ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΔΙΑΒΑΣΕΙΣ ΠΕΖΩΝ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ

ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΧΑΤΖΗΘΕΟΔΟΣΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ

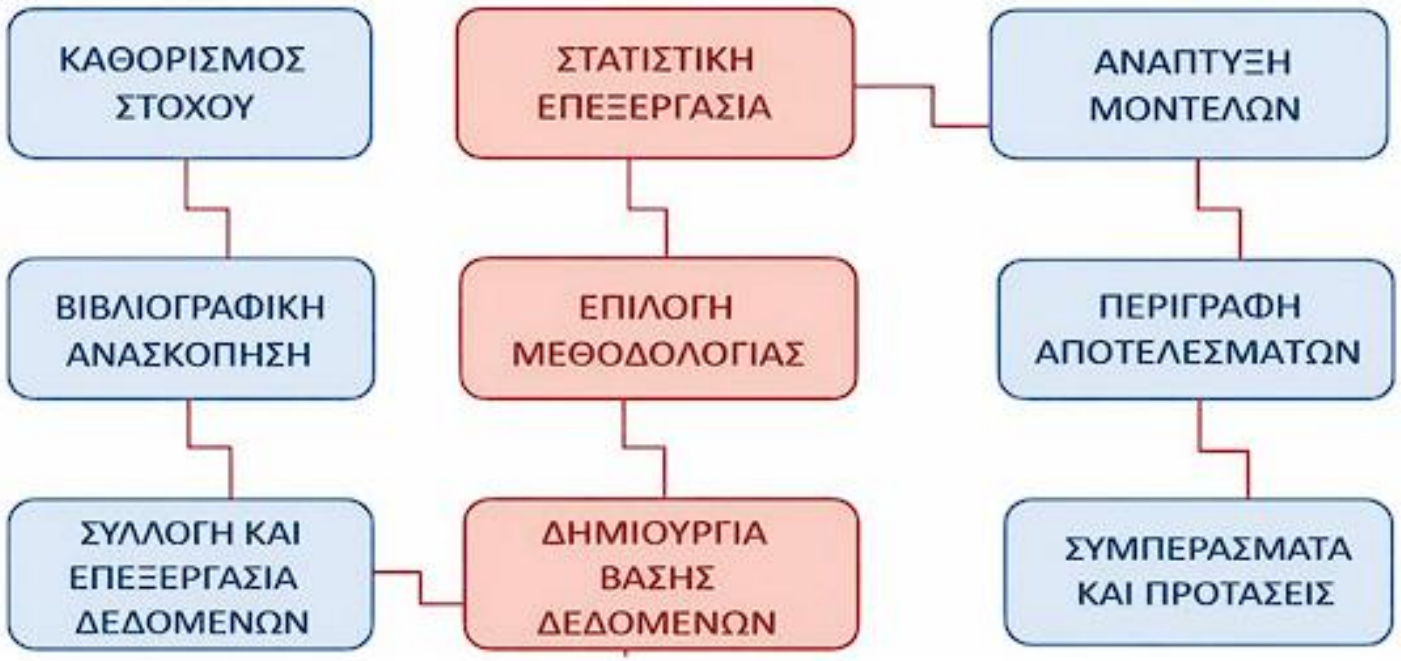
ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2026

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΓΙΑΝΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

- *Ανάλυση **ακατάλληλης** ταχύτητας οχημάτων σε σηματοδοτούμενη διάβαση πεζών στην Αθήνα*
- *Διερεύνηση σχέσης της ταχύτητας με κρίσιμες κυκλοφοριακές αλληλεπιδράσεις*
- *Αξιοποίηση δεδομένων βίντεο και τεχνικών υπολογιστικής όρασης*
- *Εντοπισμός παραγόντων που επηρεάζουν την πιθανότητα speeding κοντά στη διάβαση.*
- *Αξιολόγηση των δεικτών PET και TTC ως surrogate safety indicators*
- *Υποστήριξη παρεμβάσεων για βελτίωση της ασφάλειας πεζών στο αστικό περιβάλλον*

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ



Γράφημα 1 : Μεθοδολογική προσέγγιση

ΣΥΛΛΟΓΗ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- Για την διερεύνηση της ακατάλληλης ταχύτητας οχημάτων σε σηματοδοτούμενες διαβάσεις πεζών στην Αθήνα

- Συλλέχθηκαν δεδομένα από καταγραφή βίντεο με χρήση κινητού τηλεφώνου τοποθετημένο σε τρίποδο, διάρκειας **μιας ώρας** πρωινής **αιχμής** στο κέντρο της Αθήνας, στη Λεωφόρο Βασιλέως Κωνσταντίνου, στο ύψος του Παναθηναϊκού Σταδίου

Εικόνα 1: Σημεία αναφοράς στην προοπτική του βίντεο

Εικόνα 2: Σημεία αναφοράς στο επίπεδο του χάρτη

Εικόνα 3: Φωτεινοί Σηματοδότες Οχημάτων

- Εισαγωγή βίντεο σε αλγόριθμο computer vision

- Ανίχνευση και παρακολούθηση πεζών/οχημάτων

- Αναγνώριση ταυτότητας και πρόβλεψη κίνησης αντικειμένων

- Μετασχηματισμός συντεταγμένων στο πραγματικό οδικό περιβάλλον

- Ανίχνευση φωτεινού σηματοδότη και παραβάσεων

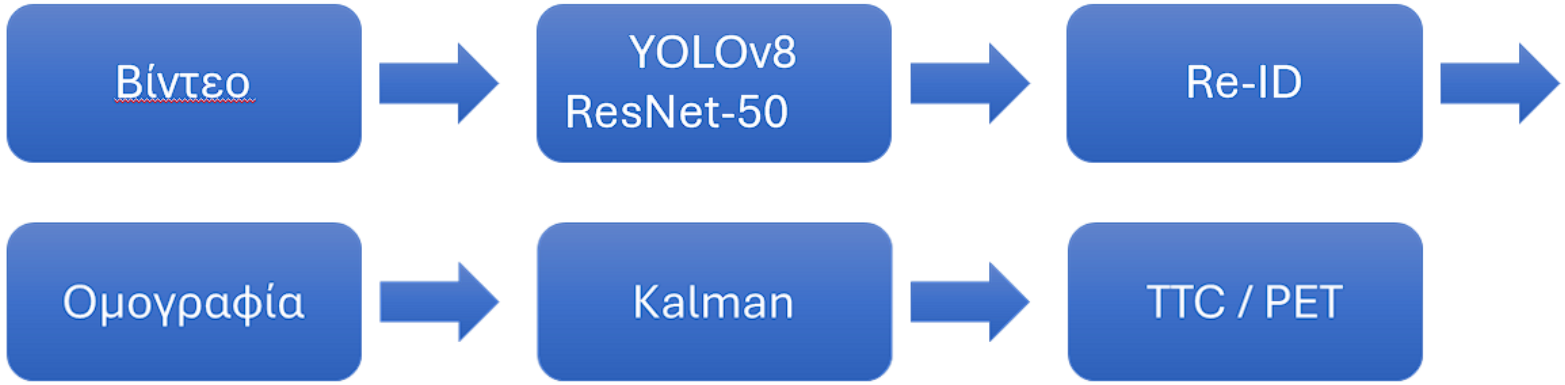
- Υπολογισμός ταχύτητας, TTC και PET

- Δημιουργία αυτοματοποιημένης και χειροκίνητης βάσης δεδομένων

- Ανάλυση δεδομένων με MATLAB και Python

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ

Ο αλγόριθμος που μετατρέπει το βίντεο σε δεδομένα κυκλοφορίας



Ανίχνευση οχημάτων, εξαγωγή χαρακτηριστικών, μετατροπή σε πραγματικές συντεταγμένες και φιλτράρισμα τροχιών.

Έξοδος: ταχύτητες, θέσεις, αποστάσεις και surrogate safety indicators για στατιστική ανάλυση.

ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΡΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ MASTER TABLE

- Εξάγεται αρχείο csv (Raw Data)
- Έπειτα από επεξεργασία σε Python
- Δημιουργούνται νέες στήλες & τροποποιούνται κατάλληλα οι ήδη υπάρχουσες προς δημιουργία ενός, συνεκτικού και τεκμηριωμένου αρχείου δεδομένων
- Οι μεταβλητές του νέου πίνακα αποτελούν χρήσιμα κυκλοφοριακά δεδομένα με βάση τις οποίες θα γίνουν οι επακόλουθες στατιστικές αναλύσεις

VehicleID	Frame	Confidence	GroundPlaneCentroid_1	GroundPlaneCentroid_2	IsInCrossingArea	TrafficLightStatus	ProcessedTrafficLightStatus	VehicleStatus	vx	vy	magnitude	Speeding_	Speeding__	+ Is in cr	Vehicle_Cl	speed_cal	LeadingVe	GapAlong	LateralOff	HasLeade	TTC_Leade	PET_MinPr	PET_Confl	PET_Time	PET_TimeToConflict_Other_s
20405	49240	0.7137079	142.1757	47.65982	1	green	green	legal	2.969634	29.61219	107.1386	0	0		car	29.76072	20398	9.979236	0.221571	TRUE	0.35485				
20398	49240	0.727261	142.951	57.61136	1	green	green	legal	0.1137	1.635105	5.900595	0	0		car	1.639054	20382	1.00149	0.024832	TRUE					
20383	49240	0.6547257	141.9902	46.95827	1	green	green	legal	0.079398	0.989211	39.06031	0	0		car	0.992392	20405	0.714142	0.128777	TRUE					
20382	49240	0.7788825	142.9957	58.61216	1	green	green	legal	0.313879	3.986393	40.99102	0	0		car	3.998731				FALSE					
20397	49240	0.7885538	139.6414	18.14952	0	green	green	legal	-0.2524	-0.64114	21.13806	0	0		car	0.689028				FALSE					
20401	49240	0.5308579	46.75527	-1113.782	0	green	green	legal	0	0	0	0	0		car	0				FALSE					
20406	49240	0	722.1602	8837.896	0	green	green	legal	0	0	0	0	0		car	0				FALSE					
20407	49240		143.705	66.3763	1	green	green	legal	0	0	0	0	0		car	0				FALSE					
1008247	49240	0.9206007	146.8887	92.55426	1	green	green	legal	-0.84886	-4.69872	17.18921	0	0		moto	4.77478				FALSE					
1008258	49240	0.5879551	137.4959	-16.54851	0	green	green	illegal	3.984057	-0.80144	22.1788	0	0		moto	4.063867				FALSE					
20375	49239	0.5141249	138.3323	3.584339	0	green	green	legal	0.078208	2.733437	50.47047	0	1		car	2.734555	20405	43.17699	2.510463	TRUE	15.7894				
20383	49239	0.5657637	141.985	46.8928	1	green	green	legal	0.063619	0.78297	38.35156	0	0		car	0.785518	20382	11.96306	0.084668	TRUE					
20382	49239	0.6850874	143.0261	58.81077	1	green	green	legal	0.693814	7.10547	46.10985	0	0		car	7.139263	20398	7.553474	0.058345	TRUE	1.373147				

Μεταβλητή	Περιγραφή
VehicleID	Μοναδικό αναγνωριστικό κάθε οχήματος στο σύνολο δεδομένων.
Frame	Αριθμός καρέ του βίντεο στο οποίο καταγράφεται η συγκεκριμένη παρατήρηση.
Confidence	Βαθμός εμπιστοσύνης της ανίχνευσης/ταυτοποίησης του αντικειμένου από τον αλγόριθμο.
LeadingVehicleID	Αναγνωριστικό του προπορευόμενου οχήματος που αντιστοιχίσθηκε στο εξεταζόμενο όχημα.
GapAlongPath_m	Διαμήκης απόσταση, σε μέτρα, μεταξύ οχήματος και προπορευόμενου κατά μήκος της πορείας.
LateralOffsetToLeader_m	Εγκάρσια απόσταση, σε μέτρα, από το προπορευόμενο όχημα.
HasLeaderSameLane	Λογική μεταβλητή True/False που δηλώνει αν βρέθηκε προπορευόμενο όχημα στην ίδια λωρίδα ή ροή.
LeaderLongitudinalRelativeSpeed_mps	Σχετική διαμήκης ταχύτητα μεταξύ οχήματος και προπορευόμενου, σε m/s.
TTC_Leader_s	Χρόνος μέχρι πιθανή σύγκρουση με το προπορευόμενο όχημα, σε δευτερόλεπτα.
PET_MinPredicted_s	Ελάχιστη προβλεπόμενη τιμή Post-Encroachment Time, σε δευτερόλεπτα.
PET_ConflictVehicleID	Αναγνωριστικό του οχήματος με το οποίο προκύπτει το ελάχιστο Post-Encroachment Time (PET).
PET_ConflictPoint_X_m	Συντεταγμένη x του προβλεπόμενου conflict point, σε μέτρα.
PET_ConflictPoint_Y_m	Συντεταγμένη y του προβλεπόμενου conflict point, σε μέτρα.
PET_TimeToConflict_Self_s	Χρόνος του εξεταζόμενου οχήματος μέχρι το conflict point, σε δευτερόλεπτα.
PET_TimeToConflict_Other_s	Χρόνος του άλλου οχήματος μέχρι το ίδιο conflict point, σε δευτερόλεπτα.

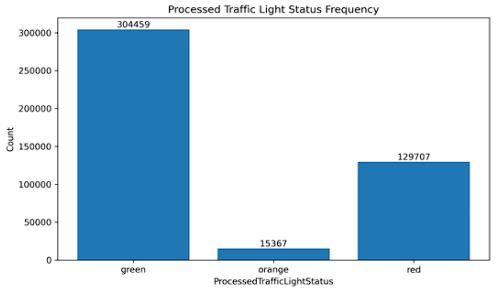
GroundPlaneCentroid_1	Συντεταγμένη x του κέντρου βάρους του οχήματος στο επίπεδο αναφοράς του οδοστρώματος.
GroundPlaneCentroid_2	Συντεταγμένη y του κέντρου βάρους του οχήματος στο επίπεδο αναφοράς του οδοστρώματος.
IsInCrossingArea	Δυαδική ένδειξη για το αν το όχημα βρίσκεται εντός της καθορισμένης περιοχής ενδιαφέροντος/διάβασης.
TrafficLightStatus	Ένδειξη της φωτεινής σηματοδότησης κατά τη χρονική στιγμή της παρατήρησης.
ProcessedTrafficLightStatus	Διορθωμένη ένδειξη της φωτεινής σηματοδότησης κατά τη χρονική στιγμή της παρατήρησης.
VehicleStatus	Χαρακτηρισμός της διέλευσης ως legal ή illegal, ανάλογα με τη συμμόρφωση προς τη σηματοδότηση.
vx	Συνιστώσα ταχύτητας κατά τον άξονα x, σε m/s.
vy	Συνιστώσα ταχύτητας κατά τον άξονα y, σε m/s.
magnitude	Μέτρο της ταχύτητας του οχήματος. Στο τελικό αρχείο αποδίδεται σε km/h.
Speeding_during_Orange_50_100	Δυαδική/δεικτική μεταβλητή που καταγράφει εμφάνιση υπέρβασης ταχύτητας κατά τη διάρκεια πορτοκαλί ένδειξης.
Speeding_during_Green_50_100	Δυαδική/δεικτική μεταβλητή που καταγράφει εμφάνιση υπέρβασης ταχύτητας κατά τη διάρκεια πράσινης ένδειξης.
Is in cr Area	Ένδειξη που χρησιμοποιείται για να αποτυπώσει υπέρβασης ταχύτητας κατά τη διάρκεια πράσινης ένδειξης ενώ το όχημα βρίσκεται στην περιοχή της διάβασης πεζών.
Vehicle_Classification	Κατηγοριοποίηση του οχήματος ως car ή moto.

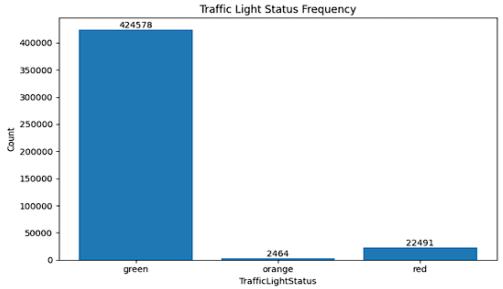
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ - ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

- Έπειτα από την συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων προκύπτουν τα εξής:

Ένδειξη φωτεινού σηματοδότη

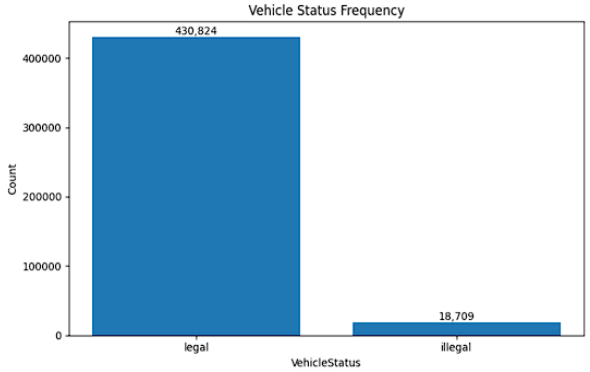
Μεταβλητή	*Κατάσταση Φωτεινού Σηματοδότη*		
	Green	Orange	Red
Πλήθος	304,459	15,367	129,707
Ποσοστό	67.73%	3.42%	28.85%

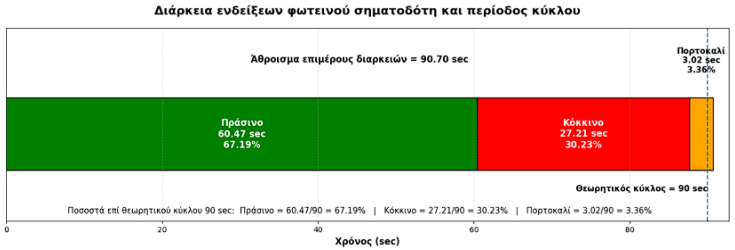




Τύπος Διέλευσης Οχημάτων

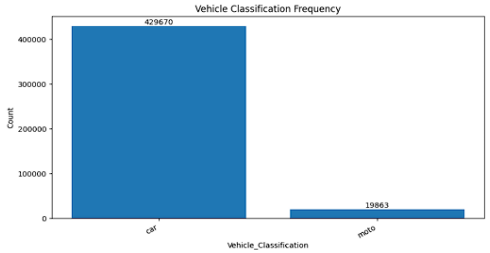
Μεταβλητή	*Τύπος Διέλευσης*	
	Legal	**Illegal**
Πλήθος	430,824	18,709
Ποσοστό	95.84%	4.16%





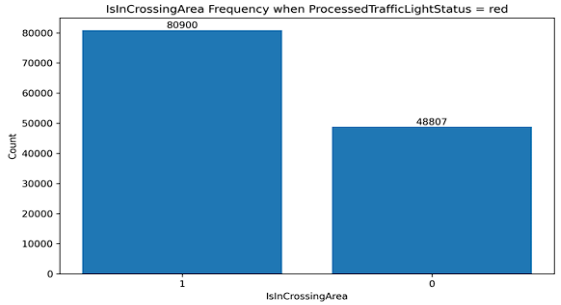
Κατηγορία Οχήματος

Μεταβλητή	*Κατηγορία Οχήματος*	
	Car	**Moto**
Πλήθος	429,670	19,863
Ποσοστό	95.58%	4.42%



Παρουσία Οχήματος στην Διάβαση Πεζών ενώ το φανάρι είναι κόκκινο

Μεταβλητή	*Όχημα να βρίσκεται στην περιοχή Διάβασης Πεζών ενώ ο σηματοδότης δείχνει κόκκινο*	
	ΝΑΙ (1)	**ΟΧΙ (0)**
Πλήθος	80,900	48,807
Ποσοστό	62.37%	37.63%



ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Από τον έλεγχο συσχέτισης στην τελική επιλογή μοντέλων

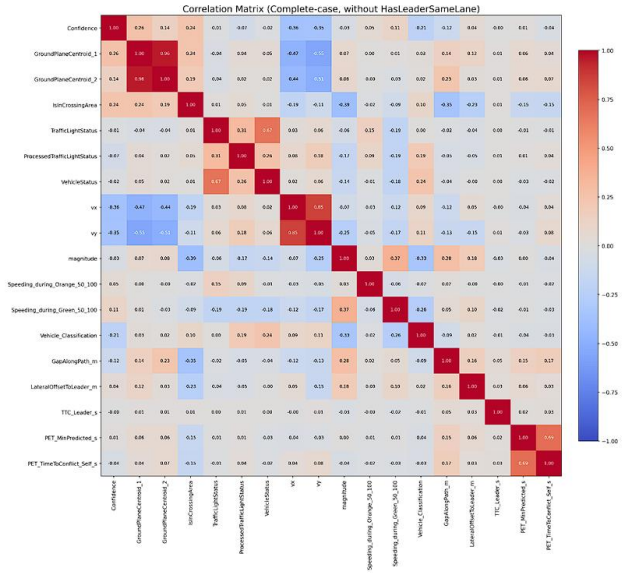
Βήματα ανάλυσης

- Μετατροπή κατηγορικών μεταβλητών σε αριθμητική μορφή.
- Ορισμός complete-case δείγματος.
- Correlation matrix και δείκτης VIF για έλεγχο πολυσυγγραμμικότητας.
- Εκτίμηση διωνυμικών λογιστικών υποδειγμάτων και GLM.

Κριτήρια επιλογής

- Στατιστική σημαντικότητα συντελεστών.
- Ερμηνευσιμότητα και αποφυγή προβληματικών μεταβλητών.
- AIC / BIC / log-likelihood.
- Pseudo R^2 και AUC όπου ήταν διαθέσιμοι.

Στόχος: μοντέλα με ισορροπία μεταξύ προσαρμογής, στατιστικής σημαντικότητας και κυκλοφοριακής ερμηνείας.



Correlation Matrix

Παρουσιάζονται εφαρμογές μοντέλων διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης & Γενικευμένα Γραμμικά Μοντέλα (Generalized Linear Models – GLM)

Αποτελέσματα: λογιστικής παλινδρόμησης για το PET σε τρία thresholds

Διωνυμικά μοντέλα για 1.5 sec, 3.0 sec και 5.0 sec

Παρουσίαση αποτελεσμάτων λογιστικής παλινδρόμησης για το PET_MinPredicted_leq_1_5					
Binomial Regression PET_MinPredicted_leq_1_5					
Dep. Variable:	PET_MinPredicted_leq_1_5	No. Obser	10,355		
Model:	Logit	Df Residua	10,344	AIC:	10640.599
Method:	MLE	Df Model:	10	BIC:	10720.297
Date:	—	Pseudo R-	0.220	AUC:	0.808
converged:	TRUE	Log-Likelih	-5309.300	LLR p-value:	0
Covariance Type:	—	LL-Null:	-6804.413		

Variable	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	[0.025	0.975]	OddsRatio
Intercept	35.031	4.308	8.131	<0.001	26.587	43.475	1635611232137740.000
GroundPlaneCentroid_2	0.017	0.003	6.765	<0.001	0.012	0.022	1.017
IsInCrossingArea	0.428	0.066	6.488	<0.001	0.299	0.557	1.534
magnitude	0.002	0.001	2.183	0.029	0.000	0.004	1.002
VehicleStatus	0.529	0.127	4.175	<0.001	0.281	0.777	1.697
Speeding_during_Orange_50_100	-0.150	0.374	-0.401	0.689	-0.884	0.584	0.861
GapAlongPath_m	-0.003	0.001	-3.594	<0.001	-0.005	-0.001	0.997
TTC_Leader_s	0.000	0.000	0.926	0.354	0.000	8.70E-04	1.000
LateralOffsetToLeader_m	0.023	0.028	0.822	0.411	-0.032	0.079	1.024
PET_TimeToConflict_Self_s	-0.525	0.013	-40.587	<0.001	-0.551	-0.500	0.591

Παρουσίαση αποτελεσμάτων λογιστικής παλινδρόμησης για το PET_MinPredicted_leq_3_0					
Binomial Regression PET_MinPredicted_leq_3_0					
Dep. Variable:	PET_MinPredicted_leq_3_0	No. Obser	10,355		
Model:	Logit	Df Residua	10,344	AIC:	10051.584
Method:	MLE	Df Model:	10	BIC:	10131.281
Date:	—	Pseudo R-	0.281	AUC:	0.831
converged:	TRUE	Log-Likelih	-5014.792	LLR p-value:	0
Covariance Type:	—	LL-Null:	-6970.654		

Variable	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	[0.025	0.975]	OddsRatio
Intercept	30.765	4.238	7.259	<0.001	22.458	39.072	22964647117123.800
GroundPlaneCentroid_2	0.013	0.002	5.555	<0.001	0.009	0.018	1.013
IsInCrossingArea	0.398	0.066	6.072	<0.001	0.270	0.527	1.489
magnitude	0.000	0.001	0.115	0.908	-0.002	0.002	1.000
VehicleStatus	0.216	0.139	1.557	0.119	-0.056	0.488	1.241
Speeding_during_Orange_50_100	0.341	0.397	0.859	0.390	-0.436	1.118	1.406
GapAlongPath_m	-0.002	0.001	-3.013	0.003	-0.004	-7.96E-04	0.998
TTC_Leader_s	0.000	0.000	-0.224	0.822	-0.001	4.07E-04	1.000
LateralOffsetToLeader_m	0.021	0.029	0.727	0.467	-0.036	0.078	1.021
PET_TimeToConflict_Self_s	-0.554	0.011	-48.220	<0.001	-0.576	-0.531	0.575

Παρουσίαση αποτελεσμάτων λογιστικής παλινδρόμησης για το PET_MinPredicted_leq_5_0					
Binomial Regression PET_MinPredicted_leq_5_0					
Dep. Variable:	PET_MinPredicted_leq_5_0	No. Obser	10,355		
Model:	Logit	Df Residua	10,344	AIC:	6837.834
Method:	MLE	Df Model:	10	BIC:	6917.531
Date:	—	Pseudo R-	0.340	AUC:	0.858
converged:	TRUE	Log-Likelih	-3407.917	LLR p-value:	<0.001
Covariance Type:	—	LL-Null:	-5163.594		

Variable	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	[0.025	0.975]	OddsRatio
Intercept	37.164	5.043	7.369	<0.001	27.280	47.049	1.38E+16
GroundPlaneCentroid_2	0.017	0.003	6.099	<0.001	0.012	0.023	1.017
IsInCrossingArea	0.199	0.079	2.520	0.012	0.044	0.353	1.220
magnitude	-0.002	0.001	-1.953	0.051	-0.005	8.55E-06	0.998
VehicleStatus	0.214	0.178	1.205	0.228	-0.134	0.563	1.239
Speeding_during_Orange_50_100	0.667	0.668	0.999	0.318	-0.642	1.977	1.949
GapAlongPath_m	-0.001	0.001	-1.202	0.229	-0.003	6.56E-04	0.999
TTC_Leader_s	0.000	0.000	-0.712	0.476	-0.001	3.18E-04	1.000
LateralOffsetToLeader_m	0.034	0.035	0.970	0.332	-0.035	0.104	1.035
PET_TimeToConflict_Self_s	-0.626	0.014	-46.110	<0.001	-0.653	-0.600	0.535

- **IsInCrossingArea**: θετική και στατιστικά σημαντική επίδραση

Όταν το όχημα βρίσκεται εντός της περιοχής διάβασης/διασταύρωσης, αυξάνεται η πιθανότητα εμφάνισης χαμηλού PET
Η επίδραση αυτή είναι κυκλοφοριακά αναμενόμενη, λόγω εντονότερων αλληλεπιδράσεων και μικρότερων χρονικών περιθωρίων ασφαλείας

- **GapAlongPath_m**: αρνητική και στατιστικά σημαντική επίδραση

Όσο αυξάνεται το διαμήκες κενό από το προπορευόμενο όχημα, τόσο μειώνεται η πιθανότητα εμφάνισης χαμηλού PET
Μεγαλύτερη απόσταση σημαίνει μεγαλύτερο περιθώριο ασφάλειας και μικρότερη χρονική εγγύτητα σύγκρουσης

Συνολικά, η πιθανότητα εμφάνισης χαμηλού PET επηρεάζεται κυρίως από: τη θέση του οχήματος εντός της περιοχής διασταύρωσης, το διαμήκες κενό από το προπορευόμενο όχημα, τον χρόνο μέχρι το σημείο σύγκρουσης για το ίδιο το όχημα.
Οι παραπάνω μεταβλητές αναδεικνύονται ως βασικοί προσδιοριστικοί παράγοντες επικινδυνότητας στο εξεταζόμενο αστικό περιβάλλον

Ερμηνεία: το PET αποτυπώνει καλά τη χρονική εγγύτητα των αλληλεπιδράσεων κοντά στη διάβαση

Αποτελέσματα: λογιστικής παλινδρόμησης για το Speeding_during_Green

Διωνυμική Λογιστική Παλινδρόμηση

Παρουσίαση αποτελεσμάτων λογιστικής παλινδρόμησης για το Speeding_during_Green_50_100					
# Binomial Regression Speeding_during_Green_50_100					
Dep. Variable:	Speeding_during_Green_50_100	No. Observations:	10355		
Model:	Logit	Df Residuals:	10346	AIC:	13896.930
Method:	MLE	Df Model:	8	BIC:	13962.137
Date:	—	Pseudo R-squ.:	0.299	AUC:	0.794
converged:	TRUE	Log-Likelihood:	-6939.465	LLR p-value:	<0.001
Covariance Type:	—	LL-Null:	-7150.282		

Variable	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	[0.025	0.975]
Intercept	-54.335	3.684	-14.749	<0.001	-61.555	-47.115
GroundPlaneCentroid_1	0.392	0.027	14.741	<0.001	0.340	0.444
IsInCrossingArea	-0.404	0.051	-7.859	<0.001	-0.505	-0.303
GapAlongPath_m	0.004	0.001	6.126	<0.001	0.003	0.006
TTC_Leader_s	-0.001	0.000	-1.709	0.087	-0.001	0.000
LateralOffsetToLeader_m	0.036	0.024	1.507	0.132	-0.011	0.082
PET_MinPredicted_s	-0.004	0.012	-0.297	0.767	-0.027	0.020
PET_TimeToConflict_Self_s	0.010	0.011	-2.810	0.005	-0.050	-0.009

Εξαρτημένη μεταβλητή: δυαδική
1: το όχημα εμφανίζει speeding στο πράσινο
0: το όχημα δεν εμφανίζει speeding
Το λογιστικό υπόδειγμα παρουσίασε:
Pseudo R^2 = 0.299 & AUC = 0.794
Το μοντέλο διαθέτει ικανοποιητική έως καλή ερμηνευτική και διακριτική ικανότητα

- **IsInCrossingArea**: αρνητική και στατιστικά σημαντική επίδραση

Όταν το όχημα βρίσκεται εντός της περιοχής διάβασης/διασταύρωσης, μειώνεται η πιθανότητα εμφάνισης speeding - Πιθανή ερμηνεία: οι οδηγοί κινούνται με μεγαλύτερη προσοχή στην κρίσιμη περιοχή

- **GapAlongPath_m**: θετική και στατιστικά σημαντική επίδραση

Όσο αυξάνεται το διαμήκες κενό μπροστά από το όχημα, τόσο αυξάνεται η πιθανότητα speeding - Περισσότερος ελεύθερος χώρος ευνοεί την ανάπτυξη υψηλότερης ταχύτητας

- **PET_TimeToConflict_Self_s**: θετική και στατιστικά σημαντική επίδραση

Όσο αυξάνεται ο χρόνος μέχρι το σημείο σύγκρουσης, τόσο αυξάνεται η πιθανότητα εκδήλωσης speeding - Το μεγαλύτερο χρονικό περιθώριο πιθανόν ενισχύει το αίσθημα άνεσης/ασφάλειας του οδηγού

Συνολικά, το speeding στο πράσινο επηρεάζεται κυρίως από:
τη θέση του οχήματος στην περιοχή διάβασης
το διαθέσιμο διαμήκες κενό
τη χρονική εγγύτητα της αλληλεπίδρασης
Η ακατάλληλη ταχύτητα δεν αποτελεί τυχαίο φαινόμενο, αλλά συνδέεται με χαρακτηριστικά του κυκλοφοριακού περιβάλλοντος και της δυναμικής κίνησης

Αποτελέσματα: λογιστικής παλινδρόμησης για το TTC

Το ισχυρότερο binomial model της εργασίας

Παρουσίαση αποτελεσμάτων λογιστικής παλινδρόμησης για το TTC_Leader_leq_1_5					
# Binomial Regression TTC_Leader_leq_1_5					
Dep. Variable:	TTC_Leader_leq_1_5	No. Obser	10,355		
Model:	Logit	Df Residua	10,347	AIC:	6906.863
Method:	MLE	Df Model:	7	BIC:	6964.825
Date:	—	Pseudo R-	0.515	AUC:	0.928
converged:	TRUE	Log-Likelih	-3445.432	LLR p-valu	0
Covariance Type:	—	LL-Null:	-7101.057		

Variable	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	[0.025	0.975]	OddsRatio
Intercept	0.079	0.125	0.633	0.527	-0.166	0.323	1.082
IsInCrossingArea	-0.185	0.085	-2.179	0.029	-0.352	-0.019	0.831
magnitude	0.063	0.002	38.626	<0.001	0.060	0.066	1.065
Speeding_during_Orange_50_100	-0.155	0.599	-0.258	0.796	-1.329	1.019	0.857
GapAlongPath_m	-0.209	0.005	-41.833	<0.001	-0.219	-0.199	0.811
LateralOffsetToLeader_m	-0.410	0.037	-10.954	<0.001	-0.484	-0.337	0.663
PET_MinPredicted_s	0.028	0.018	1.571	0.116	-0.007	0.062	1.028
PET_TimeToConflict_Self_s	-0.094	0.016	-6.032	<0.001	-0.124	-0.063	0.911

Εξαρτημένη μεταβλητή: δυαδική
1: το όχημα εμφανίζει χαμηλό TTC
0: το όχημα δεν εμφανίζει χαμηλό TTC
Το λογιστικό υπόδειγμα παρουσίασε:
Pseudo R^2 = 0.519 & AUC = 0.928
Το μοντέλο παρουσιάζει **πολύ υψηλή διακριτική ικανότητα** και **πολύ καλή προσαρμογή**

- **IsInCrossingArea**: αρνητική και στατιστικά σημαντική επίδραση

Όταν το όχημα βρίσκεται εντός της περιοχής διάβασης/διασταύρωσης, μειώνεται η πιθανότητα εμφάνισης πολύ χαμηλού TTC
Πιθανή ερμηνεία: οι οδηγοί κινούνται με μεγαλύτερη προσοχή στην κρίσιμη περιοχή

- **magnitude**: θετική και έντονα στατιστικά σημαντική επίδραση

Όσο αυξάνεται η ταχύτητα του οχήματος, τόσο αυξάνεται η πιθανότητα εμφάνισης TTC ≤ 1,5 sec
Η υψηλότερη ταχύτητα μειώνει το διαθέσιμο χρονικό περιθώριο αντίδρασης

- **GapAlongPath_m**: αρνητική και στατιστικά σημαντική επίδραση

Μεγαλύτερο διαμήκες κενό από το προπορευόμενο όχημα συνδέεται με μικρότερη πιθανότητα εμφάνισης χαμηλού TTC
Η μεγαλύτερη απόσταση αυξάνει το περιθώριο ασφαλείας

- **LateralOffsetToLeader_m**: αρνητική και στατιστικά σημαντική επίδραση

Όσο αυξάνεται η πλευρική απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, τόσο μειώνεται η πιθανότητα εμφάνισης πολύ χαμηλού TTC
Η μεγαλύτερη χωρική απομάκρυνση συνδέεται με λιγότερο κρίσιμες αλληλεπιδράσεις

- **PET_TimeToConflict_Self_s**: αρνητική και στατιστικά σημαντική επίδραση

Όσο αυξάνεται ο χρόνος μέχρι το σημείο σύγκρουσης για το ίδιο το όχημα, τόσο μειώνεται η πιθανότητα εμφάνισης χαμηλού TTC
Μεγαλύτερος διαθέσιμος χρόνος συνεπάγεται ασφαλέστερες συνθήκες αλληλεπίδρασης

Αποτελέσματα GLM για το PET

Το ισχυρότερο συνεχές υπόδειγμα της εργασίας

GLM Regression Scenarios						
Dep. Variable:	PET_MinPredicted_s	No. Observations:	10355			
Model:	GLM	Df Residuals:	10333			
Model Family:	Gaussian	Df Model:	21	AIC:	40167.181	
Link Function:	Identity	Scale:	1			
Method:	IRLS	Log-Likelihood:	-20061.591	BIC:	40326.576	
Date:	—	Deviance:	29205.482			
No. Iterations:	3	Pearson chi2:	29205.482	AUC:	—	
Covariance Type:	nonrobust	Pseudo R-squ. (CS):	0.619			
Variable	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	[0.025	0.975]
Intercept	-21.631	3.261	-6.633	<0.001	-28.023	-15.240
C(IsInCrossingArea)[T.1]	-0.295	0.045	-6.599	<0.001	-0.383	-0.207
C(TrafficLightStatus)[T.orange]	0.689	0.332	2.074	0.038	0.038	1.341
C(TrafficLightStatus)[T.red]	0.642	0.199	3.225	0.001	0.252	1.032
C(ProcessedTrafficLightStatus)[T.orange]	-0.299	0.178	-1.680	0.093	-0.649	0.050
C(ProcessedTrafficLightStatus)[T.red]	-0.040	0.059	-0.667	0.505	-0.156	0.077
C(VehicleStatus)[T.legal]	0.510	0.131	3.904	<0.001	0.254	0.766
C(Vehicle_Classification)[T.moto]	-0.017	0.076	-0.219	0.826	-0.166	0.132
Confidence	0.047	0.174	0.270	0.787	-0.294	0.388
GroundPlaneCentroid_1	0.159	0.024	6.716	<0.001	0.113	0.206
vy	-0.019	0.003	-6.909	<0.001	-0.024	-0.013
Speeding_during_Orange_50_100	-0.824	0.403	-2.048	0.041	-1.614	-0.035
Speeding_during_Green_50_100	-0.066	0.038	-1.741	0.082	-0.140	0.008
speed_calc	-0.007	0.004	-1.649	0.099	-0.015	0.001
GapAlongPath_m	0.002	5.16E-04	3.833	<0.001	0.001	0.003
LateralOffsetToLeader_m	-0.061	0.021	-2.903	0.004	-0.102	-0.020
TTC_Leader_s	3.38E-05	1.48E-04	0.229	0.819	0.000	0.000
PET_TimeToConflict_Self_s	0.604	0.006	93.463	<0.001	0.591	0.617
PET_TimeToConflict_Other_s	0.033	0.008	4.000	<0.001	0.017	0.049

Θετικός συντελεστής → συνδέεται με υψηλότερες τιμές PET και άρα με μεγαλύτερο χρονικό περιθώριο ασφάλειας
Αρνητικός συντελεστής → συνδέεται με χαμηλότερες τιμές PET και άρα με κρισιμότερες συνθήκες αλληλεπίδρασης
Το λογιστικό υπόδειγμα παρουσίασε:
Pseudo R^2 = 0.619 Το μοντέλο παρουσιάζει **πολύ υψηλη προσαρμογή**

- **IsInCrossingArea**: αρνητική και στατιστικά σημαντική επίδραση

Όταν το όχημα βρίσκεται εντός της περιοχής διάβασης/διασταύρωσης, το PET μειώνεται
Η παρουσία στην κρίσιμη περιοχή συνδέεται με αυξημένη επικινδυνότητα

- **Speeding_during_Orange_50_100**: αρνητική και στατιστικά σημαντική επίδραση

Η εκδήλωση speeding στο πορτοκαλί συνδέεται με χαμηλότερες τιμές PET
Άρα συνδέεται με πιο κρίσιμες χρονικές συνθήκες και μικρότερα περιθώρια ασφάλειας

- **GapAlongPath_m**: θετική και στατιστικά σημαντική επίδραση

Όσο αυξάνεται το διαμήκες κενό από το προπορευόμενο όχημα, τόσο αυξάνεται το PET
Μεγαλύτερη απόσταση σημαίνει μεγαλύτερο χρονικό περιθώριο ασφάλειας

- **PET_TimeToConflict_Self_s**: θετική και στατιστικά σημαντική επίδραση

Όσο αυξάνεται ο χρόνος μέχρι το σημείο σύγκρουσης για το ίδιο το όχημα, τόσο αυξάνεται και το PET

Αποτελέσματα GLM για το Speeding_during_Green

Στατιστική ερμηνεία της συμπεριφοράς υψηλής ταχύτητας ενώ η ένδειξη του σηματοδότη είναι πράσινο

GLM Regression Scenarios						
Dep. Variable:	Speeding_during_Green_50_100	No. Observations:	10355			
Model:	GLM	Df Residuals:	10340			
Model Family:	Binomial	Df Model:	14	AIC:	12319.175	
Link Function:	Logit	Scale:	1			
Method:	IRLS	Log-Likelihood:	-6144.588	BIC:	12427.854	
Date:	—	Deviance:	12289.175			
No. Iterations:	4	Pearson chi2:	12018.405	AUC:	0.793	
Covariance Type:	nonrobust	Pseudo R-squ. (CS):	0.177			
Variable	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	[0.025	0.975]
Intercept	-36.830	4.206	-8.756	<0.001	-45.074	-28.586
C(IsInCrossingArea)[T.1]	0.165	0.059	2.821	0.005	0.050	0.280
Confidence	1.042	0.225	4.629	<0.001	0.601	1.483
GroundPlaneCentroid_1	0.247	0.031	8.024	<0.001	0.186	0.307
vx	-0.181	0.034	-5.395	<0.001	-0.247	-0.115
GapAlongPath_m	0.000	0.001	-0.374	0.708	-0.002	0.001
LateralOffsetToLeader_m	0.045	0.028	1.616	0.106	-0.010	0.101
TTC_Leader_s	0.000	0.000	-1.050	0.294	-0.001	0.000
PET_MinPredicted_s	-0.023	0.013	-1.747	0.081	-0.049	0.003
PET_TimeToConflict_Self_s	0.028	0.012	2.403	0.016	0.005	0.051
PET_TimeToConflict_Other_s	-0.021	0.011	-1.965	0.049	-0.042	0.000

Εξαρτημένη μεταβλητή: δυαδική
1: το όχημα εμφανίζει speeding στο πράσινο
0: το όχημα δεν εμφανίζει speeding

Το λογιστικό υπόδειγμα παρουσίασε:
Pseudo R^2 (CS) = 0.177, AUC = 0.793

Το μοντέλο παρουσιάζει μέτρια προς καλή διακριτική ικανότητα και ικανοποιητική ερμηνευτική ισχύ

- **IsInCrossingArea**: θετική και στατιστικά σημαντική επίδραση

Όταν το όχημα βρίσκεται εντός της κρίσιμης περιοχής της διασταύρωσης/διάβασης, αυξάνεται η πιθανότητα εμφάνισης speeding στο πράσινο
Πιθανή ερμηνεία: ο οδηγός διατηρεί τη ροή κίνησης χωρίς επιβράδυνση στην περιοχή σύγκρουσης

- **PET_TimeToConflict_Self_s**: θετική και στατιστικά σημαντική επίδραση

Όσο αυξάνεται ο χρόνος μέχρι το σημείο σύγκρουσης, τόσο αυξάνεται η πιθανότητα εμφάνισης speeding
Το μεγαλύτερο χρονικό περιθώριο φαίνεται να ενισχύει το αίσθημα άνεσης/ασφάλειας του οδηγού

Συνολικά, το speeding κατά το πράσινο επηρεάζεται από:

- τη θέση του οχήματος στον χώρο
- τη χρονική εγγύτητα της αλληλεπίδρασης
- Όταν το όχημα κινείται εντός της διασταύρωσης και διαθέτει μεγαλύτερο χρονικό περιθώριο ασφαλείας, αυξάνεται η πιθανότητα υιοθέτησης πιο επιθετικής κινηματικής συμπεριφοράς

Αποτελέσματα Μοντέλων & κύρια Συμπεράσματα

Συνθετική ερμηνεία των ευρημάτων

- Η ακατάλληλη ταχύτητα δεν είναι τυχαίο φαινόμενο· συνδέεται με συγκεκριμένα χωρικά και χρονικά χαρακτηριστικά της κίνησης.
- Όσο μικραίνουν οι χωρικές αποστάσεις και τα χρονικά περιθώρια, αυξάνεται η επικινδυνότητα των αλληλεπιδράσεων.
- Το speeding κατά το πορτοκαλί είναι λιγότερο προβλέψιμο από το speeding κατά το πράσινο.
- Οι δείκτες PET και TTC λειτουργούν αποτελεσματικά ως surrogate safety indicators για προληπτική εκτίμηση κινδύνου.

1. Η ακατάλληλη ταχύτητα κοντά στη διάβαση επηρεάζεται από τη γεωμετρία της κίνησης, τη θέση του οχήματος και τη χρονική εγγύτητα των αλληλεπιδράσεων.
2. Το TTC ≤ 1.5 sec ήταν το ισχυρότερο διωνυμικό μοντέλο, ενώ το συνεχές PET παρουσίασε την καλύτερη συνολική προσαρμογή στα GLM.
3. Η υπολογιστική όραση μπορεί να υποστηρίξει προληπτική αξιολόγηση οδικής ασφάλειας σε αστικό περιβάλλον και να ενισχύσει τον σχεδιασμό μέτρων για την προστασία των πεζών.

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ευρήματα στην πράξη

Σχεδιασμός υποδομής

Στοχευμένες παρεμβάσεις σε διαβάσεις υψηλής επικινδυνότητας, με έμφαση σε ορατότητα, σηματοδότηση και διαχείριση ταχύτητας.

Παρακολούθηση & έλεγχος

Χρήση βίντεο και computer vision για συνεχή επιτήρηση, εντοπισμό επικίνδυνων προτύπων και έγκαιρη αξιολόγηση χωρίς αναμονή ατυχημάτων.

Έξυπνη πόλη / έρευνα

Επέκταση του πλαισίου σε περισσότερες θέσεις, ώρες και συνθήκες, καθώς και αξιοποίηση σε συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας και οδικής ασφάλειας.

ΣΑΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΔΙΑΒΑΣΕΙΣ ΠΕΖΩΝ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ

ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΧΑΤΖΗΘΕΟΔΟΣΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2026

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΓΙΑΝΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ