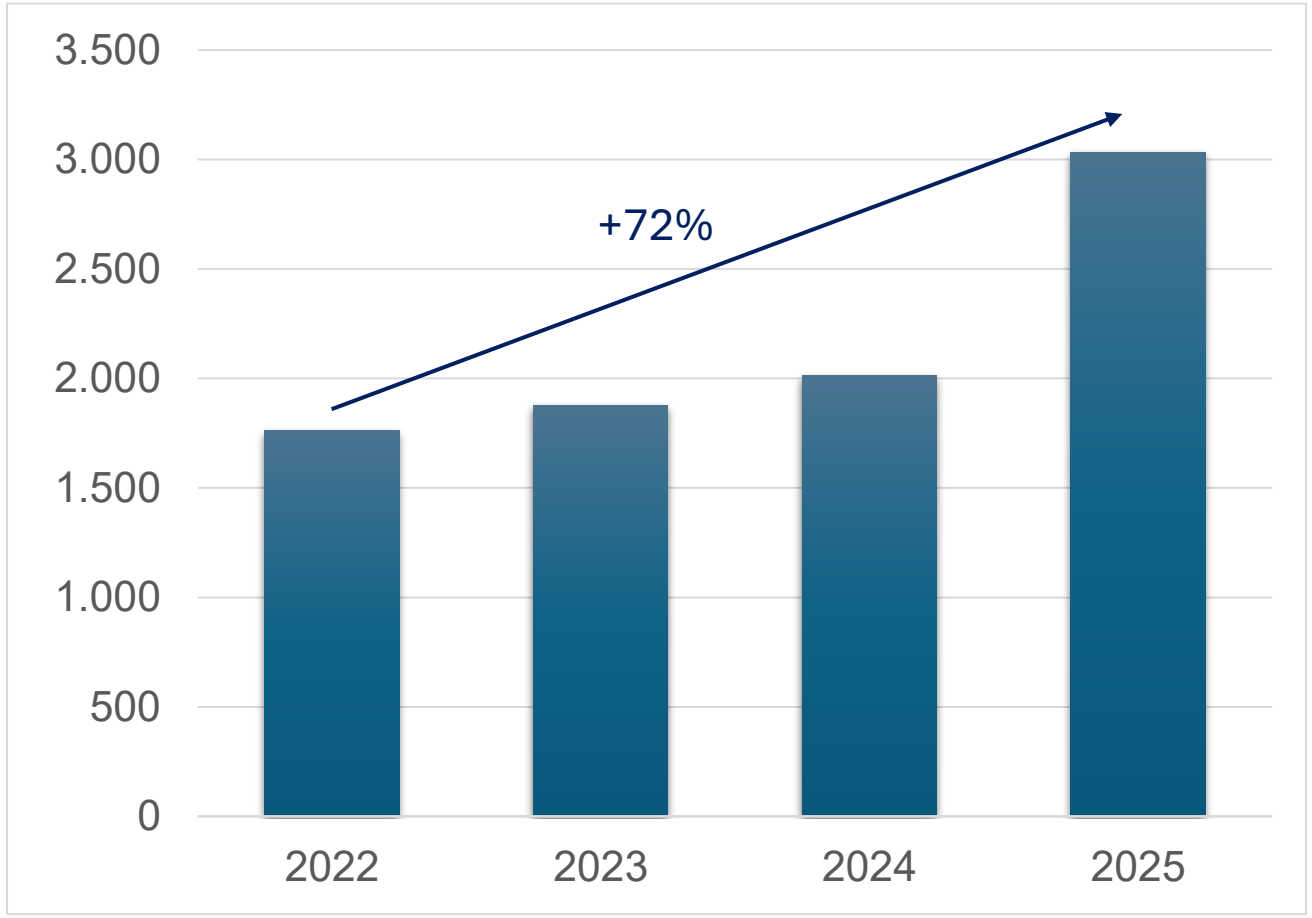


Οδοί καταγραφής της σύνθεσης κυκλοφορίας

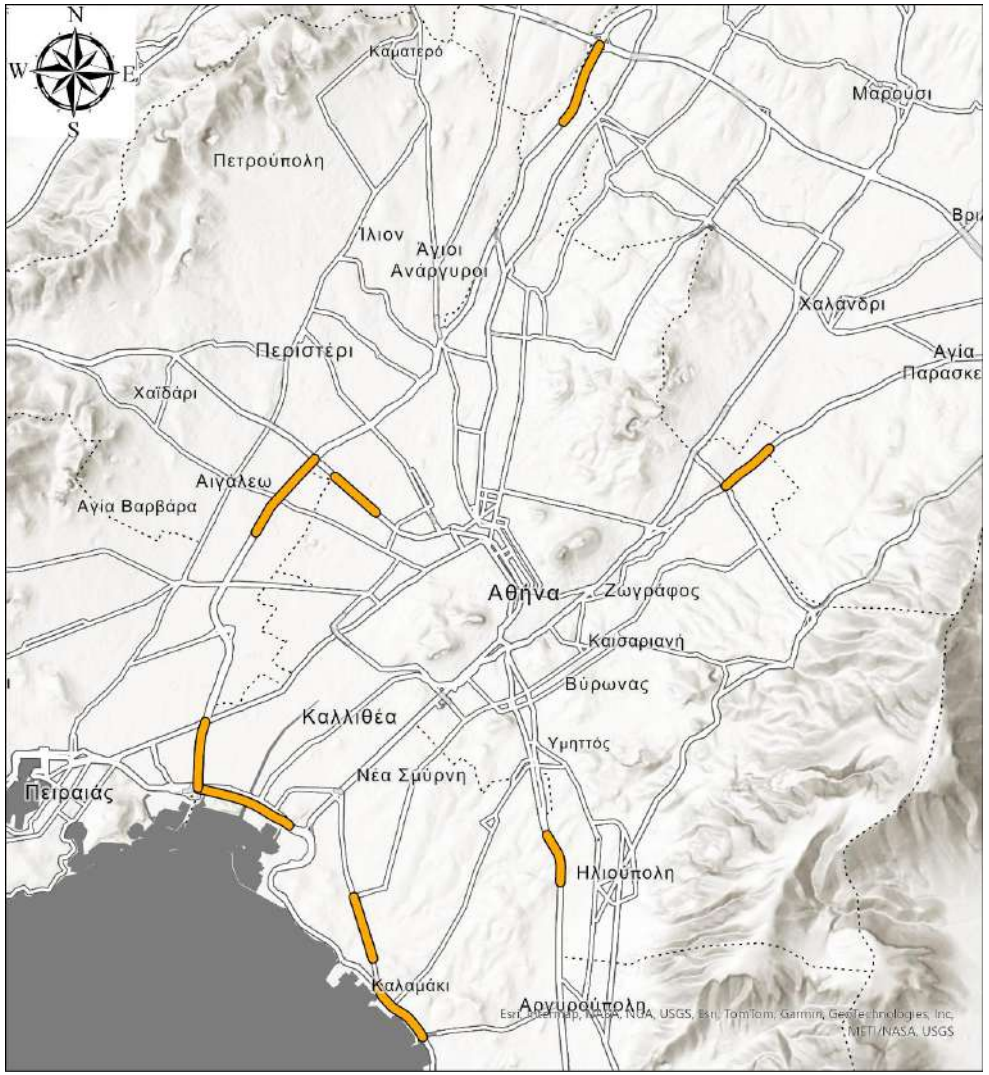
Περιγραφή στοιχείων

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Δεδομένα Google



Συνολική καθυστέρηση (ώρες)

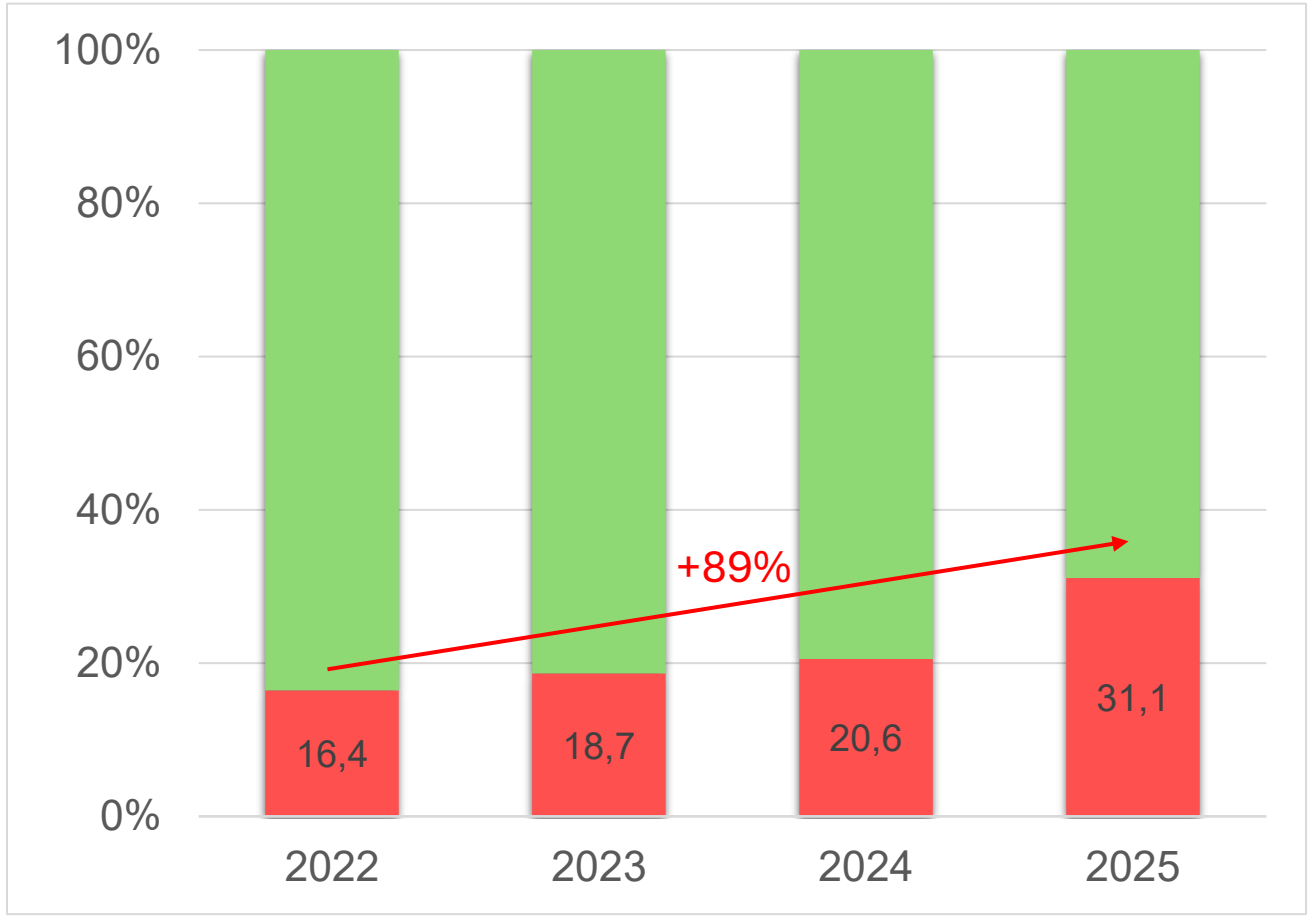


Έξι περιφερειακοί οδικοί άξονες

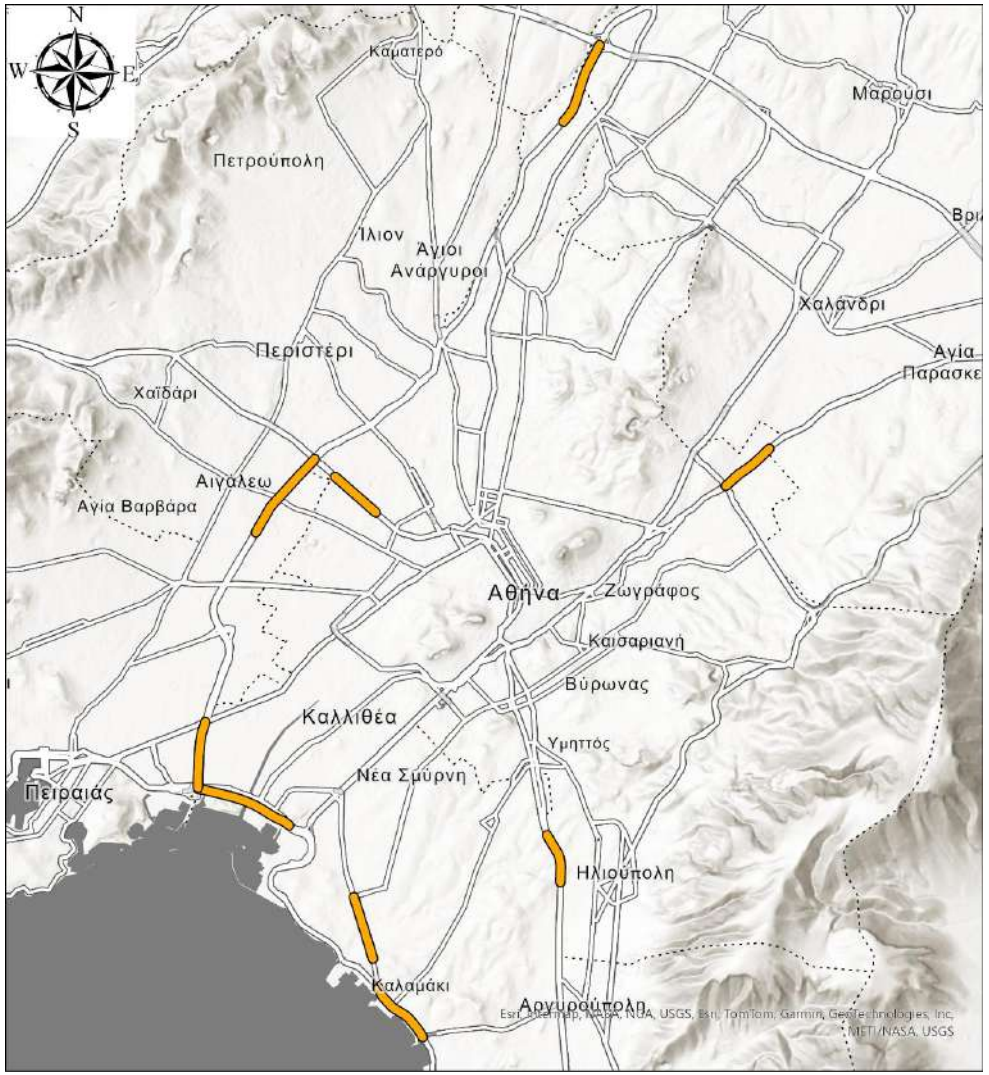
Περιγραφή στοιχείων

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Δεδομένα Google



Ποσοστό συμφορημένων ωρών

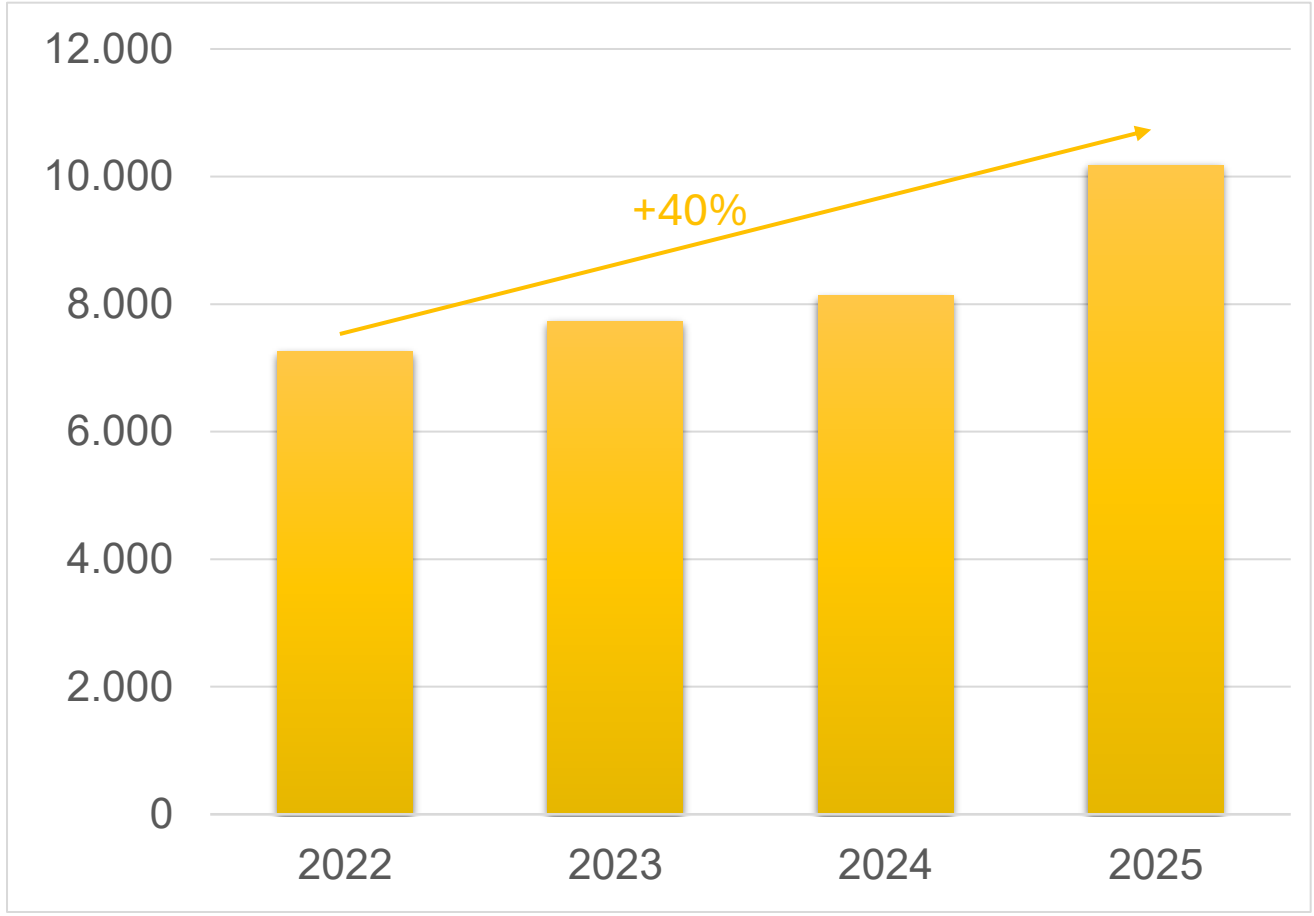


Έξι περιφερειακοί οδικοί άξονες

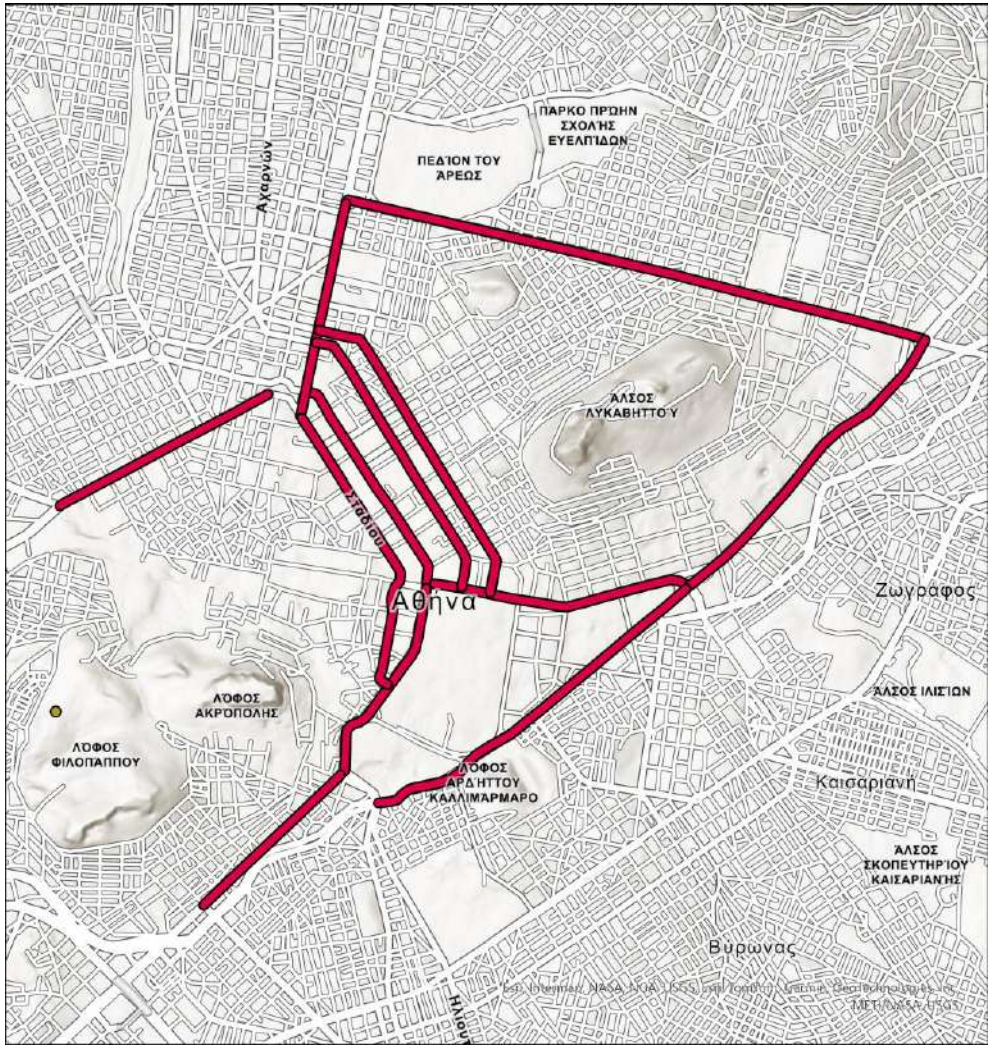
Περιγραφή στοιχείων

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Δεδομένα Google



Συνολική καθυστέρηση (ώρες)

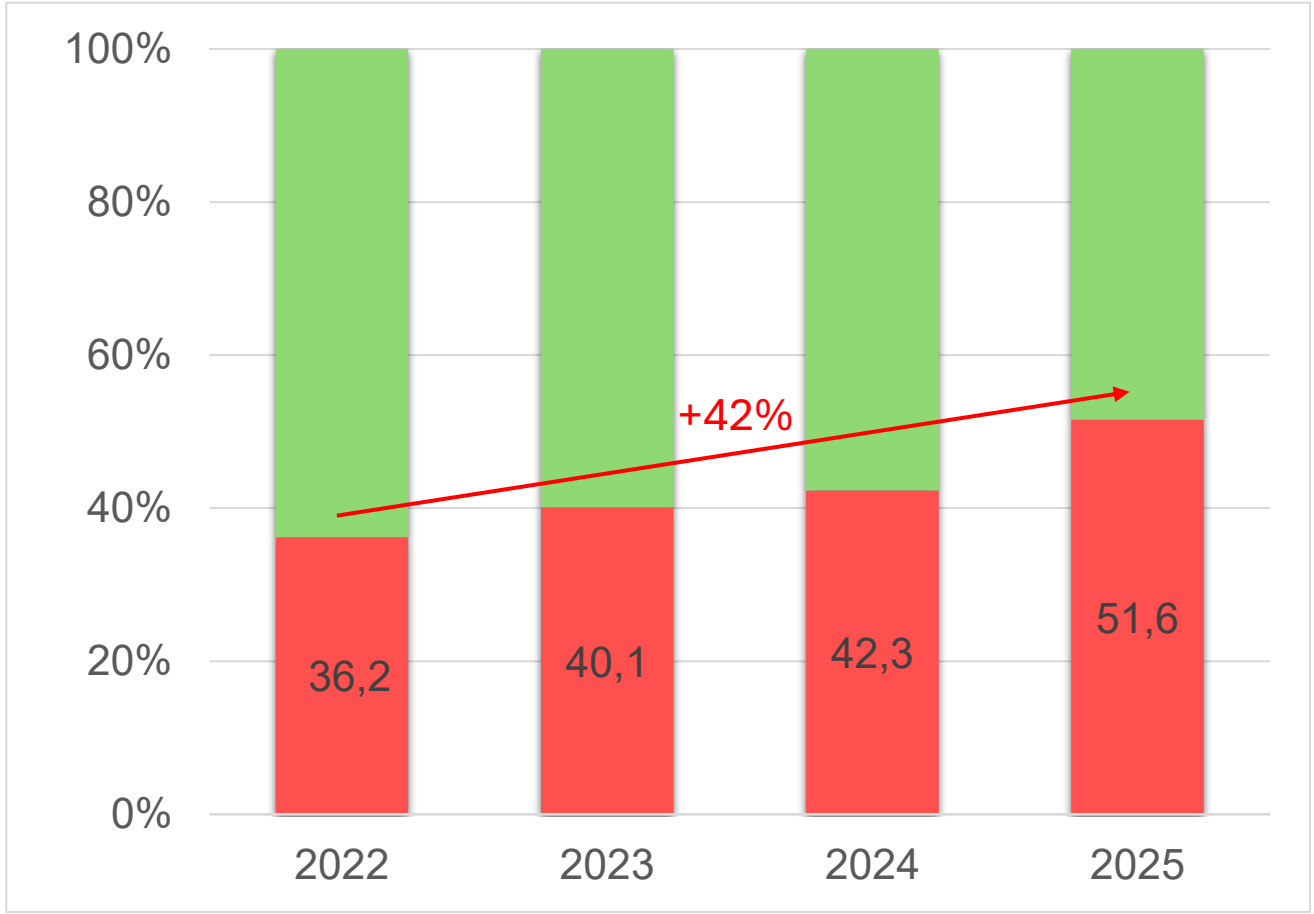


Δώδεκα οδικοί άξονες στο κέντρο

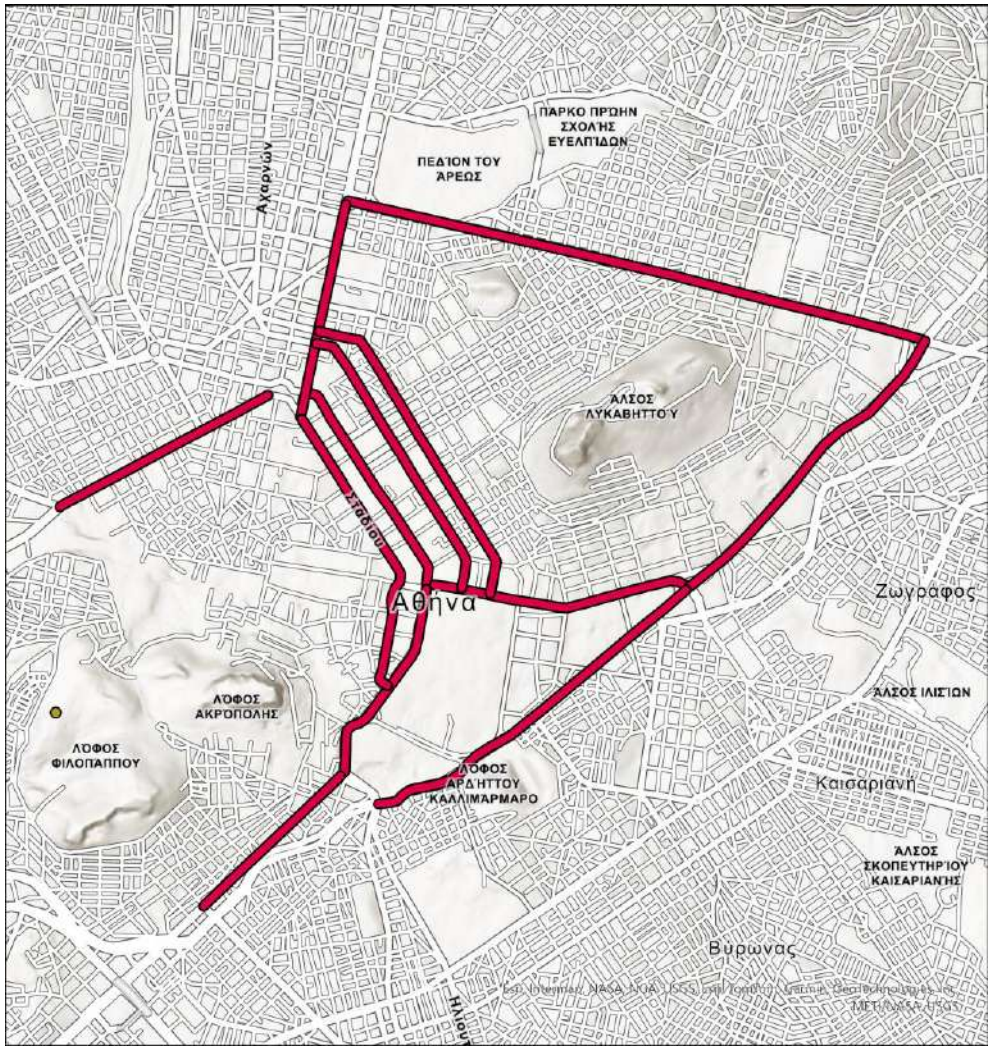
Περιγραφή στοιχείων

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Δεδομένα Google



Ποσοστό συμφορημένων ωρών

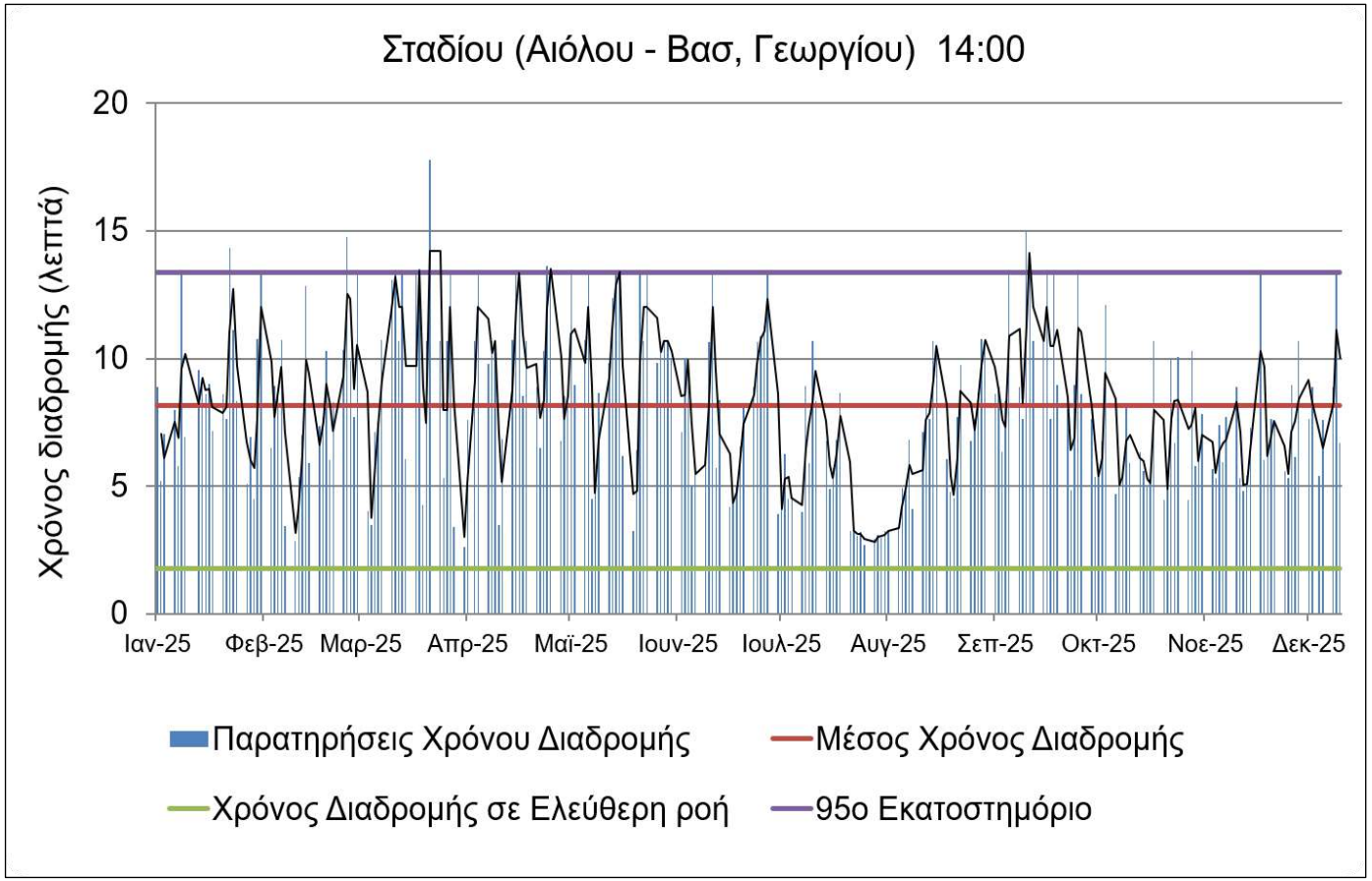


Δώδεκα οδικοί άξονες στο κέντρο

Περιγραφή στοιχείων

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Δεδομένα Tom Tom



Μεταβλητότητα χρόνου διαδρομής

Αριθμός Μετρήσεων	243
Μέση Τιμή	8.2
Εύρος	15.2
Διακύμανση	9.9
Τυπική Απόκλιση	3.1
95ο Εκατοστημόριο	**13.4**
Δείκτης Buffer	**0.64**
Δείκτης Προγραμματισμένου Χρόνου	**7.50**
Δείκτης Χρόνου Διαδρομής	4.58
Μέση Ταχύτητα (χλμ/ώρα)	8

Κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες

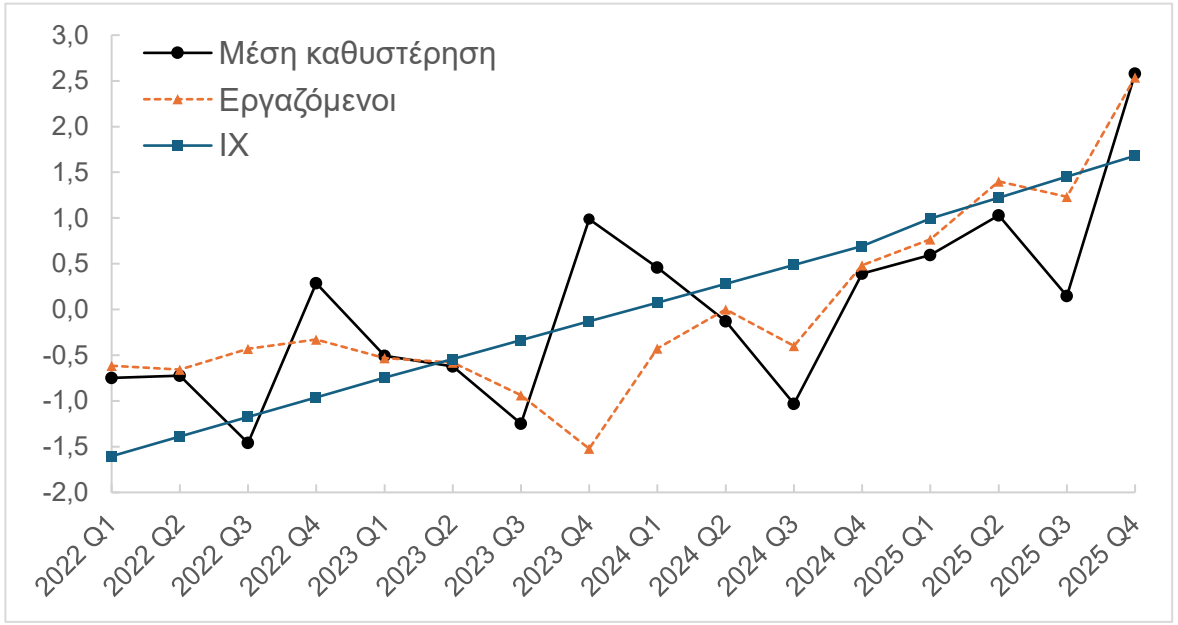
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Εξαρτημένη μεταβλητή

Μέση τριμηνιαία καθυστέρηση: $$D_q = \frac{1}{N_q} \sum_{i \in \Omega_q} t_i - t_{FFS}$$

- Ω_q είναι το σύνολο των παρατηρήσεων του τριμήνου q από όλα τα οδικά τμήματα
- N_q: το πλήθος των Ω_q
- t_i: ο χρόνος διαδρομής μίας παρατήρησης i
- t_{FFS}: ο χρόνος διαδρομής σε συνθήκες ελεύθερης ροής

	r με χρόνο	R^2 (τάση + τρίμηνο)
Συμφόρηση (D_q)	0.67	**0.867**
Εργαζόμενοι	0.77	0.612
Νέες οικοδομές	0.33	0.526
Τιμή καυσίμου	-0.81	0.743
Τουρίστες	0.52	**0.974**
ΙΧ οχήματα	**1.00**	0.999
Πληθυσμός	**-0.99**	0.97
Ποσοστό εργ. δυναμικού	0.60	0.47
Ποσοστό ανεργίας	-0.62	0.636



Τυποποιημένες τιμές (z-score)

Κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

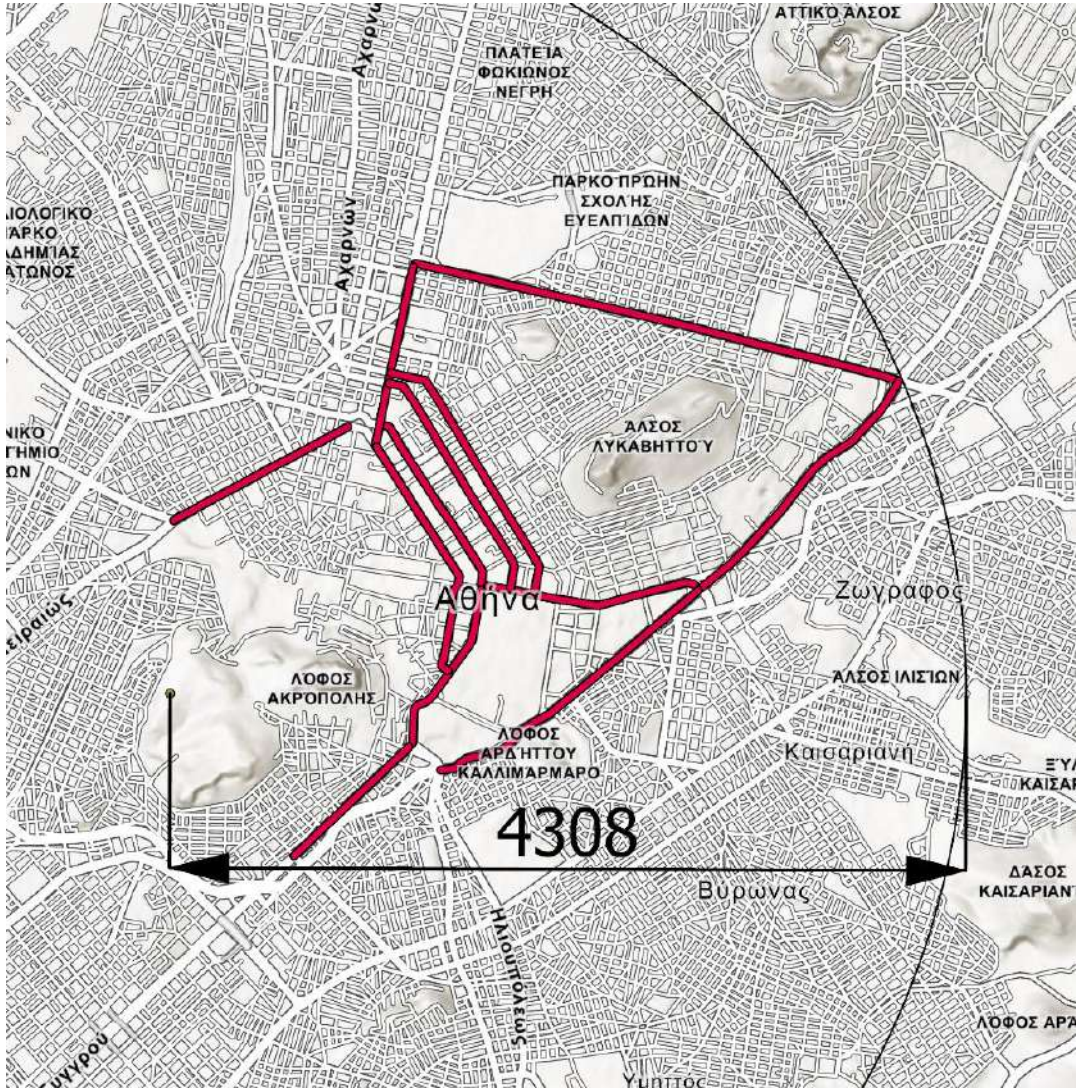
Μεταβλητή	Pearson r	p	Spearman ρ	p
Εργαζόμενοι	0.433	0.094	0.529	**0.035**
Νέες οικοδομές	-0.309	0.244	-0.297	0.264
Τιμή καυσίμου	0.242	0.368	0.274	0.305
Τουρίστες	-0.234	0.382	-0.344	0.192
ΙΧ οχήματα	0.762	**0.001**	0.741	**0.001**
Πληθυσμός	0.451	0.079	0.435	0.092
Ποσοστό εργ. δυναμικού	0.418	0.107	0.556	**0.025**
Ποσοστό ανεργίας	-0.112	0.679	-0.224	0.405

	M0 (τάση + τρίμηνο)	**M1 (M0 + ΙΧ)**	**M4 (M1 + εργαζόμενοι)**
R^2 / Adj R^2	0.867 / 0.818	0.878 / 0.834	0.897 / 0.845
AIC	114.1	112.7	112.1
ΙΧ οχήματα (coef, p HAC)	-	β = 0.0913, p < 0.001	β = 0.0913, p <0.001
Εργαζόμενοι (coef, p HAC)	-	-	β = 0.1282, p = 0.33

Μετεωρολογικοί παράγοντες

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Σταθμός καταγραφής μετεωρολογικών δεδομένων:
Λόφος Νυμφών, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών



Εξαρτημένη μεταβλητή:

$$\text{λόγος ταχυτήτων} = \frac{\text{μέση ταχύτητα τμήματος σε μία παρατήρηση}}{\text{ταχύτητα ελεύθερης ροής τμήματος}}$$

Ανεξάρτητες μεταβλητές:

Οδικό τμήμα	[1, 2, ..., 24]
Ώρα της ημέρας	[8, 9, 10] & [12, 13, ..., 23]
Ημέρα της εβδομάδας	[1, 2, ..., 7]
Μήνας του έτους	[1, 2, ..., 12]
Έτος	[2022, 2023, 2024, 2025]
Θερμοκρασία	4 κατηγορίες
Βροχόπτωση	4 κατηγορίες
Βροχόπτωση 1 ώρα πριν	4 κατηγορίες
Άνεμος	4 κατηγορίες

Μοντέλο Παλινδρόμησης

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Εξαρτημένη μεταβλητή:

$$\text{λόγος ταχυτήτων} = \frac{\text{μέση ταχύτητα τμήματος σε μία παρατήρηση}}{\text{ταχύτητα ελεύθερης ροής τμήματος}}$$

R^2	0.476
RMSE	0.142
MAE	0.11

Μοντέλο Παλινδρόμησης	**β**	**p**
Έντονος άνεμος	0,001	0,91
Μήνας Ιούλιος	-0,001	0,88
Ώρα 20:00	0,003	0,63
Μικρή έντασης βροχή μία ώρα πριν	-0,007	0,32
Άνεμος μικρής έντασης	-0,003	0,20
Μεσαία έντασης βροχή μία ώρα πριν	-0,016	0,07
Μικρή έντασης βροχή	**-0,013**	**0,05**
Μεγάλη έντασης βροχή μία ώρα πριν	**-0,033**	**0,04**
Μεσαίας έντασης άνεμος	**-0,009**	**0,02**
Μεσαία έντασης βροχή	**-0,029**	**0,02**
Μεγάλη έντασης βροχή	**-0,033**	**0,01**

- Μικρή ένταση βροχής: Μείωση ταχύτητας κατά **1.3%** της FFS
- Μεσαία ένταση βροχής: Μείωση ταχύτητας κατά **2.9%** της FFS.
- Μεγάλη ένταση βροχής: Μείωση ταχύτητας κατά **3.3%** της FFS.
- Μεγάλη ένταση βροχής 1 ώρα πριν: Μείωση ταχύτητας κατά **3.3%** της FFS.

Μοντέλο Ενίσχυσης Κλίσης

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Έτος ελέγχου	HGBM		
	R^2	MAE	RMSE
2022	0.545	0.100	0.136
2023	0.660	0.081	0.113
2024	0.543	0.097	0.132
2025	0.507	0.100	0.132

Μεταβλητή	Σημαντικότητα	Σταθερό Σφάλμα
weekday_id	38	0.0039
segment_id	35	0.0044
month	13	0.0024
hour	14	0.0024
rain	0	0.0002
wind	0	0.0003
rain_lag1	0	0.0002
temperature	0	0.0003

Ημέρα εβδομάδας (38%) & Οδικό τμήμα (35%)

73% της συνολικής σημαντικότητας

Μήνας (13%) & Ώρα (14%):
Άθροισμα 27%

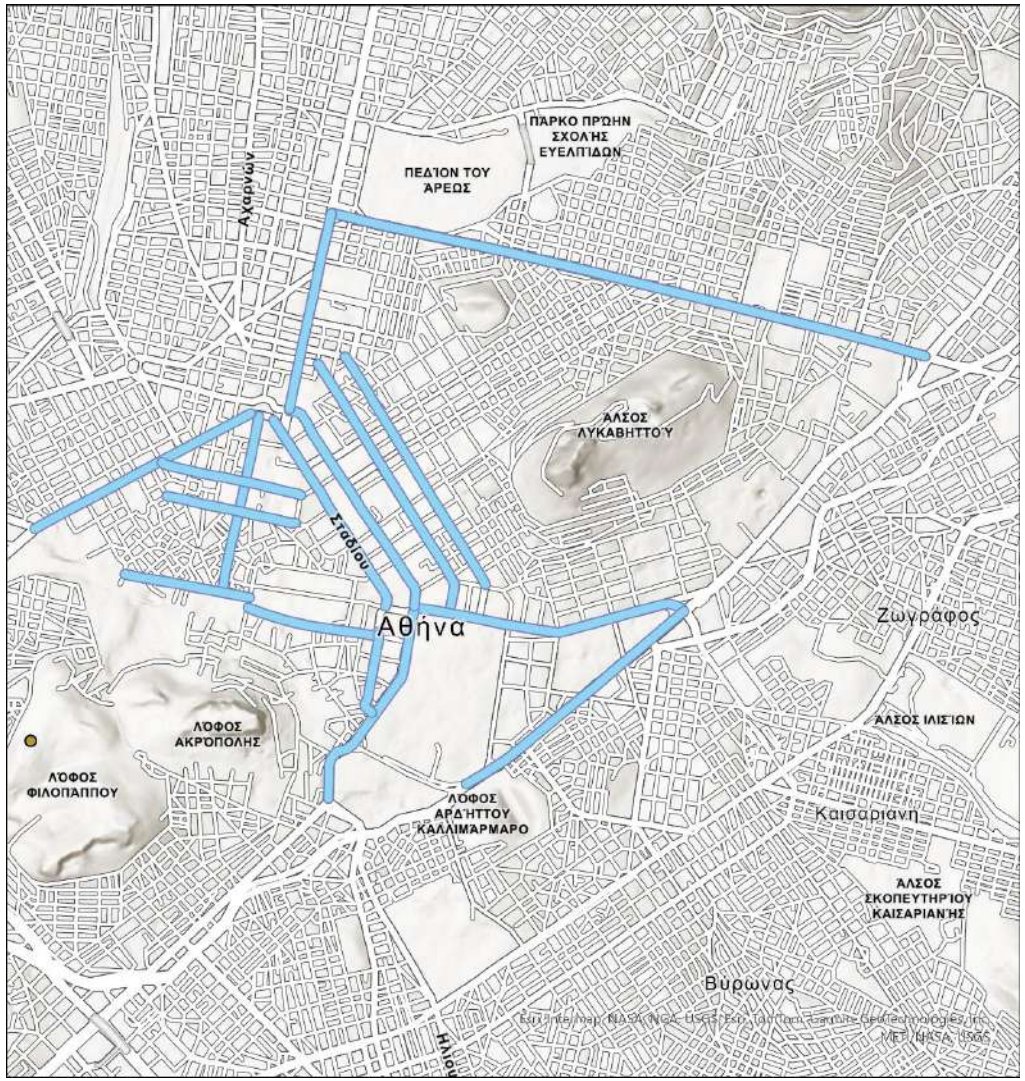
Έχουν δευτερεύουσα αλλά ουσιαστική επίδραση.

Καιρικές μεταβλητές: ≈ 0%

Δεν προσθέτουν προβλεπτική πληροφορία

Σύνθεση κυκλοφορίας

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής



Εξαρτημένη μεταβλητή:

$$\text{λόγος ταχυτήτων} = \frac{\text{μέση ταχύτητα τμήματος σε μία παρατήρηση}}{\text{ταχύτητα ελεύθερης ροής τμήματος}}$$

Ανεξάρτητες μεταβλητές:

- Αριθμός οδικού τμήματος
- Χρονικό διάστημα
- Μήνας του έτους
- Έτος
- Βροχόπτωση
- Θερμοκρασία
- Άνεμος
- Ποσοστό ΙΧ
- Ποσοστό φορτηγών
- Ποσοστό ποδηλάτων
- Ποσοστό πατινιών
- Ποσοστό δίκυκλων
- Ποσοστό λεωφορείων
- Ποσοστό ταξί

Μοντέλο Παλινδρόμησης

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

	β	p
C(MONTH)[T.9]	-0.0536	0.039
C(segment_id)[T.2]	-0.0263	0.02
C(MONTH)[T.10]	-0.0568	0.008
C(segment_id)[T.21]	-0.0399	0.003
C(segment_id)[T.8]	0.0554	0.001
Intercept	**0.4871**	0
C(rain)[T.2_vrochi]	**-0.0661**	0
C(time_slot)[T.8:00-10:00]	0.093	0
C(MONTH)[T.8]	0.1298	0
C(YEAR)[T.2025]	-0.0872	0
C(segment_id)[T.3]	-0.06	0
C(segment_id)[T.4]	0.1381	0
C(segment_id)[T.5]	0.1801	0
C(segment_id)[T.6]	0.1167	0
C(segment_id)[T.7]	0.1655	0
C(segment_id)[T.9]	0.164	0
C(segment_id)[T.10]	0.1444	0
C(segment_id)[T.13]	0.2367	0
C(segment_id)[T.15]	-0.0814	0
C(segment_id)[T.16]	0.1151	0
C(segment_id)[T.18]	-0.1131	0
C(segment_id)[T.19]	-0.0863	0
C(segment_id)[T.22]	0.0909	0
C(segment_id)[T.23]	-0.0876	0
pct_bus	**0.0044**	0
pct_taxi	**0.0018**	0

R^2	0.601
RMSE	0.105
MAE	0.083

Σενάριο αναφοράς: $\beta_0 = 0.4871$

Υπό τις συνθήκες αναφοράς, η μέση ταχύτητα φτάνει το 48.7% της ταχύτητας ελεύθερης ροής

🌧️ **Η βροχή επιβραδύνει την κυκλοφορία**

Όταν βρέχει, η ταχύτητα μειώνεται κατά 6.6% της FFS (β = −0.0661)

🚌 **Τα λεωφορεία και τα ταξί αυξάνουν την ταχύτητα κίνησης όταν αντικαθιστούν IX**

Λεωφορεία → +0.44% της FFS
Ταξί → +0.18% της FFS

Μοντέλο Ενίσχυσης Κλίσης

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Έτος ελέγχου	GBM		
	R^2	MAE	RMSE
2022	0.599	0.080	0.102
2023	0.720	0.068	0.086
2024	0.645	0.076	0.099
2025	0.317	0.105	0.134

	Σημαντικότητα
segment_id	60
time_slot	25
MONTH	8
pct_passenger	**3**
pct_bike	2
pct_patini	0
wind	0
temp	1
pct_truck	1
pct_taxi	1
pct_bus	0
pct_twowheel	0
rain	0

- **Οδικό τμήμα: 60%**

Ο κυρίαρχος παράγοντας

- **Χρονικό διάστημα: 25%**

Δεύτερος σε σημασία

- **Μήνας: 8%**

Μικρότερη επίδραση

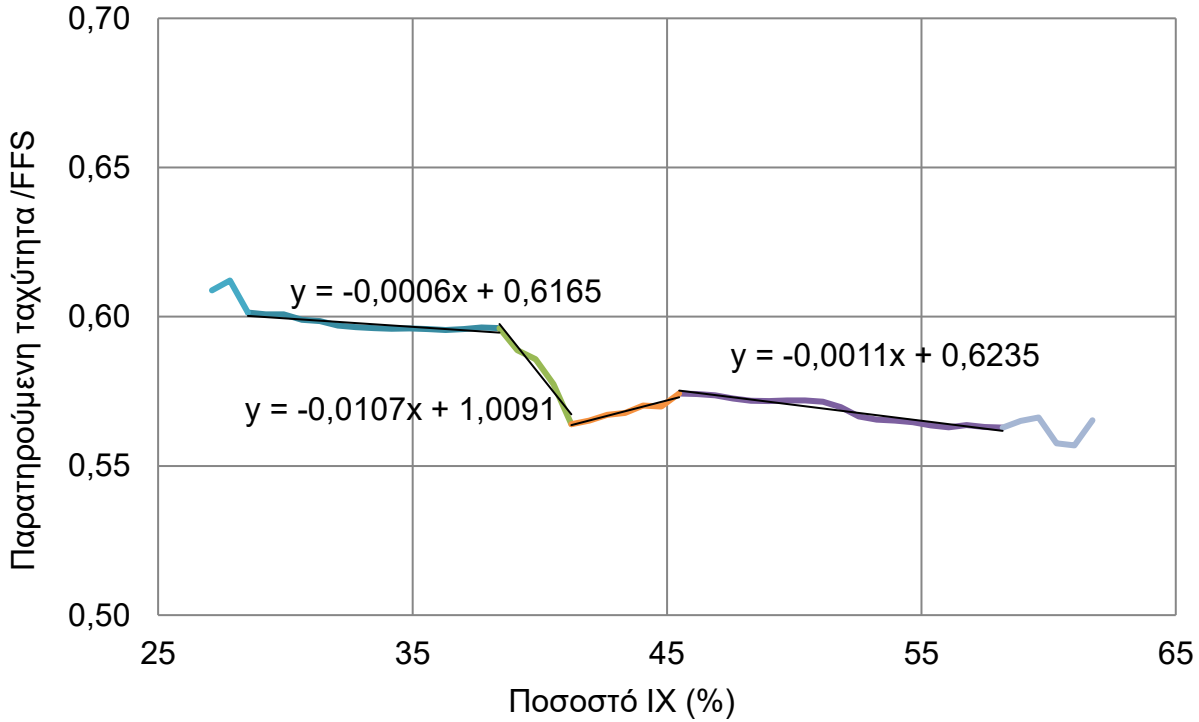
- **Ποσοστό ΙΧ: 3%**

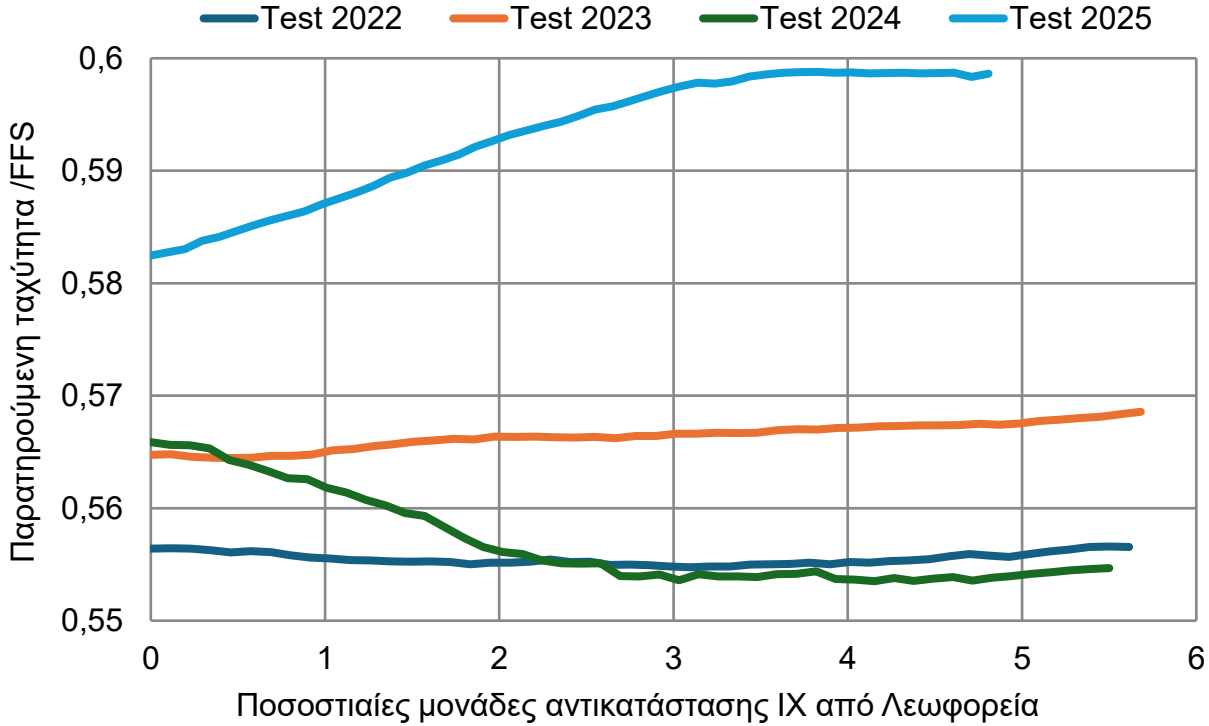
Η σημαντικότερη μεταβλητή σύνθεσης

- **Πατίνια, λεωφορεία, φορτηγά, δίκυκλα, βροχή έχουν αμελητέα συνεισφορά**

Μοντέλο Ενίσχυσης Κλίσης

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής





Αύξηση IX:

- Ήπια μείωση της ταχύτητας (0.06% και 0.11% της FFS ανά ποσοστιαία μονάδα)
- Πιο απότομη πτώση σε στενή ζώνη γύρω στο 38 έως 42% (1.07%), το οποίο δεν πρέπει να γενικευτεί.

Αντικατάσταση IX από λεωφορεία:

- Χωρίς σαφή μεταβολή της ταχύτητας.

Μοντέλο Τυχαίων Δασών

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Έτος ελέγχου	RF		
	R^2	MAE	RMSE
2022	0.552	0.086	0.108
2023	0.715	0.067	0.086
2024	0.688	0.071	0.093
2025	0.324	0.103	0.133

	Σημαντικότητα
segment_id	37
time_slot	33.5
MONTH	9.3
pct_bike	3.6
pct_truck	3.7
pct_patini	3.5
pct_passenger	**7.1**
temp	0.75
pct_twowheel	0.4
pct_taxi	0.88
pct_bus	0.1
rain	0.05

- **Οδικό τμήμα: 37%**

Ο κυρίαρχος παράγοντας σε κάθε έτος

- **Χρονικό διάστημα: 33.5%**

Σταθερά δεύτερος σε σημασία

- **Μήνας: 9.3%**

Δευτερεύουσα επίδραση

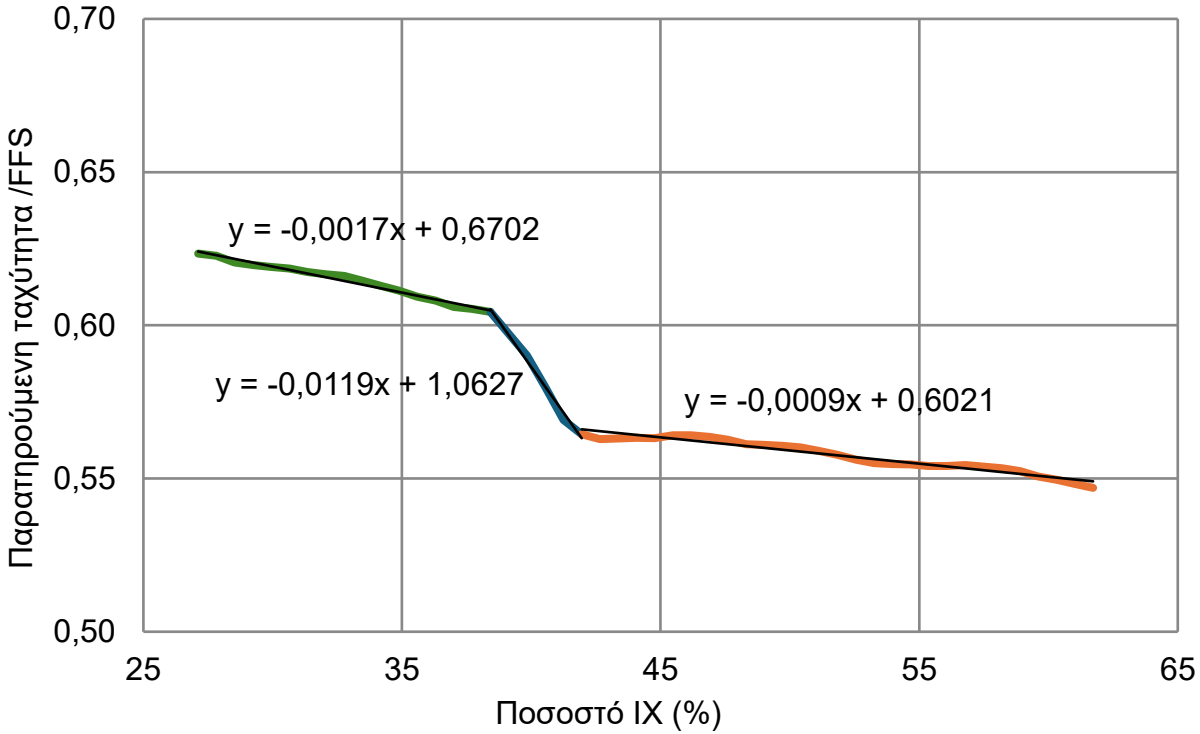
- **Ποσοστό IX: 7.1%**

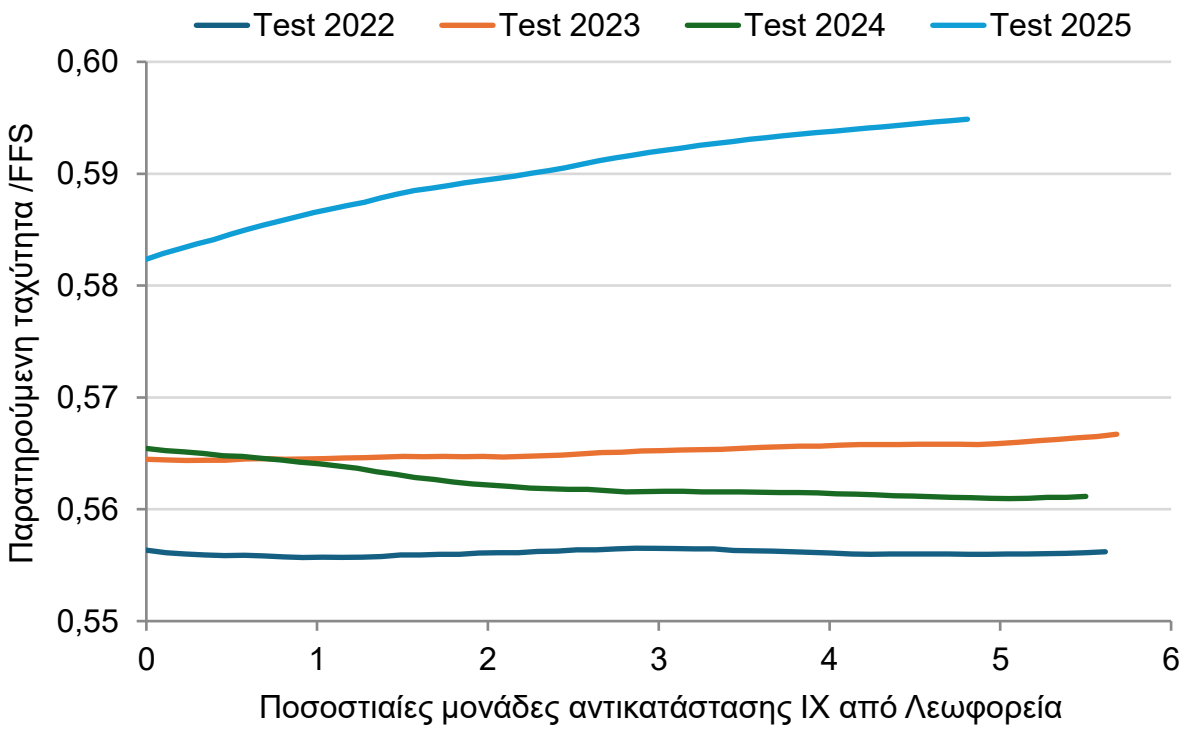
Η σημαντικότερη μεταβλητή σύνθεσης

- **Λεωφορεία, ταξί, δίκυκλα, βροχή και θερμοκρασία αμελητέα συνεισφορά**

Μοντέλο Τυχαίων Δασών

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής





Αύξηση IX:

- Ήπια μείωση της ταχύτητας (0.17% και 0.09% της FFS ανά ποσοστιαία μονάδα)
- Πιο απότομη πτώση σε στενή ζώνη γύρω στο 38 έως 42% (1.19%), το οποίο δεν πρέπει να γενικευτεί.

Αντικατάσταση IX από λεωφορεία:

- Χωρίς σαφή μεταβολή της ταχύτητας.

Σύνοψη Αποτελεσμάτων

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Περισσότερες καθυστερήσεις

Από το 2022 έως το 2025 οι συνολικές καθυστερήσεις αυξήθηκαν κατά **+72%** σε 6 περιφερειακούς και κατά **+40%** σε 12 κεντρικού άξονες της Αθήνας.

Μεγαλύτερες ώρες αιχμής

Το 2025, το **31%** των ωρών στους περιφερειακούς και το **52%** στους κεντρικούς δρόμους έχουν ταχύτητα κάτω από 50% της FFS. Άνοδος **+89%** και **+42%** από το 2022.

Τα ΙΧ κυριαρχούν

+396.5 χιλ. ΙΧ στην Αττική από το 2021 έως το 2025 (ΕΛΣΤΑΤ). Τα ΙΧ είναι το **~50%** της κυκλοφορίας στο κέντρο, ενώ τα λεωφορεία μόλις **2 – 5%**.

Κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες

Χωρίς σαφή επίδραση: το **86.7%** της διακύμανσης εξηγείται από ανοδική τάση και εποχικότητα. Μόνο ο **αριθμός ΙΧ** συσχετίζεται σημαντικά.

→ **Η συμφόρηση αυξάνεται σε ένταση και διάρκεια, παράλληλα με την αύξηση των ΙΧ.**

Σύνοψη Αποτελεσμάτων

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Βροχή

Μειώνει την ταχύτητα κατά **1.3%** (ασθενής) έως **3.3%** (ισχυρή) της FFS σύμφωνα με το μοντέλο παλινδρόμησης.

Περισσότερα ΙΧ

Για κάθε +1% ΙΧ, η ταχύτητα μειώνεται κατά από **0.06 έως και 1.2%** της FFS. Η αντικατάσταση ΙΧ από λεωφορεία δίνει **πρακτικά αμελητέα** μεταβολή.

Λεωφορεία & ταξί

Για κάθε +1% στη θέση ΙΧ, η ταχύτητα αυξάνεται κατά **+0.44%** (λεωφορεία) και **+0.18%** (ταξί) της FFS, σύμφωνα με τη γραμμική παλινδρόμηση.

Οδικό τμήμα & ώρα

Είναι οι **πιο καθοριστικοί παράγοντες** σε όλα τα μοντέλα. Η σύνθεση και ο καιρός έχουν μικρή επίδραση.

Περιορισμοί και Προτάσεις

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

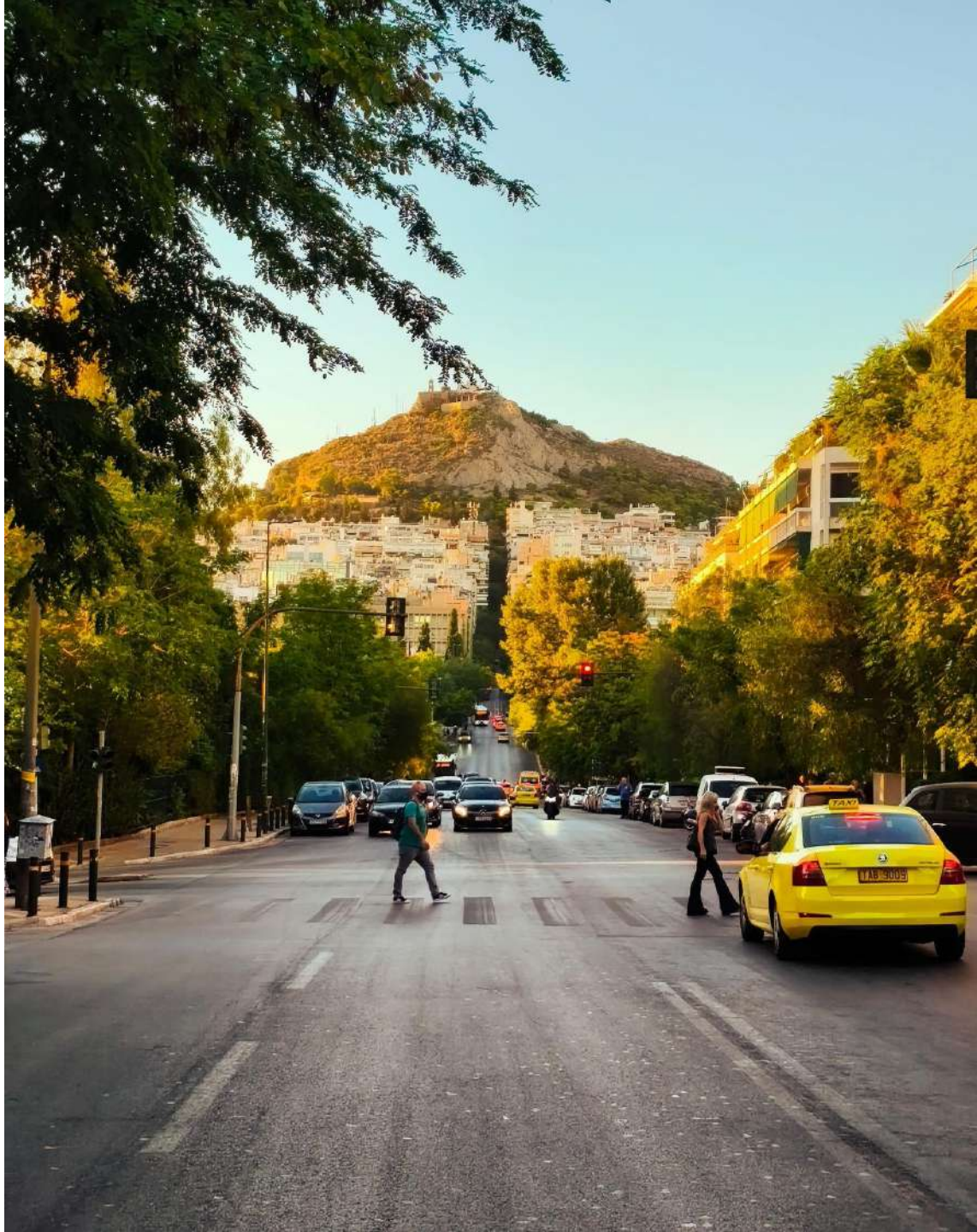
Θέμα	Περιορισμοί	Προτάσεις
Κοινωνικοοικονομικά δεδομένα	Μόνο 16 παρατηρήσεις (τριμηνιαίες, 4 έτη). Χαμηλή στατιστική ισχύς	Μηνιαία αντί για τριμηνιαία καταγραφή και μεγαλύτερη χρονική περίοδο μελέτης
Σύνθεση κυκλοφορίας	Μικρό δείγμα (48 ημέρες) και λίγες οδούς με περιορισμένη δυνατότητα γενίκευσης	Αυτόματη καταγραφή με κάμερες AI: περισσότερα δεδομένα, συνεχής και ομοιόμορφη κάλυψη, καταγραφή σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες
Κυκλοφοριακός φόρτος	Δεν εισάγονται δεδομένα φόρτου στην ανάλυση. Δεν εξετάζεται η συνολική μείωση των οχημάτων	Προσθήκη δεδομένων συνολικού φόρτου
Μετεωρολογικά	Ένας σταθμός καταγραφής για όλες τις οδούς	Επιπλέον σταθμοί πιο κοντά στις οδούς ανάλυσης

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ



Αλέξιος Μπουρνάς

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

Αθήνα, Οκτώβριος 2026