



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ

ΝΙΚΗΦΟΡΟΣ ΣΠΗΛΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:
ΕΛΕΝΗ Ι. ΒΛΑΧΟΓΙΑΝΝΗ

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2025

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας την παρούσα Διπλωματική Εργασία, ένας κύκλος φτάνει στο τέλος του. Τα πέντε αυτά χρόνια αποτέλεσαν μία πορεία γεμάτη προκλήσεις, γνώσεις και όμορφες εμπειρίες, μέσα από την οποία αγάπησα βαθιά το αντικείμενο του Πολιτικού και του Συγκοινωνιολόγου Μηχανικού. Προτού ξεκινήσει, λοιπόν, ένας νέος κύκλος θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σε όλους όσους με καθοδήγησαν και με στήριξαν σε αυτή τη διαδρομή.

Καταρχάς, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα Ελένη Βλαχογιάννη, Κοσμήτορα και Καθηγήτρια της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., πρώτα από όλα για τις γνώσεις και τα εφόδια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Σαφώς, θα ήθελα να την ευχαριστήσω και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου ένα τόσο ενδιαφέρον και πολυεπίπεδο θέμα, το οποίο αποτέλεσε αφορμή να ανακαλύψω νέα πεδία γνώσης και να εμβαθύνω περαιτέρω στο αντικείμενο του Συγκοινωνιολόγου Μηχανικού.

Δεν θα μπορούσα να μην εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ και στην κα Κατερίνα Βακρινού, υποψήφια Διδάκτορα Ε.Μ.Π., για τη διαρκή καθοδήγησή της σε κάθε βήμα της παρούσας εργασίας. Για τις αμέτρητες συναντήσεις, τα άπειρα μηνύματα, τις πολύτιμες παρατηρήσεις και τη συνεχή διάθεσή της να βοηθήσει, της εκφράζω την απεριόριστη ευγνωμοσύνη μου.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω την οικογένειά μου. Ευχαριστώ τους γονείς μου, Γενοβέφα και Βασίλη, για τις συμβουλές και τα εφόδια που μου παρείχαν, καθώς και την αδερφή μου, Φοίβη, που στάθηκε πάντα στο πλάι μου.

Στο ίδιο πνεύμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους αγαπητούς φίλους μου. Οφείλω ένα ευχαριστώ στα «παιδιά» μου, Μάρω, Μαρία, Ειρηλένα και Αντώνη, και τους υπόλοιπους συμφοιτητές μου για τις πολλές όμορφες στιγμές που περάσαμε μαζί αυτά τα πέντε χρόνια. Θέλω να ευχαριστήσω την Τάνια, τον Ιωσήφ, την Ειρήνη και τον Γουίλιαμ για την αδιάκοπη υποστήριξη και τη θετική τους παρότρυνση σε κάθε βήμα της πορείας μου. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Γιώργο που με ενθάρρυνε να στοχεύω ψηλά και με τις συμβουλές του βοήθησε στην ολοκλήρωση της Διπλωματικής Εργασίας – τον ευχαριστώ θερμά και για αυτό.

Νικηφόρος Σπηλιωτόπουλος

Αθήνα, Οκτώβριος 2025

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: ΝΙΚΗΦΟΡΟΣ Β. ΣΠΗΛΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΕΛΕΝΗ Ι. ΒΛΑΧΟΓΙΑΝΝΗ

ΣΥΝΟΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την αποδοχή και τη δυνητική αποτελεσματικότητα της πολιτικής των Περιμετρικών Σταθμών Στάθμευσης, η οποία αφορά στη δημιουργία σταθμών που θα βρίσκονται περιμετρικά του κύριου αστικού ιστού και θα εξυπηρετούν αποκλειστικά κατοίκους έναντι ενός μηνιαίου ποσού. Για αυτόν τον σκοπό, αναπτύσσεται μεθοδολογία που βασίζεται σε συλλογή δεδομένων από κατοίκους του κέντρου και της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας μέσα από έρευνα δηλωμένων προτιμήσεων και μοντελοποίηση των προτιμήσεων με χρήση οικονομετρικού μοντέλου κατηγοριοποίησης (Διαδικού Λογιστικού Μοντέλου) και μοντέλων μηχανικής μάθησης (Decision Tree, Random Forest, XGBoost). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι σημαντικότερες παράμετροι αποδοχής και αποτελεσματικότητας είναι ο χρόνος αναζήτησης και η απόσταση της στάθμευσης από τον προορισμό, καθώς και το κόστος της θέσης του περιμετρικού σταθμού. Επίσης, χαρακτηριστικά των οδηγών, όπως η ηλικία, το εισόδημα, η χρήση βιώσιμων μέσων κινητικότητας, η συχνότητα χρήσης του Ι.Χ., αλλά και η μέση απόσταση στάθμευσης κρίθηκαν σημαντικά. Τέλος, διαμορφώνονται προτάσεις εφαρμογής του μέτρου, λαμβάνοντας υπόψη τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά για τους κατοίκους. Η παρούσα έρευνα συμβάλλει στη διαμόρφωση πολιτικών στάθμευσης που προωθούν τη μετάβαση σε ένα πιο λειτουργικό και περιβαλλοντικά φιλικό αστικό τοπίο, βελτιώνοντας το βιωτικό επίπεδο των πολιτών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Στάθμευση Κατοίκων, Περιμετρικοί Σταθμοί, Σενάρια Δηλωμένης Προτίμησης, Διαδικό Λογιστικό Μοντέλο, Μοντέλα Μηχανικής Μάθησης

ACCEPTANCE OF PARKING AT PERIPHERAL PARKING FACILITIES IN THE CITY OF ATHENS

AUTHOR: NIKIFOROS V. SPILIOTOPOULOS

SUPERVISING PROFESSOR: ELENI I. VLAHOGIANNI

ABSTRACT

This diploma thesis examines the acceptance and effectiveness of the policy of Peripheral Parking Facilities, which involves the development of facilities around the main urban core, intended exclusively for residents through a monthly subscription scheme. For this, a methodology for collecting and analyzing the parking preferences of citizens is developed based on stated preference research, which was focused on residents of central Athens and the Athens urban area, and modeling the preferences using an econometric classification model (Binary Logit Model) and Machine Learning Models (Decision Tree, Random Forest, XGBoost). The results indicated that the most significant variables affecting acceptance and effectiveness are cruising time, parking distance, as well as the subscription cost to the peripheral facility. In addition, driver features, such as age, income, use of sustainable transport modes, car use frequency, and mean parking distance were found to be important. Finally, policy implementation scenarios were developed, considering the most significant features for residents. This research contributes to the development of parking policies that promote a transition toward a more functional and environmentally friendly urban environment, improving citizens' quality of life.

Keywords: Residential Parking, Peripheral Parking Facilities, Stated Preference Scenarios, Binary Logit Model, Machine Learning Models

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ραγδαία αύξηση του αριθμού των οχημάτων ανά κάτοικο τις τελευταίες δεκαετίες έχει αλλάξει τον αστικό χώρο ριζικά. Λαμβάνοντας υπόψη τις επιπτώσεις που έχει η στάθμευση στην κινητικότητα και τον δημόσιο χώρο της πόλης, γίνεται σαφές ότι η διαχείριση της στάθμευσης είναι σημαντική παράμετρος της ποιότητας ζωής των κατοίκων. Η αναζήτηση στάθμευσης δημιουργεί συνθήκες συμφόρησης και επιδεινώνει την ποιότητα του αέρα. Ειδικά σε πυκνά δομημένες πόλεις, όπου ο δημόσιος χώρος είναι ελάχιστος, ο χώρος που αποδίδεται στη στάθμευση επί της οδού πρέπει να είναι συμβατός με τον χώρο που αποδίδεται και στους υπόλοιπους κατοίκους. Πρέπει, λοιπόν, να βρεθούν προτάσεις πολιτικής που θα μπορούν να εξισορροπούν το δικαίωμα του οδηγού στη στάθμευση και το δικαίωμα του πολίτη στον δημόσιο χώρο.

Μέσω της βιβλιογραφίας συγκεντρώνονται τα χαρακτηριστικά που φαίνεται ότι επηρεάζουν την επιλογή στάθμευσης και εμπλουτίζονται με άλλα χαρακτηριστικά που θεωρείται ότι θα παίζουν σημαντικό ρόλο στην προτεινόμενη πολιτική. Ερευνάται για ποια χαρακτηριστικά στάθμευσης (χρόνος αναζήτησης, κόστος και απόσταση) οι οδηγοί επιλέγουν τύπο στάθμευσης και ποιες κοινωνικές, οικονομικές και γενικότερα δημογραφικές ομάδες είναι πιο φιλικές προς το προτεινόμενο μέτρο.

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η ανάλυση της αποδοχής και της αποτελεσματικότητας μίας προτεινόμενης πολιτικής στάθμευσης, η εξέταση των παραμέτρων υπό τις οποίες θα μπορούσε να εφαρμοστεί και η διερεύνηση προτάσεων εφαρμογής της πολιτικής βάσει των αποτελεσμάτων. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία προτείνεται η πολιτική των Περιμετρικών Σταθμών Στάθμευσης. Η συγκεκριμένη πολιτική αφορά στη δημιουργία σταθμών στάθμευσης εκτός οδού περιμετρικά του κύριου αστικού ιστού, από τον οποίο θα εξυπηρετούνται αποκλειστικά και μόνο κάτοικοι με ένα μηνιαίο αντίτιμο. Η διερεύνηση της πολιτικής επιλέγεται να γίνει μέσω μοντέλων κατηγοριοποίησης, τα οποία λαμβάνουν δεδομένα από απαντήσεις κατοίκων σε ερωτηματολόγιο.

Αρχικά, αναπτύσσεται ένα Δυναμικό Λογιστικό Μοντέλο και τα κατάλληλα διαμορφωμένα δεδομένα των ερωτηματολογίων εισάγονται σε αυτό. Διάφορες μεταβλητές αφαιρούνται από το μοντέλο με τη μέθοδο της οπισθόδρομης εξάλειψης χρησιμοποιώντας κριτήρια πρόβλεψης και σημαντικότητας. Το μοντέλο εκπαιδεύεται και προβλέπει με καλή απόδοση (ορθότητα 68.1%) τη συμπεριφορά των οδηγών. Έτσι, συγκεντρώνονται οι μεταβλητές που παίζουν το σημαντικότερο ρόλο στην επιλογή στάθμευσης. Μέσω των συντελεστών του λογιστικού μοντέλου υπολογίζεται η αξία του χρόνου και της απόστασης σύμφωνα με το δείγμα.

Έπειτα, αναπτύσσονται τρία Μοντέλα Μηχανικής Μάθησης (Decision Tree, Random Forest, XGBoost), τα οποία εκπαιδεύονται από τη βάση δεδομένων. Με την αφαίρεση μεταβλητών μικρής σημαντικότητας, συγκεντρώνονται πάλι τα χαρακτηριστικά που είναι καίρια για την επιλογή τύπου στάθμευσης. Καλύτερη απόδοση από τα τρία Μοντέλα Μηχανικής Μάθησης φτάνει το XGBoost με ορθότητα 74.7%, ακολουθούμενο από το Random Forest με ορθότητα 72.1%. Γενικά όλα τα μοντέλα παρουσιάζουν ισορροπία ανάμεσα στις δύο εναλλακτικές, με F-1 score άνω ή κοντά στο 0.7.

Συγκρίνοντας τα μοντέλα, φαίνεται ότι το καλύτερο μοντέλο μηχανικής μάθησης (XGBoost) έχει πολύ καλύτερη απόδοση από το Δυναμικό Λογιστικό και μπορεί να προβλέψει ορθότερα τη συμπεριφορά των οδηγών. Προκύπτει, επίσης, ότι τα μοντέλα θεωρούν σημαντικές τις ίδιες σχεδόν μεταβλητές, το οποίο ενισχύει την ασφάλεια των αποτελεσμάτων. Ο χρόνος αναζήτησης και το κόστος στάθμευσης κρίνονται και στα δύο μοντέλα οι σημαντικότερες παράμετροι για την επιλογή στάθμευσης και δευτερευόντως η απόσταση της θέσης από την κατοικία. Πολύ σημαντικές παράμετροι κρίνονται και η ηλικία και το εισόδημα του οδηγού, αλλά και χαρακτηριστικά που αφορούν την καθημερινή του κίνηση. Η χρήση βιώσιμων μέσων κινητικότητας, η συχνότητα χρήσης του οχήματός του και η μέση απόσταση της θέσης από την κατοικία του προκύπτουν ως εξαιρετικά σημαντικά χαρακτηριστικά, όπως και η προτίμηση του οδηγού σε τύπο στάθμευσης.

Βάσει των αποτελεσμάτων της έρευνας, εντοπίζονται οι περιοχές που θα μπορούσε δυνητικά να εφαρμοστεί η πολιτική. Οι περιοχές αυτές συγκεντρώνουν υψηλές τιμές κορεσμού στάθμευσης και σε αυτές κατοικούν πληθυσμιακές ομάδες που βάσει της έρευνας είναι πιο φιλικές προς το μέτρο. Χαρτογραφούνται, συνεπώς, οι χώροι που θα μπορούσαν να μετατραπούν σε περιμετρικούς σταθμούς, με προτίμηση να είναι κοντά σε Μ.Μ.Μ., σύμφωνα με τις υποδείξεις της έρευνας. Επίσης, προτείνονται και άλλοι χώροι που θα μπορούσαν να κατασκευαστούν σταθμοί. Τέλος, υπολογίζονται τα οφέλη που θα μπορούσε να έχει η πολιτική σε μία γειτονιά της Αθήνας και οι πιθανοί τρόποι αξιοποίησης του δημόσιου χώρου.

Από την παρούσα εργασία προκύπτουν πολλές προτάσεις για περαιτέρω έρευνα. Η εύρεση της βέλτιστης τιμής μίας θέσης σε περιμετρικό σταθμό, η ενσωμάτωση ετερογένειας στις προτιμήσεις των χρηστών, η διερεύνηση των κυκλοφοριακών επιπτώσεων από την υλοποίηση του μέτρου είναι δυνητικά πεδία έρευνας για το μέλλον. Επίσης, η παρούσα μεθοδολογία μπορεί να επεκταθεί και στη διερεύνηση πολιτικών στάθμευσης για επισκέπτες (δυναμική, προοδευτική τιμολόγηση) ή μεικτών πολιτικών διαχείρισης στάθμευσης για επισκέπτες και κατοίκους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....	11
1.1 Γενικά.....	11
1.2 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας.....	12
1.3 Διάρθρωση Διπλωματικής Εργασίας.....	12
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	13
2.1 Αναζήτηση Ελεύθερης Θέσης Στάθμευσης και Συμφόρηση.....	13
2.2 Προσφορά Στάθμευσης σε Αστικά Δίκτυα και Διάχυση Στάθμευσης.....	15
2.3 Επιρροή Περιορισμών Στάθμευσης στην Ελκυστικότητα Μέσου.....	15
2.4 Πολιτικές Διαχείρισης Στάθμευσης για Κάτοικους.....	17
2.4.1 Άδεια Στάθμευσης Κατοίκων.....	18
2.4.2 Ζώνες Οφέλους Στάθμευσης.....	19
2.4.3 Πολιτικές Κλειστών Χώρων Στάθμευσης.....	19
2.5 Αποδοχή Πολιτικών Στάθμευσης.....	20
2.5.1 Μοντελοποίηση Αποδοχής Μέτρων και Προθυμία Πληρωμής.....	21
2.6 Συμπεράσματα Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης.....	22
3. Μεθοδολογική Προσέγγιση.....	24
3.1 Ροή Εργασιών.....	24
3.2 Διατύπωση Προβλήματος και Παραμέτρων.....	25
3.2.1 Έρευνες Ερωτηματολογίων σε Συγκοινωνιακά Προβλήματα.....	25
3.2.2 Σενάρια Δηλωμένης Προτίμησης.....	26
3.3 Κωδικοποίηση Ερωτηματολογίων.....	27
3.4 Ανάπτυξη Μοντέλων.....	28
3.4.1 Οικονομετρικά Μοντέλα.....	28
3.4.2 Μοντέλα Μηχανικής Μάθησης.....	31
3.4.3 Μέτρα Απόδοσης και Προσαρμογής.....	35
4. Εφαρμογή και Αποτελέσματα.....	38
4.1 Διαμόρφωση Ερωτηματολογίων.....	38
4.1.1 Διαμόρφωση Σεναρίων Δεδηλωμένης Προτίμησης.....	38
4.1.2 Διαμοιρασμός και Συγκέντρωση Δεδομένων.....	39
4.2 Προεπεξεργασία Δεδομένων.....	39
4.2.1 Στατιστικοί Έλεγχοι – Αντιπροσωπευτικότητα Δείγματος.....	39
4.2.2 Επεξηγηματική Ανάλυση Δεδομένων.....	40
4.2.3 Κωδικοποίηση και Καθαρισμός Δεδομένων.....	53

4.2.4 Προετοιμασία Δεδομένων.....	54
4.3 Οικονομετρικό Μοντέλο	55
4.3.1 Έλεγχοι Μεταβλητών.....	55
4.3.2 Μηχανική Χαρακτηριστικών και Αφαίρεση Μεταβλητών	57
4.3.3 Διάρθρωση σε Σύνολα και Κλιμάκωση	58
4.3.4 Ανάπτυξη Δυναμικού Λογιστικού Μοντέλου	59
4.3.5 Τελικό Μοντέλο	61
4.3.6 Ανάλυση Μεταβλητών	63
4.3.7 Διάθεση Πληρωμής και Αξία Χρόνου και Απόστασης.....	65
4.4 Μοντέλα Μηχανικής Μάθησης.....	66
4.4.1 Έλεγχοι Μεταβλητών και Μηχανική Χαρακτηριστικών	66
4.4.2 Διάρθρωση σε Σύνολα και Κλιμάκωση	68
4.4.3 Ανάπτυξη Μοντέλων Μηχανικής Μάθησης.....	68
4.4.4 Τελικό Μοντέλο (XGBoost).....	70
4.4.5 Ανάλυση Μεταβλητών	72
4.5 Σύγκριση Μοντέλων	77
4.5.1 Σύγκριση Απόδοσης Μοντέλων.....	77
4.5.2 Σύγκριση Μεταβλητών	78
5. Διαμόρφωση Πολιτικής	81
5.1 Χωρική Ιεράρχηση Πιθανών Περιοχών Παρέμβασης	81
5.2 Προτάσεις Εφαρμογής.....	84
5.2.1 Αναμενόμενα Οφέλη και Προκλήσεις Υλοποίησης.....	87
6. Συμπεράσματα.....	90
6.1 Βασικά Συμπεράσματα	90
6.2 Εισηγήσεις για περαιτέρω Έρευνα	91
7. Βιβλιογραφία	93
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - Ερωτηματολόγιο	100
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - Στατιστικά Δεδομένα	104
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ - Αντιστοίχιση Μεταβλητών και Μοντέλα	105
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ - Χωρική Κατανομή Δημογραφικών Ομάδων Στην Αθήνα.....	115

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Ροή εργασιών.....	24
Διάγραμμα 2: Καμπύλη ROC	36
Διάγραμμα 3: Κάτοικοι κέντρου.....	41
Διάγραμμα 4: Πιο χρησιμοποιούμενο μέσο μετακίνησης	41
Διάγραμμα 5: Κατανομή χρήσης μέσων μετακίνησης ανά ηλικία και κατοικία	42
Διάγραμμα 6: Κατανομή χρήσης μέσων μετακίνησης ανά εισόδημα και κατοικία	43
Διάγραμμα 7: Συχνότητα χρήσης οχήματος και Μέση απόσταση στάθμευσης.....	44
Διάγραμμα 8: Μέσος χρόνος αναζήτησης και Μέσο ημερήσιο κόστος στάθμευσης	44
Διάγραμμα 9: Προτιμητέος τύπος στάθμευσης και λόγος προτίμησης	45
Διάγραμμα 10: Κατά δήλωση μηνιαίο κόστος για αλλαγή σε εκτός οδού	46
Διάγραμμα 11: Αποδοχή πολιτικής.....	47
Διάγραμμα 12: Χαρακτηριστικά βελτίωσης αποδοχής μέτρου.....	47
Διάγραμμα 13: Τρόποι αξιοποίησης ελεύθερου χώρου.....	48
Διάγραμμα 14: Σενάρια Δηλωμένης Προτίμησης	49
Διάγραμμα 15: Φύλο	50
Διάγραμμα 16: Ηλικία	50
Διάγραμμα 17: Εισόδημα και Απασχόληση	51
Διάγραμμα 18: Μέγεθος νοικοκυριού	51
Διάγραμμα 19: Επίπεδο εκπαίδευσης	52
Διάγραμμα 20: Ιδιοκτησία οχήματος.....	52
Διάγραμμα 21: Είδος οχήματος και Αριθμός οχημάτων ανά νοικοκυριό	53
Διάγραμμα 22: Έλεγχος πολυσυγγραμμικότητας Δυναμικού Λογιστικού Μοντέλου	56
Διάγραμμα 23: Έλεγχος συσχετίσεων Pearson	57
Διάγραμμα 24: Αλγόριθμος αφαίρεσης μεταβλητών Δυναμικού Λογιστικού Μοντέλου.....	60
Διάγραμμα 25: Καμπύλη ROC Δυναμικού Λογιστικού Μοντέλου	62
Διάγραμμα 26: Έλεγχος πολυσυγγραμμικότητας Μοντέλου XGBoost.....	67
Διάγραμμα 27: Καμπύλη ROC Μοντέλου XGBoost.....	71
Διάγραμμα 28: Κατανομή μεταβλητών ανά τιμή Σημαντικότητας κατά Permutation και SHAP	73
Διάγραμμα 29: Απόλυτες τιμές SHAP και τιμές Σημαντικότητας (Permutation)	74
Διάγραμμα 30: Τιμές SHAP	75
Διάγραμμα Γ.1: Καμπύλες ROC Μοντέλων.....	106
Διάγραμμα Γ.2: SHAP values Decision Tree	107
Διάγραμμα Γ.3: SHAP values Random Forest.....	108
Διάγραμμα Γ.4: SHAP values XGBoost	109
Διάγραμμα Γ.5: Απόλυτες SHAP Decision Tree.....	110
Διάγραμμα Γ.6: Απόλυτες SHAP Random Forest	111
Διάγραμμα Γ.7: Απόλυτες SHAP XGBoost	112

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Παράδειγμα εναλλακτικών για μοντέλου ιεραρχικού προτύπου	30
Πίνακας 2: Μητρώο σύγχυσης.....	35
Πίνακας 3: Μεταβλητές και επίπεδα σεναρίων	38
Πίνακας 4: Τυπικό σενάριο	39
Πίνακας 5: Αποτελέσματα ελεύγχου αντιπροσωπευτικότητας δείγματος	40
Πίνακας 6: Μεταβλητές που δεν συνυπολογίστηκαν στη διαμόρφωση των μοντέλων ...	55
Πίνακας 7: Αρχικές μεταβλητές Δυαδικού Λογιστικού Μοντέλου	58
Πίνακας 8: Αποτελέσματα Δυαδικού Λογιστικού Μοντέλου.....	61
Πίνακας 9: Μέτρα προσαρμογής και απόδοσης Δυαδικού Λογιστικού Μοντέλου.....	62
Πίνακας 10: Μητρώο σύγχυσης συνόλου εκπαίδευσης Δυαδικού Λογιστικού Μοντέλου .	63
Πίνακας 11: Μητρώο σύγχυσης συνόλου δοκιμής Δυαδικού Λογιστικού Μοντέλου	63
Πίνακας 12: Τελικές μεταβλητές Δυαδικού Λογιστικού Μοντέλου	65
Πίνακας 13: Αρχικές μεταβλητές Μοντέλων Μηχανικής Μάθησης.....	68
Πίνακας 14: Grid search Decision Tree	69
Πίνακας 15: Grid search Random Forest.....	69
Πίνακας 16: Grid search XGBoost.....	69
Πίνακας 17: Καλύτερες υπερπαραμετροί XGBoost.....	70
Πίνακας 18: Μητρώο σύγχυσης συνόλου εκπαίδευσης XGBoost.....	71
Πίνακας 19: Μητρώο σύγχυσης συνόλου δοκιμής XGBoost	71
Πίνακας 20: Αναφορά κατηγοριοποίησης συνόλου εκπαίδευσης XGBoost.....	72
Πίνακας 21: Αναφορά κατηγοριοποίησης συνόλου δοκιμής XGBoost	72
Πίνακας 22: Τελικές μεταβλητές XGBoost	77
Πίνακας 23: Μέτρα απόδοσης μοντέλων.....	78
Πίνακας 24: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μοντέλων	79
Πίνακας 25: Ευνοϊκές παράμετροι για την εφαρμογή του μέτρου ανά περιοχή.....	84
Πίνακας 26: Μεγάλοι χώροι στάθμευσης πλησίον κορεσμένων περιοχών	85

Πίνακας Β.1: Στατιστικά Δεδομένα Περιφέρειας Αττικής (Μόνιμος Πληθυσμός - ELSTAT, 2021)	104
Πίνακας Γ.1: Αντιστοίχιση δυαδικών και ιεραρχικών μεταβλητών.....	105
Πίνακας Γ.2: Καλύτερες υπερπαραμετροί Μοντέλων Μηχανικής Μάθησης.....	106
Πίνακας Γ.3: Μητρώο σύγχυσης Μοντέλων Μηχανικής Μάθησης.....	113
Πίνακας Γ.4: Αναφορές κατηγοριοποίησης Μοντέλων Μηχανικής Μάθησης	114

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Περιοχές με πρόβλημα στάθμευσης	82
Εικόνα 2: Σταθμοί Μ.Μ.Μ. που εξυπηρετούν τις περιοχές ενδιαφέροντος	83
Εικόνα 3: Χαρτογράφηση μεγάλων στάθμευσης πλησίον κορεσμένων περιοχών	86
Εικόνα 4: Χαρτογράφηση πιθανών νέων περιοχών για κατασκευή σταθμών	87
Εικόνα 5: Περιοχή παρέμβασης Αμπελοκήπων	88

Εικόνα Α.1: Έντυπο ερωτηματολόγιο έρευνας	103
Εικόνα Δ.1: Νοικοκυριά Βάσει αριθμού οχημάτων	115
Εικόνα Δ.2: Κάτοικοι ηλικιών 15-34	116
Εικόνα Δ.3: Κάτοικοι βάσει επιπέδου εκπαίδευσης	117
Εικόνα Δ.4: Τύποι νοικοκυριών (βάσει αριθμού μελών)	118

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η στάθμευση αποτελεί το 95% της ζωής ενός οχήματος, ενώ ένα μέσο όχημα καταλαμβάνει περίπου 13 τετραγωνικά μέτρα χώρου όταν είναι σταθμευμένο (Shour, 2005). Συνεπώς, η διαχείριση της στάθμευσης αποτελεί βασικό παράγοντα διαχείρισης του χώρου και του συστήματος μετακινήσεων στις πόλεις, όπου τα συμφέροντα των διάφορων χρηστών είναι αντικρουόμενα. Κάθε μεταβολή, ως εκ τούτου, στην οργάνωση της στάθμευσης θα πρέπει να διερευνάται διεξοδικά ώστε να είναι ανάλογη των επιθυμιών όλων των πολιτών και να αποφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Το 1968 ο περιβαλλοντολόγος και μικροβιολόγος Garrett Hardin αναφέρεται μέσω ενός άρθρου του στο περιοδικό *Science* στη θεωρία της «Τραγωδίας των Κοινών». Όταν πολλοί άνθρωποι έχουν πρόσβαση σε έναν ελεύθερο, αλλά πεπερασμένο πόρο, τείνουν τελικά να τον υπερεκμεταλλεύονται και να καταστρέψουν την αξία του (Hardin, 1968). Ορίζοντας την παρόδια στάθμευση ως κατάληψη δημόσιου χώρου για την προσωρινή -ή μη- παραμονή οχήματος, γίνεται αντιληπτό ότι και ο χώρος στάθμευσης είναι ένας κοινός πόρος. Όπως ακριβώς στην «Τραγωδία των Κοινών», όταν κάθε οδηγός ενεργεί με γνώμονα το προσωπικό του συμφέρον, αναζητώντας δωρεάν και βολική στάθμευση χωρίς να λαμβάνει υπόψη τις ανάγκες των άλλων, το σύστημα καταλήγει σε συμφόρηση, αναρχία και τελικά υποβάθμιση της ποιότητας ζωής (Shour, 2005). Ο κορεσμός του συστήματος παρόδιας στάθμευσης οδηγεί στη μείωση της προσβασιμότητας, εμποδίζει τα μέσα μαζικής μεταφοράς, περιορίζει τους χώρους που εξυπηρετούν τους πεζούς και συντελεί στην αισθητική και περιβαλλοντική υποβάθμιση (Shour, 2005). Άλλωστε, η προσβασιμότητα στην Αθήνα είναι ήδη πολύ περιορισμένη λόγω του εκτενούς χώρου που καταλαμβάνει η παράνομη παρόδια στάθμευση, αφού υπολογίζεται ότι το 45% των παρόδιων θέσεων εντός δακτυλίου τις ώρες αιχμής είναι παράνομες βάσει της μελέτης ανάπτυξης του Μετρό (Νάθενας et al., 2007). Κάτι τέτοιο δυσχεραίνει τη ζωή όλων των πολιτών, πόσο μάλλον όσων αντιμετωπίζουν κινητικά προβλήματα. Συνεπώς, πρέπει να δημιουργηθεί μία ενιαία πολιτική η οποία θα αποβλέπει στη μείωση της ζήτησης για παρόδια στάθμευση, ώστε ο κατειλημμένος χώρος να μπορεί να αποδοθεί σε όλους τους πολίτες.

Σε πόλεις, όπως η Αθήνα, όπου ο χώρος είναι αρκετά περιορισμένος, κάθε τετραγωνικό δημόσιου χώρου που καταλαμβάνει κάποιος, γίνεται αισθητό έμμεσα ή άμεσα ως έλλειψη από τους υπόλοιπους. Ο δημόσιος χώρος που καταλαμβάνεται από σταθμευμένα οχήματα θα μπορούσε να αποδοθεί σε χρήσεις που θα αφορούσαν το σύνολο των κατοίκων, όπως σε ποδηλατοδρόμους, μεγαλύτερα πεζοδρόμια κ.α. Κάτι τέτοιο έχει φανεί ότι βελτιώνει αισθητά και την αποδοχή των πολιτικών στάθμευσης (Kirschner & Lanzendorf, 2020). Σε ένα τυπικό οικοδομικό τετράγωνο μίας αστικής συνοικίας μένουν περίπου 200 άνθρωποι κατανεμημένοι σε περίπου 100 νοικοκυριά, βάσει στοιχείων της ΕΛΣΤΑΤ. Σύμφωνα με τα ίδια στοιχεία, αντιστοιχούν περίπου 0.6 οχήματα ανά νοικοκυριό στον Κεντρικό Τομέα Αθήνας, ή αλλιώς ένας στους τρεις κατοίκους της περιοχής έχει όχημα (ELSTAT, 2021). Ο χώρος για παρόδια στάθμευση, από την άλλη, αποτελεί το 10% περίπου του συνολικού χώρου που καταλαμβάνει ένα οικοδομικό τετράγωνο με τις οδούς που το περιβάλλουν. Σε μία πόλη, όπου ο δημόσιος χώρος που αποδίδεται στους πεζούς,

τα μέσα μικροκινητικότητας και τα Μ.Μ.Μ. είναι τόσο περιορισμένος, είναι παράλογη η διάθεση του 10% της συνολικής γης της πόλης αποκλειστικά σε όσους κατέχουν όχημα.

Η στάθμευση των κατοίκων αστικών περιοχών επηρεάζει σημαντικά την κατοχή οχήματος και τη χρήση του από τα νοικοκυριά (Antonson et al., 2017; Christiansen, Fearnley, et al., 2017). Άρα, είναι και από τους βασικότερους παράγοντες στη διαχείριση της αστικής κινητικότητας (Kirschner & Lanzendorf, 2020). Η έλλειψη θέσεων στάθμευσης για κατοίκους σε ένα κορεσμένο σύστημα στάθμευσης προκαλεί μεγάλη αύξηση του χρόνου αναζήτησης, ειδικά τις ώρες αιχμής. Η αναζήτηση στάθμευσης αποτελεί μεγάλο μέρος της κυκλοφορίας σε πολλές γειτονιές, με τα οχήματα που αναζητούν στάθμευση να φτάνουν έως και το 74% της συνολικής κυκλοφορίας σε ορισμένες πόλεις. Οι χρόνοι αναζήτησης στάθμευσης μηδενίζονται σε πληρότητα περίπου 7/8 και άρα σε αυτό το επίπεδο μηδενίζεται και η συνεισφορά της στάθμευσης στην αύξηση της συμφόρησης (Shour, 2006). Με την αύξηση της συμφόρησης υποβαθμίζεται και η ποιότητα ζωής των κατοίκων. Όσο αυξάνεται η συμφόρηση εντός αστικών περιοχών, τόσο αυξάνεται η συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου, τα οποία επιβαρύνουν ιδιαίτερα και την υγεία τους (Levy et al., 2010).

Ως εκ τούτου, η εύρεση και η εξέλιξη καινοτόμων πολιτικών μέσα από την ακαδημαϊκή έρευνα μπορεί να αποβεί ιδιαίτερη χρήσιμη για τις αστικές κοινωνίες που τόσο πολύ επηρεάζονται από το ζήτημα της στάθμευσης. Κάθε πόλη είναι ιδιαίτερη και για αυτό μία πολιτική στάθμευσης για να γίνει αποδεκτή και αποτελεσματική πρέπει να λαμβάνει υπόψη τους χωρικούς, κοινωνικούς και οικονομικούς περιορισμούς που υπάρχουν.

1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία θα επικεντρωθεί στην ανάλυση της αποδοχής από κατοίκους πόλεων της πολιτικής των Περιμετρικών Σταθμών Στάθμευσης, δηλαδή σε κλειστούς σταθμούς στάθμευσης περιμετρικά αστικών γειτονιών, όπου οι κάτοικοι των κοντινών περιοχών θα μπορούν έναντι συνδρομής να σταθμεύουν το όχημα τους. Θα εξεταστεί υπό ποιες συνθήκες είναι κάτι τέτοιο αποδεκτό και με ποιο κίνητρο. Στόχος της εν λόγω πολιτικής είναι η αποσυμφόρηση των οδών των αστικών γειτονιών και η απόδοση μέρους του χώρου που καταλαμβάνει η παρόδια στάθμευση στη βελτίωση της αστικής κινητικότητας και τη μείωση της χρήσης του Ι.Χ. για μετακινήσεις εντός τη πόλης.

1.3 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία ξεκινάει με βιβλιογραφική ανασκόπηση για ζητήματα στάθμευσης, επικεντρωμένη σε θέματα αναζήτησης στάθμευσης και πολιτικών στάθμευσης (Κεφάλαιο 2). Έπειτα, αναλύονται ζητήματα μεθοδολογικής προσέγγισης, δηλαδή θέματα εύρεσης δεδομένων και δημιουργίας μοντέλων, τα οποία καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η έρευνα (Κεφάλαιο 3). Ακολουθεί η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας και παρουσιάζονται τα ευρήματα της ανάλυσης (Κεφάλαιο 4). Αξιοποιώντας τα δεδομένα αυτά, διαμορφώνεται μία προτεινόμενη πολιτική, η οποία θα μπορούσε να εφαρμοστεί στην Αθήνα (Κεφάλαιο 5). Καταλήγοντας, υπάρχουν κάποια γενικά συμπεράσματα της Διπλωματικής Εργασίας και συζήτηση γύρω από τα ευρήματα (Κεφάλαιο 6).

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η βιβλιογραφία πάνω στην οποία βασίστηκε η έρευνα της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Συγκεκριμένα, θα εξηγηθεί ο μηχανισμός αναζήτησης ελεύθερης θέσης στάθμευσης, η ισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης στάθμευσης και η επιρροή των περιορισμών στάθμευσης στην ελκυστικότητα μέσου. Έπειτα, θα αναλυθούν οι πολιτικές διαχείρισης της στάθμευσης κατοίκων, όσον αφορά τους στόχους τους και τα αποτελέσματά τους, όπου θα παρουσιαστούν και κάποια συγκεκριμένα παραδείγματα.

2.1 ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΘΕΣΗΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗ

Βάσει της έρευνας που πραγματοποιήθηκε από τον D. Shoup (2006) σε 11 μεγάλες πόλεις, η αναζήτηση στάθμευσης αποτελεί το 8 με το 74% (μέσος όρος 34%) της συνολικής κίνησης οχημάτων στους δρόμους για μέσους χρόνους αναζήτησης που κυμαίνονται από 3.5 μέχρι 14 λεπτά (μέσος όρος 8 λεπτά). Παρόλο που στις περισσότερες και πιο κορεσμένες οδικές αρτηρίες τα οχήματα που αναζητούν στάθμευση είναι σχεδόν μηδενικά, σε αρκετές αστικές οδούς για κάποιες περιόδους της ημέρας, όλη η κίνηση οφείλεται στην αναζήτηση θέσης στάθμευσης. Στόχος μίας πετυχημένης πολιτικής στάθμευσης είναι η μείωση του χρόνου αναζήτησης στάθμευσης και συνεπακόλουθα της συμφόρησης.

Η αύξηση του φόρτου των οχημάτων σε αστικές περιοχές έχει άμεση σχέση με τον χρόνο εύρεσης θέσης στάθμευσης: όσο περισσότερο χρόνο καταναλώνει ένα όχημα, τόσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος της περιοχής (Shoup, 2006). Η μέτρηση του ποσοστού του κυκλοφοριακού φόρτου που αναζητεί στάθμευση μπορεί να γίνει παρατηρώντας πόσα οχήματα περνάνε από μία κενή θέση μέχρι να καταληφθεί. Θέτοντας ως μία παρατήρηση όλα τα οχήματα που διέρχονται μέχρι να καταληφθεί η θέση και διαιρώντας το σύνολο των παρατηρήσεων με το σύνολο όλων των διερχόμενων οχημάτων όλων των παρατηρήσεων μπορεί να εκτιμηθεί το ποσοστό των οχημάτων που αναζητούν στάθμευση (Hampshire & Shoup, 2018). Στη συμφόρηση που προκαλείται από την αναζήτηση στάθμευσης πρέπει να προστεθεί και η επιδείνωση της από τους ελιγμούς των οχημάτων που σταθμεύουν, ειδικά κοντά σε διασταυρώσεις οδών (Yousif & Purnawan, 1999).

Η υποβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος και η επιδείνωση της υγείας των κατοίκων είναι απόλυτα συνυφασμένες με την αστική συμφόρηση. Σύμφωνα με έρευνα σε μία περιοχή 15 οικοδομικών τετραγώνων στο Los Angeles, κατά μέσο όρο διανύονταν 3,600 οχηματομίλια κάθε μέρα για εύρεση στάθμευσης (Shoup, 2005). Η συσώρευση της κυκλοφορίας τόσων οχημάτων σε έναν τόσο μικρό χώρο προφανώς έχει τεράστια επιρροή στην ποιότητα ζωής των κατοίκων και των εργαζομένων της περιοχής, αλλά και στην κυκλοφορία των υπόλοιπων χρηστών της περιοχής, όπως οι ποδηλάτες και οι πεζοί. Όσοι μένουν στις κεντρικές συνοικίες των πόλεων αντιμετωπίζουν συνεχώς το πρόβλημα της κυκλοφοριακής συμφόρησης, ακόμα και όταν δεν είναι μέρος αυτής. Η συμφόρηση σε αστικές περιοχές επιβαρύνει σοβαρά την υγεία των κατοίκων λόγω των καυσίμων και της ηχορύπανσης. Στην έρευνα των Levy et al. (2010) βρέθηκε συσχέτιση της συμφόρησης των αστικών δικτύων με δείκτες πρώιμης θνησιμότητας, λόγω της αύξησης

των σωματιδίων PM_{2.5}, SO₂ και NO_x στην ατμόσφαιρα. Συνεπώς, προκύπτει ότι η ορθή διαχείριση της στάθμευσης αποτελεί και μέτρο προστασίας της δημόσιας υγείας, ειδικά των κατοίκων των πιο επιβαρυνμένων περιοχών.

Οι Van Ommeren et al. (2012) αξιοποιώντας δεδομένα από την Εθνική Έρευνα Μετακινήσεων της Ολλανδίας (MON) του 2005-2007, επέλεξαν μία τυχαία μετακίνηση κάποια συγκεκριμένη μέρα και ρώτησαν τους μετακινούμενους πόσο χρόνο κατανάλωσαν για την αναζήτηση ελεύθερης θέσης στάθμευσης. Η αναμενόμενη υπο- ή υπερεκτίμηση του χρόνου δεν αλλοίωσε την ποιότητα της έρευνας, καθώς χρησιμοποιήθηκε γραμμική παλινδρόμηση και η λανθασμένη εκτίμηση δεν φάνηκε να συνδέεται με τις υπόλοιπες παραμέτρους. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με γραμμικά μοντέλα παλινδρόμησης σταθερών αποτελεσμάτων ανά περιοχή, ώστε να ελεγχθεί η επίδραση των γεωγραφικών χαρακτηριστικών και των τοπικών πολιτικών τιμολόγησης. Συμπεριλήφθηκαν μεταβλητές, όπως το εισόδημα, ο χρόνος μετακίνησης και αναζήτησης στάθμευσης, ο αριθμός επιβαινόντων, το είδος δραστηριότητας και η ώρα άφιξης στον προορισμό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αναζήτηση στάθμευσης είναι ανάλογη της διάρκειας ταξιδιού και της διάρκειας στάθμευσης και αντιστρόφως ανάλογη με το εισόδημα. Εντοπίστηκε, επίσης, μέγιστος χρόνος αναζήτησης τις πρωινές ώρες, υποδεικνύοντας συσχέτιση με την ώρα άφιξης. Συνολικά, δηλαδή, η έρευνα φανερώνει συσχέτιση της αναζήτησης με συγκεκριμένες παραμέτρους και προσφέρει ισχυρές ενδείξεις για τη μη τυχαία αποτελεσματικότητα των πολιτικών στάθμευσης.

Οι Ibeas et al. (2014) επικεντρώθηκαν σε μία άλλη παράμετρο του προβλήματος της στάθμευσης· την ετερογένεια των χρηστών. Αναλύοντας τις απόψεις των οδηγών για τη στάθμευση, βρήκαν ότι το κόμιστρο στάθμευσης και ο χρόνος αναζήτησης θέσης στάθμευσης είναι τυχαίες μεταβλητές. Οι τόσο μεγάλες διαφοροποιήσεις και στο κόστος και στον χρόνο αναζήτησης προφανώς οφείλονται στο ότι ο κάθε παράγοντας δεν έχει την ίδια επίδραση σε κάθε άτομο. Λαμβάνοντας υπόψη την ετερογένεια των οδηγών, αυτοί φαίνεται ότι δίνουν στον χρόνο εύρεσης στάθμευσης μεγαλύτερη σημασία από τον χρόνο πρόσβασης από το σταθμευμένο όχημα στον τελικό προορισμό. Η συγκεκριμένη έρευνα βασίστηκε σε ένα πολυμεταβλητό λογιστικό μοντέλο.

Στην έρευνα των Mantouka et al. (2021), αξιοποιώντας δεδομένα από τις διαδρομές 48,000 οδηγών, συμπεριλαμβανομένων των διαδρομών αναζήτησης στάθμευσης, βρέθηκε η επιρροή της αιχμής, ειδικά της πρωινής, στην αύξηση του χρόνου αναζήτησης, αλλά και των χρήσεων γης και της πληθυσμιακής πυκνότητας. Συγκεκριμένα, στις ζώνες συνεχούς αστικού ιστού παρουσιάζονται μικρότεροι χρόνοι συγκριτικά με εμπορικές ή βιομηχανικές ζώνες, ενώ η μεγάλη πληθυσμιακή πυκνότητα λειτουργεί δυσμενώς. Σε ένα ισορροπημένο σύστημα, οι χρόνοι αναζήτησης μηδενίζονται, καθώς οι οδηγοί μπορούν να βρουν παντού θέση. Αυτό συμβαίνει σε κατάληψη θέσεων ίση με 7/8 (Shoup, 2006). Σε ένα κορεσμένο σύστημα στάθμευσης, όπου όλες οι θέσεις είναι κατειλημμένες ο χρόνος αναζήτησης μπορεί να εκτοξευτεί αναλόγως με πόσα οχήματα ψάχνουν και με τον ρυθμό που αδειάζουν οι θέσεις. Η ισορροπία αυτή, η οποία συνδέεται με την ισορροπία προσφοράς και ζήτησης στάθμευσης, είναι το ζητούμενο κάθε περιοριστικής πολιτικής στάθμευσης.

2.2 ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΣΕ ΑΣΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΥΣΗ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ

Το πρόβλημα του χώρου που καταλαμβάνει η στάθμευση είναι κεντρικό. Αν και ο κατειλημμένος χώρος είναι αρκετά μεγάλος, ο ανταγωνισμός μεταξύ των διάφορων χρηστών για παρόδια ή εκτός οδού στάθμευση είναι αμείωτος. Υπολογίζεται ότι στην Ευρώπη ο συνολικός χώρος που χρησιμοποιείται για στάθμευση είναι ίσος με το μισό της συνολικής έκτασης του Βελγίου (Inci, 2015). Στην εξίσωση πρέπει να προστεθούν και οι υπόλοιποι χρήστες (πεζοί, ποδηλάτες, Μ.Μ.Μ.), οι οποίοι επίσης διεκδικούν μέρος του αστικού χώρου. Κάθε πολιτική στάθμευσης για να είναι επιτυχής πρέπει να μπορεί να εξισορροπεί τη προσφορά και τη ζήτηση στάθμευσης, η οποία συνδέεται με την ιδιοκτησία Ι.Χ., και να μην οδηγεί σε διάχυση της στάθμευσης σε διπλανές περιοχές.

Η προσφορά στάθμευσης φαίνεται να είναι ένας από τους καθοριστικότερους παράγοντες για το σύστημα στάθμευσης μίας πόλης. Στην έρευνα των Antonson et al. (2017) παρατηρείται έντονη μείωση στην ιδιοκτησία οχήματος, και άρα και στη ζήτηση στάθμευσης, σε νοικοκυριά που μετακόμισαν σε περιοχή με λιγότερες θέσεις στάθμευσης, καθώς το 19% των νοικοκυριών στη γειτονιά που αναλύθηκε δήλωσαν μείωση στον αριθμό οχημάτων που κατέχουν. Και η έρευνα των Christiansen, Fearnley, et al. (2017) υποστηρίζει το ίδιο. Η πρόσβαση σε θέση στάθμευσης, είτε εντός της οικίας είτε σε κοινόχρηστο χώρο εκτός οδού, είναι πολύ πιο συχνή στους ιδιοκτήτες οχήματος και σχεδόν βέβαιη σε όσους κατέχουν παραπάνω από 2 οχήματα. Συνεπώς, προκύπτει ότι η προσφορά στάθμευσης καθορίζει σημαντικά τα επίπεδα ιδιοκτησίας Ι.Χ. και συνεπακόλουθα τη ζήτηση στάθμευσης.

Οι Ostermeijer et al. (2022) έδειξαν ότι οι περιορισμοί στάθμευσης σε μεγάλη γεωγραφική περιοχή, δηλαδή σε όλο το Άμστερνταμ, μείωσαν σημαντικά και τη ζήτηση στάθμευσης, αλλά και τη συμφόρηση σε ώρες αιχμής, παράγοντας πολύ σημαντικός για την ποιότητα ζωής των κατοίκων των κέντρων των πόλεων. Πρέπει όμως εδώ να ληφθεί υπόψη το πρόβλημα της διάχυσης της στάθμευσης (spillover). Όταν σε μία περιοχή περιορίζεται η προσφορά στάθμευσης, οι οδηγοί συνήθως προσπαθούν να βρουν θέση σε διπλανές περιοχές. Παράδειγμα αποτελεί η θεωρητική εφαρμογή περιορισμών στάθμευσης σε πανεπιστημιούπολη των ΗΠΑ, όπου οι οδηγοί με την θεωρητική επιβολή περιορισμών δήλωσαν προτίμηση για στάθμευση σε άλλη περιοχή αντί για την αλλαγή μεταφορικών συνηθειών (Yan et al., 2019). Βέβαια, σε έρευνα πραγματικών δεδομένων που έγινε σε κεντρική περιοχή του Όσλο, όπου εφαρμόστηκε περιορισμός (τιμολόγηση) της στάθμευσης για τους εργαζόμενους, η διάχυση στην αρχή ήταν σχετικά αισθητή όμως μετά από περίπου έναν χρόνο περιορίστηκε σημαντικά, καθώς οι περισσότεροι μείωσαν τη χρήση Ι.Χ. και το σύστημα βρέθηκε σε ισορροπία (Christiansen, 2014). Για να περιοριστεί η διάχυση της στάθμευσης έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι, όπως η κατασκευή επιπλέον χώρων εκτός οδού (Shoup, 1995).

2.3 ΕΠΙΡΡΟΗ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΚΥΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΕΣΟΥ

Με την επιβολή περιορισμών στην στάθμευση, χωρικών ή οικονομικών, η επιλογή του Ι.Χ. για τη μετακίνηση γίνεται αυτομάτως δυσκολότερη για τους περισσότερους και πρέπει να ελεγχθεί πόσο πιθανό είναι να αλλάξει ο μετακινούμενος μέσο ή να ματαιώσει τη διαδρομή. Η επιστημονική βιβλιογραφία έχει επικεντρωθεί και στη συμπεριφορά των

επισκεπτών και στις μετακινήσεις των κατοίκων μίας περιοχής. Η ματαίωση της μετακίνησης θεωρείται απαγορευτικός παράγοντας για μία πολιτική στάθμευσης, καθώς ζημιώνεται σοβαρά η τοπική οικονομία, ενώ η αλλαγή σε φιλικότερο προς το περιβάλλον μέσο επιθυμητή.

Στην έρευνα του Feeney (1989) συγκεντρωθήκαν όλα τα μέχρι τότε εμπειρικά στοιχεία που αφορούσαν στην αλλαγή μέσου σε σχέση με την αύξηση του κόστους στάθμευσης. Διαπιστώθηκε ότι σε πόλεις με ανεπτυγμένα δίκτυα αστικών μετακινήσεων μετά την επιβολή περιορισμών στάθμευσης οι εργαζόμενοι στράφηκαν μαζικά προς τα ΜΜΜ, ενώ σε φτωχότερες συγκοινωνιακά πόλεις στον συνεπιβατισμό. Η αλλαγή είναι τόσο απότομη που ο Feeney (1989) κατέληξε ότι η στάθμευση θα μπορούσε να είναι τελικά και ο κυριότερος παράγοντας της επιλογής μέσου μετακίνησης. Το ίδιο φαίνεται ότι επιβεβαιώνεται και στην έρευνα των Gonzalez et al. (2022) όπου διερευνήθηκε η συμπεριφορά των μετακινούμενων στην ευρύτερη μητροπολιτική περιοχή της Μαδρίτης βάσει του κομίστρου στάθμευσης που πληρώνουν. Οι κάτοχοι οικολογικών οχημάτων (ECO ή 0) στο σύστημα ελεγχόμενης στάθμευσης πληρώνουν είτε το μισό είτε δωρεάν κόμιστρο, ενώ οι κάτοχοι της κατηγορίας A (πιο ρυπογόνα οχήματα) πληρώνουν το κόμιστρο επαυξημένο κατά 25%. Οι κάτοχοι οικολογικών είναι 85% λιγότερο πιθανό να μετεπιβιβάζονται από το όχημα τους σε ΜΜΜ από τους κατόχους κατηγορίας A. Επίσης, φαίνεται ότι οι κατηγορίες οδηγών που πληρώνουν χαμηλά κόμιστρα στάθμευσης είναι πιο φοβικοί απέναντι στην επιλογή ΜΜΜ για τις μετακινήσεις τους.

Αναλύοντας ιστορικά στοιχεία και αξιοποιώντας την μεθοδολογία των κριτηρίων Bradford Hill, οι McCahill et al. (2016) έδειξαν ότι η αύξηση των ελάχιστων απαιτούμενων χώρων στάθμευσης από 0.1 σε 0.5 θέσεις στάθμευσης ανά άτομο οδήγησε σε αύξηση της χρήσης Ι.Χ. κατά 30%. Η επιβολή περιορισμών στάθμευσης είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος να μειωθεί η χρήση Ι.Χ., αφού η δωρεάν και επαρκής προσφορά στάθμευσης στην εργασία τετραπλασιάζει τη πιθανότητα να χρησιμοποιήσει ο εργαζόμενος το όχημα του (Christiansen, Engebretsen, et al., 2017). Καθώς οι παραπάνω έρευνες αφορούν εργαζομένους, η ματαίωση της διαδρομής θεωρείται μη πιθανή. Μείωση της χρήσης Ι.Χ. καταγράφεται και σε κατοίκους με δυσκολότερη πρόσβαση σε θέση στάθμευσης, οι οποίοι φαίνεται να στρέφονται προς τα Μ.Μ.Μ. και το περπάτημα (Christiansen, Fearnley, et al., 2017). Στην έρευνα των Antonson et al. (2017), το 25% των νοικοκυριών δήλωσε μείωση χρήσης Ι.Χ. αφού μετακόμισαν σε γειτονιά με λιγότερους χώρους στάθμευσης. Τη στροφή των κατοίκων σε φιλικότερα μέσα και τη μείωση της εξάρτησής τους από το Ι.Χ. μπορεί να βοηθήσει και η αμεσότερη αντίληψη των οφελών του περιορισμού στάθμευσης από τους κατοίκους (Johansson et al., 2017).

Όσον αφορά τη ματαίωση της μετακίνησης, δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι οι περιορισμοί στάθμευσης μπορούν να επιδράσουν στην πραγματοποίηση ή μη της μετακίνησης. Σε έρευνα στο campus Frenchay του University of the West of England, παρατηρήθηκε έντονη αύξηση των χρηστών Μ.Μ.Μ. και μείωση των Ι.Χ. μετά την πρώτη επιβολή μέτρων και οι αρχικοί φόβοι ότι το πανεπιστήμιο θα γίνει λιγότερο ελκυστικό λόγω της απαγόρευσης στάθμευσης δεν επιβεβαιώθηκαν. Επίσης, βρέθηκε ότι οι φοιτητές λόγω της απαγόρευσης στάθμευσης καθυστέρουσαν παραπάνω να αγοράσουν όχημα και να πάρουν δίπλωμα οδήγησης (Melia & Clark, 2018). Στην έρευνα των Christiansen,

Fearnley, et al. (2017) φάνηκε ότι οι κάτοχοι οχήματος κάνουν περίπου ίσες διαδρομές καθημερινά με τους μη έχοντες όχημα και σε σχεδόν ίδια αναλογία ανά σκοπό μετακίνησης. Επιπλέον, δεν φαίνεται να προκύπτει μείωση των μετακινήσεων σε όσους έχουν δυσκολότερη πρόσβαση στο όχημα τους (απόσταση άνω των 50 μέτρων).

2.4 ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΤΟΙΚΟΥΣ

Στις ΗΠΑ του 1950 ξεκινάει οι πρώτες μαζικές προσπάθειες να θεσπιστούν ελάχιστες θέσεις στάθμευσης στα κτίρια και να ενσωματωθεί χωροταξικός σχεδιασμός (zoning) για στάθμευση. Η βιομηχανική και οικονομική ανάπτυξη της εποχής προειδοποιούσε ότι ο χώρος για παρόδια στάθμευση δεν θα επαρκούσε στο μέλλον (Ferguson, 2004; Shoup, 2005). Πρώτη φορά στην ελληνική νομοθεσία συναντάμε υποχρέωση ύπαρξης ελάχιστων χώρων στάθμευσης σε κτίριο, και συγκεκριμένα σε κτίριο κατοικίας, το 1979 (Νόμος 960/1979 - ΦΕΚΑ 194/25.08.1979, 1979). Οι ελάχιστες απαιτήσεις σε αριθμό θέσεων ανά άτομα ή τετραγωνικά και ανά τύπο κτιρίου θα ορίζονταν με προεδρικό διάταγμα. Όλοι οι νόμοι από τότε μέχρι σήμερα που αναφέρονται στη στάθμευση προσπαθούν να επιλύσουν τη συνεχώς αυξανόμενη ύπαρξη οχημάτων στα αστικά κέντρα.

Σε πολλές περιπτώσεις, ειδικά σε αστικά κέντρα με μικρά οικοδομικά τετράγωνα, η ύπαρξη ελάχιστων χώρων στάθμευσης στα κτίρια δεν είναι απαραίτητο ότι δημιουργεί όφελος, καθώς για να μπει το όχημα στη θέση εκτός οδού καταλαμβάνεται παρόδιος χώρος στάθμευσης (Guo & McDonnell, 2013). Έτσι, η ύπαρξη ελάχιστων υποχρεώσεων στάθμευσης μετατρέπεται σε ένα παιχνίδι μηδενικού αθροίσματος (zero sum game), αφού οι κλειστοί χώροι στάθμευσης δεν έχουν πολλές θέσεις. Γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο από τη δεκαετία του 90 ξεκίνησε μία προσπάθεια, καταρχάς ακαδημαϊκή, να διερευνηθεί η μείωση των υποχρεωτικών χώρων στάθμευσης σε κτίρια (parking mandates). Το πρόβλημα του spillover από γραφεία και εμπορικά καταστήματα (Shoup, 1995) σε συνδυασμό με τη στεγαστική κρίση έφερε νέες πολιτικές στάθμευσης στην επιφάνεια. Άλλωστε, οι θέσεις στάθμευσης μπορούν να φτάσουν έως και το 20% της αξίας στέγης και να επιβαρύνουν περαιτέρω το κόστος στέγης (Millard-Ball, 2002). Ο τρόπος που θα μπορούσε να μειωθεί το κόστος στέγης και να γίνει αποτελεσματική κατασκευή χώρων στάθμευσης είναι η συλλογική κατασκευή τους σε μεγάλη κλίμακα ώστε να μπορούν να εξυπηρετηθούν οι κάτοικοι. Αν αυτό μάλιστα γίνει σε ευρεία γεωγραφικά περιοχή, τότε το spillover γίνεται λιγότερο δυνατό.

Η αποδοχή των μέτρων στάθμευσης για κατοίκους ειδικά σε περιοχές που δεν προϋπήρχε κάποιος έλεγχος είναι ελάχιστη. Οι κάτοικοι τείνουν να βλέπουν τα προσωπικά τους οφέλη και τις προσωπικές του ζημίες και άρα μία πετυχημένη πολιτική στάθμευσης πρέπει να εξυπηρετείται αυτόν τον σκοπό (Brudner, 2023). Συνεπώς, φαίνεται ότι η επιβολή απλοϊκών περιοριστικών μέτρων, όπως η τιμολόγηση, χωρίς να υπάρχει εύληπτο όφελος δεν γίνεται να αποτελεί πανάκεια και πρέπει πάντα να εξετάζονται και άλλες προτάσεις.

Η ανάγκη στάθμευσης των κατοίκων πρέπει να εξυπηρετείται, καθώς είναι βασικός δείκτης του επιπέδου οικιστικής ικανοποίησης (James et al., 2009). Ο στόχος κάθε πολιτικής στάθμευσης πρέπει να είναι η διαχείριση των οικονομικών, περιβαλλοντικών, κοινωνικών προτεραιοτήτων έχοντας υπόψη τις ανταγωνιστικές απαιτήσεις των

συμβαλλόμενων μερών για χώρο σε ένα αστικό τοπίο. Έτσι σύμφωνα με τη έρευνα των Mingardo et al. (2015), οι πολιτικές πρέπει:

- Να ενθαρρύνουν την οικονομική βιωσιμότητα του κέντρου της πόλης, καθώς και άλλων οικονομικών και κοινωνικών κέντρων,
- Να διασφαλίζουν ότι δεν ενθαρρύνεται η μετακίνηση των κατοίκων προς το κέντρο με Ι.Χ. και να διευκολύνουν την πρόσβαση σε σταθμούς ΜΜΜ, την ποδηλασία και το περπάτημα,
- Να ελαχιστοποιούν την αισθητική και περιβαλλοντική υποβάθμιση της πόλης, ειδικά σε σημεία ενδιαφέροντος,
- Να βελτιώνουν την οδική ασφάλεια και την προσβασιμότητα όλων των κατοίκων στον αστικό χώρο,
- Να προστατεύουν το δικαίωμα των κατοίκων να σταθμεύουν κοντά στην οικία τους,
- Και να προστατεύουν τις επιχειρήσεις, ώστε να εκφορτώνουν κοντά στους χώρους τους.

Ενθαρρυντικό για την Αθήνα είναι ότι τα μέτρα στάθμευσης είναι πάντα πιο αποτελεσματικά σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές (compact cities), όπου η συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση είναι καλύτερη (Christiansen, Engebretsen, et al., 2017). Οι πολιτικές που έχουν προταθεί και εφαρμοστεί ώστε να λύσουν όλα τα παραπάνω προβλήματα παράλληλα με το αυξανόμενο κόστος στέγασης και τη διασφάλιση καλής ποιότητας ζωής των κατοίκων είναι πολλές.

2.4.1 ΆΔΕΙΑ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΚΑΤΟΙΚΩΝ

Η πολιτική *Άδειας Στάθμευσης Κατοίκων* (Residential Parking Permit – RPP), η οποία χρησιμοποιείται σε πολλές πόλεις του κόσμου, αφορά στη δωρεάν ή έναντι αντιτίμου χορήγηση του δικαιώματος στους κατοίκους να σταθμεύουν στην περιοχή αποκλείοντας όλους τους υπόλοιπους ή χρεώνοντας τους πολλαπλάσια τιμή. Για παράδειγμα, στην εύπορη γειτονιά του South Kensington and Chelsea του Λονδίνου το ετήσιο RPP κοστίζει 175 λίρες (205€) για ένα Diesel Fiat Panda του 2015 (0.02€/ώρα), ενώ η μέση τιμή για επισκέπτες είναι 5 ευρώ την ώρα. Σε αυτό το σημείο να προστεθεί ότι τα RPP στο South Kensington and Chelsea είναι παραπάνω από τις θέσεις στάθμευσης και δεν εξασφαλίζουν ουσιαστικά μία θέση σε αυτόν που έχει το RPP αλλά ευκολία στο να βρει.

Ακόμα και σε λιγότερο προνομιούχες περιοχές παρατηρήθηκε ότι τα RPP δεν επηρεάζουν σημαντικά την οικονομική κατάσταση των κατοίκων. Έπειτα από έρευνα σε 4 υποβαθμισμένες γειτονιές του Los Angeles, φάνηκε ότι η οικονομική επιβάρυνση ποσοστιαία είναι ίδια σε όλες τις οικονομικές τάξεις (Okashita & Willson, 2019). Σε άλλη έρευνα προκύπτει ότι η δυνατότητα μεταπώλησης της άδειας σε δευτερεύουσα αγορά θα μπορούσε να είναι μία πολιτικά αποδεκτή επιλογή που θα οδηγούσε σε βελτίωση της κοινωνικής ευημερίας λόγω σωστότερης ρύθμισης της αξίας της στάθμευσης. Επίσης, οι κάτοικοι πριν τη μετακόμιση τους σε οποιαδήποτε περιοχή θα μπορούσαν να προβλέψουν καλύτερα τα κόστη τους (van Ommeren et al., 2014).

Στη Βέρνη υπολογίστηκε ότι μετά την επιβολή *Μπλε Ζωνών (Blue Zones)*, ενός σχήματος RPP, η κίνηση στις περιοχές κατοικίας μειώθηκε κατά μέσο όρο 15%, 14% τις ώρες πρωινής αιχμής και 21% τις ώρες απογευματινής αιχμής (*Parking Controls Evidence on Performance*, 2001). Επιπλέον, οι κάτοικοι των *Μπλε Ζωνών* δήλωσαν ότι αντιλαμβάνονται διαφορά στα επίπεδα ηχορύπανσης και ποιότητας του αέρα (λόγω των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου) σε ποσοστό 35%. Συνολικά, τα έσοδα από την αγορά αδειών ανήλθαν σε 6 εκατομμύρια CHF (ελβετικά φράγκα) κατ' έτος, ενώ τα λειτουργικά έξοδα της τήρησης και επιβολής των μέτρων κόστισαν 2 εκατομμύρια CHF.

2.4.2 ΖΩΝΕΣ ΟΦΕΛΟΥΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ

Στα περισσότερα αστικά κέντρα η πλειοψηφία των κατοίκων δεν έχουν όχημα και άρα επιδοτούν αυτούς που έχουν – είτε κατοίκους είτε επισκέπτες - με δημόσιο χώρο. Η πολιτική των *Ζωνών Οφέλους Στάθμευσης (Parking Benefit District – PBD)* λαμβάνει και αυτήν την παράμετρο. Σε αυτά τα σχήματα τα δημοτικά κέρδη από την τιμολόγηση της παρόδιας στάθμευσης σε μία γειτονιά ή σε ένα οικοδομικό τετράγωνο επανεπενδύονται στο ακέραιο στην ίδια γειτονιά ή ακόμα και στο ίδιο οικοδομικό τετράγωνο. Σε πολλά, μάλιστα, σχήματα PBD οι κάτοικοι πληρώνουν την ίδια χρέωση με τους επισκέπτες, αν και στα περισσότερα δικαιούνται είτε μειωμένη τιμή είτε την αγορά κάποιας ετήσιας κάρτας.

Τα PBDs εφαρμόζονται σε περιοχές όπου η παρόδια στάθμευση είναι υπερκορεσμένη, οι κοινωνικές υπηρεσίες είναι κακής ποιότητας και οι περισσότεροι κάτοικοι είτε δεν έχουν ιδιωτικό όχημα, είτε σταθμεύουν εκτός οδού. Τότε, η τιμολόγηση της παρόδιας στάθμευσης είναι λογική καθώς θα ζημιωθούν λίγοι κάτοικοι - συνήθως οι πλουσιότεροι που έχουν περισσότερα οχήματα κατά κεφαλή - και θα επωφεληθούν οι περισσότεροι από τη βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών. Άρα, με σωστή εφαρμογή της πολιτικής PBD, αυτή μετατρέπεται σε κοινωνικό μέτρο, τα οφέλη του οποίου απολαμβάνουν όλοι οι κάτοικοι, οι οποίοι εν τέλει πείθονται να πληρώσουν τα εφαρμοζόμενο κόμιστρο (Shoup, 2022). Στην έρευνα των Johansson et al. (2017) υποστηρίζεται ότι η συγκεκριμένη πολιτική είναι πολύ πιο εύκολα αποδεκτή από τους πολίτες, καθώς μπορούν να δουν τα οφέλη εύκολα στην καθημερινότητά τους, ειδικά όταν τα έσοδα επανεπενδύονται στα μέσα μαζικής μεταφοράς.

2.4.3 ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΚΛΕΙΣΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ

Η πληθυσμιακή πυκνότητα μίας συνοικίας ή μίας πόλης είναι καθοριστικής σημασίας παράγοντας για την επιτυχία και την αποδοχή κάθε πολιτικής στάθμευσης. Σε πολύ πυκνοκατοικημένες πόλεις, όπως το Παρίσι (19.435 κάτοικοι ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο), πέρα από μέτρα οργάνωσης της παρόδιας στάθμευσης, θεσπίστηκε και ένας δημόσιος φορέας, η *Société anonyme d'économie mixte d'exploitation du stationnement de la ville de Paris (SAEMES)*, ο οποίος διαχειρίζεται τους κλειστούς χώρους στάθμευσης της πόλης με τη δυνατότητα των κατοίκων να κάνουν συνδρομή σε αυτούς με μηνιαίο αντίτιμο (*Carte*). Σκοπός της πολιτικής είναι η ακόμα πιο αποτελεσματική διαχείριση της ανάγκης στάθμευσης των κατοίκων, καθώς οι παρόδιοι χώροι λόγω της πυκνότητας πληθυσμού δεν μπορούν εν τοις πράγμασι να καλύψουν τις ανάγκες των οδηγών, κάτι που πιθανώς ισχύει και στην Αθήνα με πυκνότητα 16.514 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο.

Από την άλλη, η έρευνα των Scheiner et al. (2020) προκαλεί προβληματισμό για την αποτελεσματικότητα των εκτός οδού χώρων στάθμευσης για κατοίκους. Σε αυτή την έρευνα διερευνήθηκε γενικά η χρήση ιδιωτικών χώρων στάθμευσης, είτε επί πληρωμή σε κοντινή απόσταση από την οικία τους είτε εντός της οικίας τους στην περιοχή Kreuzviertel του Dortmund στην Γερμανία. Η συγκεκριμένη γειτονιά λόγω της πληθυσμιακής πυκνότητάς της και καθώς δεν εμπίπτει σε περιορισμούς ελάχιστων χώρων στάθμευσης ανά κτίριο, αφού είναι χτισμένη τον 19^ο αιώνα, αντιμετωπίζει υψηλό κορεσμό στάθμευσης και ως εκ τούτου μεγάλα ποσοστά παράνομης στάθμευσης. Παρ' όλ' αυτά, οι κάτοικοι που έχουν πρόσβαση σε ιδιωτικό χώρο στάθμευσης δεν τον χρησιμοποιούν συνέχεια και σε περίπτωση που βρουν κενή παρόδια θέση ή που γενικά η παράνομη παρόδια στάθμευση δεν διώκεται προτιμούν την παρόδια στάθμευση. Καταλυτικός παράγοντας φαίνεται να είναι η απόσταση από τη θέση, καθώς όσο αυξάνεται η απόσταση μειώνεται η χρήση (σε απόσταση 25-50m 57,7% χρήση πάντα, ενώ σε απόσταση >500 15,4% χρήση πάντα). Η προθυμία πληρωμής (Willingness to Pay - WPT) για ιδιωτικούς χώρους στάθμευσης λαμβάνοντας υπόψη όσους ψάχνουν για εκτός οδού στάθμευση βρέθηκε στα 69€ μηνιαίως.

Άλλο ένα πρόβλημα των κλειστών χώρων στάθμευσης συγκριτικά με την παρόδια στάθμευση είναι η λιγότερο αποτελεσματική αξιοποίηση του χώρου. Οι θέσεις στάθμευσης σε κλειστά πάρκινγκ δύσκολα μπορούν να φτάσουν σε αξιοποίηση πάνω από το 50% του συνολικού διαθέσιμου χώρου (Duvanona et al., 2016). Από την άλλη, μπορούν να προσφέρουν και μεγαλύτερη ασφάλεια για τα οχήματα, την οποία αναζητούν οι κάτοχοι νέων οχημάτων (Ibeas et al., 2014), αλλά και τη δυνατότητα απόδοσης του απελευθερωμένου πλέον από στάθμευση δημόσιου χώρου σε κοινή χρήση (παιδικές χαρές, διαπλάτυνση πεζοδρομίων, ποδηλατόδρομοι, λεωφορειολωρίδες κλπ.). Άλλωστε, τέτοιες μετατροπές χώρων μπορούν να αποτελέσουν ένα αρκετά άμεσο και ορατό όφελος για τους κατοίκους και άρα να κάνουν τη συνολική πολιτική πιο αποδεκτή (Johansson et al., 2017).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η δημιουργία κλειστών χώρων στάθμευσης περιμετρικά μίας περιοχής θα μπορούσε να διερευνηθεί περαιτέρω, αφού καμία έρευνα δεν βρέθηκε που να έχει απαντήσει στο πώς και υπό ποιες προϋποθέσεις θα μπορούσε να λειτουργήσει ένα σχήμα δημόσιων κλειστών χώρων στάθμευσης για κατοίκους σε μία πυκνοκατοικημένη και κορεσμένη από στάθμευση πόλη.

2.5 ΑΠΟΔΟΧΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ

Ένας από τους βασικότερους παράγοντες για τη σωστή τήρηση των μέτρων στάθμευσης είναι η αποδοχή τους από το κοινό. Οι πολιτικές θα μπορούσαμε να πούμε ότι κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες σε μέτρα “push” και σε μέτρα “pull” (Baumgartner & Lanzendorf, 2025). Τα πρώτα περιλαμβάνουν περιορισμούς, όπως η μείωση παρόδιων θέσεων στάθμευσης με ταυτόχρονη κατασκευή κλειστών χώρων στάθμευσης, στο οποίο θα επικεντρωθεί η παρούσα εργασία. Τα δεύτερα μέτρα αφορούν σε κίνητρα, όπως η ενίσχυση των δημόσιων συγκοινωνιών ή η αύξηση του δημόσιου πρασίνου. Η έρευνα των Baumgartner & Lanzendorf (2025) καταλήγει στο ότι η πολιτική της μείωσης παρόδιων χώρων με κατασκευή κλειστών σταθμών είναι δημοφιλής και ότι ο συνδυασμών μέτρων προκαλεί πολύ μεγαλύτερη αποδοχή των πολιτικών στάθμευσης.

Παράγοντες όπως τα χωρικά και πληθυσμιακά χαρακτηριστικά της γειτονιάς και η κοινωνικοοικονομική της σύνθεση παίζουν καθοριστικό ρόλο στις διαθέσεις των κατοίκων.

Συνεπώς, γίνεται αντιληπτό ότι η ευαισθησία στις τοπικές ανάγκες και συνθήκες καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την αποδοχή κάθε πολιτικής στάθμευσης (π.χ. σε περιοχές με πυκνή χρήση γης, οι κάτοικοι είναι λιγότεροι δεκτικοί σε μέτρα περιορισμού). Πολύ υψηλή αποδοχή έχουν η μείωση παρόδων θέσεων για αύξηση της εξυπηρέτησης από Μ.Μ.Μ. και η βελτίωση των υποδομών ποδηλάτου. Αυτό έρχεται να επιβεβαιώσει τη θεωρία ότι τα οφέλη από κάθε μέτρο πρέπει να είναι προσωπικά ορατά σε κάθε πολίτη για είναι μία πολιτική αποδεκτή και αποτελεσματική (Brudner, 2023).

2.5.1 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΕΤΡΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΘΥΜΙΑ ΠΛΗΡΩΜΗΣ

Για να βρεθεί η βέλτιστη τιμή που είναι διατεθειμένος κάποιος να πληρώσει για παρόδια θέση στάθμευσης υπάρχουν διάφοροι τρόποι. Ένας τρόπος να βρεθεί η προθυμία πληρωμής (Willingness to Pay - WtP) είναι μέσω ερωτηματολογίου να καταγράψει την τιμή που θα πλήρωνε για μία χρονική περίοδο. Στην έρευνα των Guo & McDonnell(2013b), μέσω του μοντέλου Double-Hurdle (DH) βρέθηκε το WtP των κατοίκων σε διάφορες περιοχές της Νέας Υόρκης. Το DH μοντέλο χρησιμοποιήθηκε καθώς ξεχωρίζει την άρνηση να συμμετέχει κάποιος στην έρευνα και τη μηδενική διάθεση για πληρωμή σε αντίθεση με το προγενέστερο μοντέλο Tobit. Έτσι, με το συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί να βρεθεί και η αποδοχή του μέτρου.

Ένας άλλος τρόπος είναι τα σενάρια δηλωμένης προτίμησης. Ο συμμετέχων στο ερωτηματολόγιο διαλέγει ανάμεσα σε δύο ή περισσότερα σενάρια που μπορεί να έχουν διαφορετική χρονική διάρκεια παραμονής στον προορισμό, διαφορετικό μέσο, διαφορετικό κόστος κλπ. Στην έρευνα των Chaniotakis & Pel (2015), γίνεται ανασκόπηση των διάφορων παραγόντων που έχουν ληφθεί υπόψη σε παλαιότερες εργασίες. Ο ερωτώμενος πρέπει να απαντήσει και σε δημογραφικές ερωτήσεις, ώστε να ληφθούν υπόψη τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά και σε άλλες ερωτήσεις ανάλυσης του προφίλ μετακίνησής του. Στη συγκεκριμένη έρευνα αφού συλλέχθηκε ο απαιτούμενος αριθμός ερωτηματολογίων, οι απαντήσεις εισήχθησαν σε ένα μοντέλο πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης (MNL) και έπειτα για να ελεγχθεί η ετερογένεια των διαφορετικών προτιμήσεων σε ένα μεικτό λογαριθμικό μοντέλο.

Στην έρευνα των Kirschner & Lanzendorf (2020) διερευνάται η αποδοχή μέτρων στάθμευσης από τους κατοίκους. Οι ερευνητές μοίρασαν σε νοικοκυριά της περιοχής Bornheim της Φρανκφούρτης 3000 ερωτηματολόγια, τα οποία περιείχαν ερωτήσεις κινητικότητας, στάθμευσης και δημογραφικές. Ελλιπείς απαντήσεις συμπληρώθηκαν με τη μέθοδο της πολλαπλής συμπλήρωσης. Έπειτα, έγινε χρήση της ανάλυσης σταδίων αλλαγής συμπεριφοράς (Stage Model of Self-Regulated behavior Change – SSBC) ούτως ώστε να κατηγοριοποιηθούν οι κάτοικοι σχετικά με την πρόθεση αλλαγής στη χρήση του οχήματος (η εν λόγω ανάλυση έγινε μόνο για τα νοικοκυριά που είχαν τουλάχιστον ένα όχημα, ώστε να ερευνηθεί η διάθεση να μειώσουν την χρήση του αυτοκινήτου). Οι στατιστικές αναλύσεις περιλάμβαναν περιγραφική στατιστική (σύγκριση ευρημάτων με τα δημογραφικά στατιστικά της περιοχής), μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων (chi square

tests) για να βρεθεί η αλληλεξάρτηση διάφορων μεταβλητών συμπεριφοράς των κατοίκων, καθώς και αναλύσεις συσχέτισης των μεταβλητών (Διπαραγοντική ανάλυση – Bivariate analysis). Τέλος, πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για να ευρεθεί κατά πόσο η αποδοχή των μέτρων στάθμευσης συσχετίζεται με τη διάθεση των κατοίκων σχετικά με τη μείωση της χρήσης οχήματος, την κατοχή οχήματος, προφίλ κινητικότητας και δημογραφικά στοιχεία.

2.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

Η διαχείριση της στάθμευσης αποτελεί ένα κρίσιμο εργαλείο για την αντιμετώπιση της αστικής συμφόρησης και την προώθηση βιώσιμων μετακινήσεων. Η αναζήτηση ελεύθερης θέσης στάθμευσης αποτελεί μεγάλο μέρος της κυκλοφορίας σε αστικές περιοχές (Hampshire & Shoup, 2018; Shoup, 2006), ενώ παράλληλα αυξάνει την εκπομπή ρύπων και επηρεάζει αρνητικά την υγεία των κατοίκων (Levy et al., 2010). Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι χρόνοι αναζήτησης στάθμευσης και συνεπακόλουθα η συμφόρηση αυξάνεται σε περιοχές μεγάλης πληθυσμιακή πυκνότητας (Mantouka et al., 2021), γίνεται προφανές ότι τα αστικά κέντρα προσφέρονται για εφαρμογή μέτρο διαχείρισης της στάθμευσης, οδηγώντας σε καλύτερη ισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης.

Η μείωση της προσφοράς, ως μέτρο περιορισμού της στάθμευσης για να είναι αποτελεσματικό πρέπει ταυτόχρονα να οδηγεί και σε μείωση της ζήτησης. Γενικά, αυτό φαίνεται να ισχύει καθώς όλοι οι περιορισμοί στάθμευσης, είτε χωρικοί είτε οικονομικοί, οδηγούν σε μείωση της ζήτησης στάθμευσης (Antonson et al., 2017; Christiansen, Fearnley, et al., 2017; Ostermeijer et al., 2022). Οι περιορισμοί στάθμευσης βέβαια μπορεί να οδηγήσουν σε διάχυση της στάθμευσης σε γειτνιάζουσες περιοχές από αυτήν που εφαρμόστηκαν τα μέτρα. Εδώ, η βιβλιογραφία είναι αντικρουόμενη. Θεωρητικά δεδομένα από την έρευνα των Yan et al. (2019) έδειξαν ότι η διάχυση είναι πολύ πιθανή, ενώ πραγματικά δεδομένα από την έρευνα του Christiansen (2014) έδειξαν ότι η διάχυση μειώνεται σημαντικά λίγο καιρό μετά την επιβολή των μέτρων.

Για να μειωθεί η ζήτηση στάθμευσης και να μην υπάρχει διάχυση πρέπει οι οδηγοί να στραφούν σε πιο βιώσιμους τρόπους μετακίνησης, όπως το περπάτημα, το ποδήλατο, τα Μ.Μ.Μ., ακόμα και ο συνεπιβατισμός. Η επιβολή περιορισμών οικονομικού τύπου φαίνεται ότι οδηγούν σε περιορισμό της χρήσης Ι.Χ. και στροφή των οδηγών σε φιλικότερα μέσα (Feeney, 1989; Gonzalez et al., 2022). Επιπλέον και ο όγκος των χώρων στάθμευσης φαίνεται να είναι αναλογικός της χρήσης Ι.Χ. (Antonson et al., 2017; McCahill et al., 2016), καθώς όταν η πρόσβαση στο σταθμευμένο όχημα είναι δυσκολότερη, τότε οι κάτοικοι στρέφονται σε φιλικότερα μέσα (Christiansen, Fearnley, et al., 2017). Η ακύρωση της μετακίνησης φαίνεται να μην αποτελεί πρόβλημα, το οποίο επιβεβαιώθηκε στην έρευνα των Melia & Clark (2018), αλλά και των Christiansen, Fearnley, et al. (2017) όπου βρέθηκε ίδιος αριθμός μετακινήσεων σε όλες τις ομάδες μετακινούμενων.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή στάθμευσης φαίνεται να είναι διάφοροι. Οι Scheiner et al. (2020) κατέληξαν ότι ο πιο επιδραστικός παράγοντας είναι η απόσταση στάθμευσης, ενώ οι Ibeas et al., (2014), λαμβάνοντας υπόψη την ετερογένεια των χρηστών, κατέληξαν ότι ο χρόνος αναζήτησης θέσης είναι πιο σημαντικός από την απόσταση και ότι οι κάτοχοι νέων οχημάτων θεωρούν την ασφάλεια πολύ σημαντική. Ο

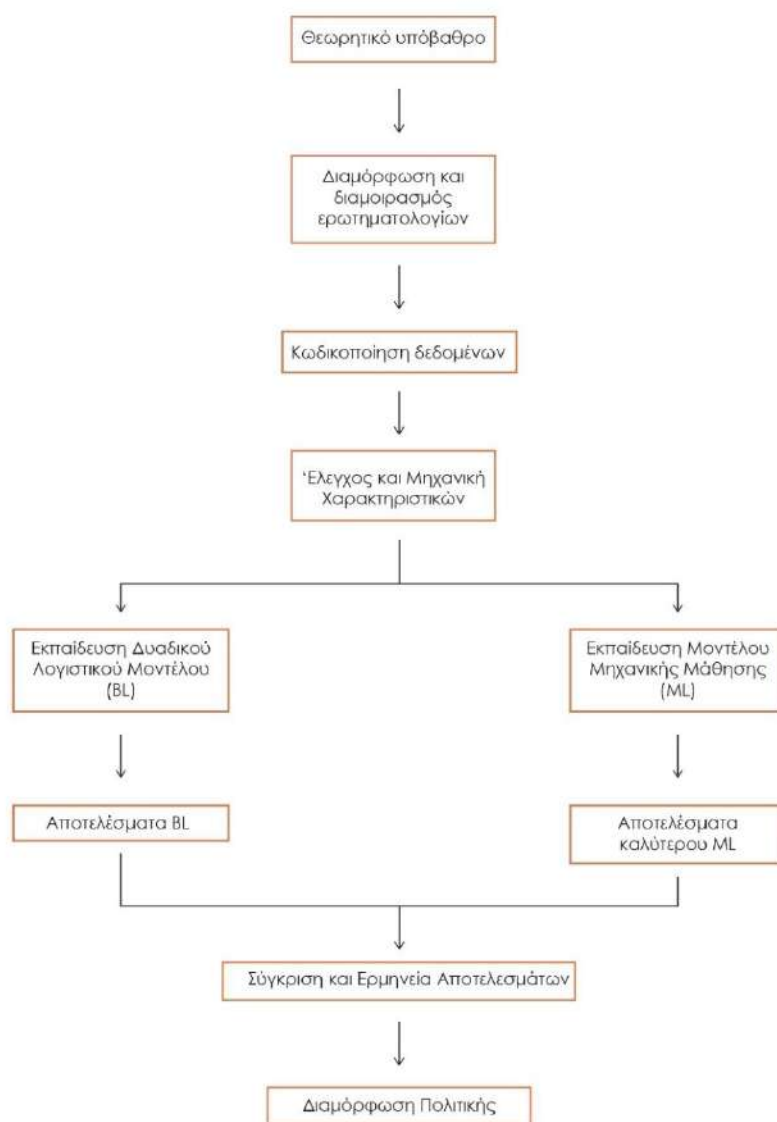
χρόνος αναζήτησης φαίνεται να είναι ανάλογος και της διάρκειας στάθμευσης και διάρκειας μετακίνησης, αλλά και αντιστρόφως ανάλογος με το εισόδημα. Επίσης, ο δηλωμένος από τους οδηγούς χρόνος αναζήτησης στάθμευσης μπορεί να αξιοποιηθεί ως δεδομένο, καθώς υποεκτιμήσεις ή υπερεκτιμήσεις φαίνεται να είναι τυχαίες (Van Ommeren et al., 2012).

Οι πολιτικές στάθμευσης φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματικές σε πυκνές πόλεις (Christiansen, Engbretsen, et al., 2017), ενώ το δικαίωμα του κατοίκου σε στάθμευση πρέπει να προστατεύεται (James et al., 2009). Για να είναι μία πολιτική στάθμευσης αποδεκτή, πρέπει τα οφέλη της να είναι ατομικά ορατά (Brudner, 2023; Johansson et al., 2017; Shourp, 2022). Οι περιμετρικοί σταθμοί στάθμευσης θα μπορούσαν να λύσουν τα περισσότερα από τα παραπάνω προβλήματα. Με τη μετακίνηση μέρους της στάθμευσης των κατοίκων σε κλειστούς χώρους περιμετρικά της περιοχής τους, θεωρητικά θα χρησιμοποιούσαν το Ι.Χ. λιγότερο λόγω της απόστασης, ενώ εξασφαλίζοντας θέση εκτός οδού δεν θα επιβάρυναν την κυκλοφορία αναζητώντας παρόδιο χώρο. Επίσης, με τη μείωση της ενδεχόμενης προσφοράς θέσεων θα ήταν δυσκολότερη η στάθμευση και για επισκέπτες, οι οποίοι επίσης θα στρέφονταν σε πιο βιώσιμα μέσα. Ο χώρος που καταλάμβαναν προηγουμένως οι παρόδιες θέσεις θα μπορούσε να αξιοποιηθεί ως χώρος πρασίνου, ή με τέτοιο τρόπο ώστε να βελτιωθεί η κινητικότητα (διεύρυνση πεζοδρομίων, ποδηλατόδρομοι, λεωφορειολωρίδες κ.α.). Έτσι, το μέτρο θα ήταν πιο αποδεκτό και αποτελεσματικό, αφού τα οφέλη θα ήταν ατομικά ορατά. Η εύρεση των συγκεκριμένων παραμέτρων που θα το έκαναν αποτελεσματικό θα απασχολήσει την παρούσα εργασία.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

3.1 ΡΟΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Για την ανάλυση των παραγόντων που επηρεάζουν την αποδοχή της πολιτικής των περιμετρικών σταθμών στάθμευσης αναπτύσσεται ολοκληρωμένη μεθοδολογική προσέγγιση που φαίνεται στο Διάγραμμα 1. Αρχικά, δημιουργείται κατάλληλο ερωτηματολόγιο, το οποίο διανέμεται και συμπληρώνεται από κατοίκους του κέντρου της Αθήνας, αλλά και άλλων περιοχών της μητροπολιτικής περιοχής των Αθηνών και συλλέγονται οι απαντήσεις τους. Τα δεδομένα, που προκύπτουν από τα ερωτηματολόγια, αφού κωδικοποιηθούν, αναλύονται μέσω μαθηματικών μοντέλων. Σκοπός της ανάλυσης είναι η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την εξεταζόμενη πολιτική αλλά και τη συμπεριφορά των οδηγών κατά τη στάθμευση εν γένει.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: ΡΟΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

3.2 ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

3.2.1 ΈΡΕΥΝΕΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ ΣΕ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Οι έρευνες με ερωτηματολόγια αποτελούν βασικό εργαλείο κατανόησης στάσεων, προτιμήσεων και συμπεριφορών. Σε πολλές συγκοινωνιακές έρευνες, γίνεται χρήση ερωτηματολογίων, καθώς μέσω αυτών ο ερευνητής μπορεί να συγκεντρώσει τις απόψεις πολλών ανθρώπων. Ειδικά όταν εξετάζεται μία πιθανή συγκοινωνιακή πολιτική ή οποιοδήποτε άλλο πρόβλημα, στο οποίο δεν μπορούν να υπάρξουν πραγματικές παρατηρήσεις (για παράδειγμα πραγματικά δεδομένα κυκλοφοριακής ροής, κατάληψης στάθμευσης κ.λπ.), τα ερωτηματολόγια γίνονται ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο. Μέσω των ερωτηματολογίων, ο ερευνητής μπορεί να καταλήξει σε διάφορα συμπεράσματα σχετικά με τη συμπεριφορά, τη διάθεση και την αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης πολιτικής και να την προσαρμόσει αναλόγως. Οι ερωτήσεις συνήθως διακρίνονται σε δημογραφικές, προφίλ κινητικότητας και σενάρια δεδηλωμένης προτίμησης, όπου απαιτείται.

Βασικό στοιχείο ενός ερωτηματολογίου είναι οι λεγόμενες δημογραφικές ερωτήσεις. Αυτές περιλαμβάνουν περιγραφικά στοιχεία του ερωτώμενου, όπως το φύλο, το εισόδημα, η ηλικία, ο αριθμός των μελών του νοικοκυριού, ο αριθμός κατεχόμενων οχημάτων ανά νοικοκυριό κ.α. Τα περιγραφικά στατιστικά συλλέγονται, καθώς μπορεί να συνδέονται με πιθανές τάσεις και διαφοροποιήσεις ανά κοινωνική ομάδα. Επίσης, μέσω αυτών μπορεί να ελεγχθεί η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος.

Ένα ερωτηματολόγιο συγκοινωνιακής έρευνας πρέπει να περιλαμβάνει και ερωτήσεις για το προφίλ κινητικότητας του ερωτώμενου. Τέτοιες ερωτήσεις εστιάζουν στις συνήθειες μετακίνησης του ερωτώμενου, όπως η κατανόηση του πρότυπου μετακίνησής του (ποιο μέσο χρησιμοποιεί περισσότερο, πόσο εξαρτώμενος είναι από το όχημά του, πόση ώρα αναζητεί στάθμευση κ.α.), αλλά και οι παράγοντες που πιστεύει ότι επηρεάζουν τις αποφάσεις του. Αυτές οι ερωτήσεις μπορούν πιθανώς να αποκλείσουν και ορισμένους συμμετέχοντες από τη συνέχεια της έρευνας, όπως συμβαίνει στην έρευνα των Chaniotakis & Pel (2015), όπου όσοι δεν οδηγούν προς το κέντρο της πόλης τουλάχιστον μία φορά τον μήνα δεν δύνανται να συμπληρώσουν όλο το ερωτηματολόγιο. Επιπλέον, υπάρχουν ερωτήσεις για τη διάθεση των πολιτών σχετικά με τις εξεταζόμενες συγκοινωνιακές πολιτικές ή ρυθμίσεις και τους παράγοντες που θα τους έκαναν να τις υποστηρίξουν.

Κοινή πρακτική σε σχετικές συγκοινωνιακές έρευνες είναι και τα σενάρια δηλωμένης προτίμησης, όπου ο οδηγός καλείται να επιλέξει ανάμεσα σε κάποιες ρεαλιστικές εναλλακτικές μετακίνησης. Για παράδειγμα μετακίνηση με λεωφορείο ή όχημα έχοντας υπόψη κάποιες συγκεκριμένες παραμέτρους σε κάθε περίπτωση, όπως το κόστος, ο χρόνος μετακίνησης κ.α.

Αφού ετοιμαστούν τα ερωτηματολόγια, διαμορφώνεται ένα σχέδιο διαμοιρασμού. Αυτό ποικίλλει ιδιαίτερα από έρευνα σε έρευνα. Για παράδειγμα, σε πολύ ειδικές έρευνες που αφορούν μικρή χωρικά περιοχή ο διαμοιρασμός συνήθως γίνεται με έντυπα ερωτηματολόγια, όπου οι ερευνητές είτε τα αποστέλλουν είτε τα συμπληρώνουν σύμφωνα με τους ερωτώμενους απευθείας κατ' οίκον (Scheiner et al., 2020). Σε έρευνες

όπου η εξεταζόμενη περιοχή είναι μεγαλύτερη, τα ερωτηματολόγια κατά κανόνα διαμοιράζονται διαδικτυακά, ελέγχοντας την επάρκεια και την αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος (Chaniotakis & Pel, 2015).

Η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος ως προς τον πληθυσμό μπορεί να ελεγχθεί με το κριτήριο χ^2 Καλής Προσαρμογής (Chi-square test). Στον συγκεκριμένο έλεγχο οι αναμενόμενες αναλογίες ή συχνότητες κάθε πληθυσμιακής κατηγορίας συγκρίνονται με τις παρατηρηθείσες συχνότητες του δείγματος. Ο υπολογισμός γίνεται μέσω του τύπου:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (1)$$

όπου O_i οι παρατηρηθείσες συχνότητες και E_i οι αναμενόμενες συχνότητες. Η τιμή αυτή συγκρίνεται με την κρίσιμη τιμή του πίνακα χ^2 , η οποία εξαρτάται από το επίπεδο σημαντικότητας (συνήθως 5%) και από τους βαθμούς ελευθερίας, οι οποίοι ορίζονται από τον τύπο:

$$df = k - 1 \quad (2)$$

όπου k ο αριθμός ομάδων κάθε κατηγορίας (π.χ. 2 ομάδες Άνδρας/ Γυναίκα για την κατηγορία «Φύλο»). Αν η τιμή είναι μικρότερη από την κρίσιμη, τότε το δείγμα θεωρείται στην εξεταζόμενη κατηγορία στατιστικά αντιπροσωπευτικό.

3.2.2 ΣΕΝΑΡΙΑ ΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ

Με τα σενάρια δηλωμένης προτίμησης (stated preference scenarios) δίνεται η δυνατότητα στον ερευνητή να ελέγξει συστηματικά τις μεταβλητές που επηρεάζουν τη λήψη αποφάσεων, ειδικά σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν πραγματικές παρατηρήσεις. Γι' αυτό είναι ένα πάρα πολύ χρήσιμο εργαλείο ειδικά στην διερεύνηση νέων πολιτικών στάθμευσης, όπως στη παρούσα έρευνα.

Η πρώτη απόφαση αφορά τις μεταβλητές που θα συμπεριληφθούν στα σενάρια. Η επιλογή γίνεται βάσει τριών αρχών. Πρώτον, οι μεταβλητές πρέπει να είναι πραγματικά σημαντικές για τον χρήστη, καθώς αν δεν επηρεάζουν σημαντικά την απόφαση, η συμπερίληψή τους αλλοιώνει το αποτέλεσμα. Δεύτερον, πρέπει οι μεταβλητές να είναι ελεγχόμενες από το σύστημα πολιτικής. Για παράδειγμα, σε σενάρια δηλωμένης προτίμησης για πολιτική στάθμευσης ο χρόνος αναζήτησης θέσης, το κόστος και η απόσταση από τον προορισμό είναι ελεγχόμενες μεταβλητές, ενώ τα καιρικά φαινόμενα ή οι προσωπικές προτιμήσεις του οδηγού όχι. Τρίτον, οι μεταβλητές πρέπει να είναι κατανοητές από τους ερωτηθέντες, έτσι ώστε να μπορούν να φανταστούν ρεαλιστικά το σενάριο (Sanko, 2001). Οι Chaniotakis & Pel (2015) παρουσιάζουν τις μεταβλητές που έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες σχετικές έρευνες από το 1978 μέχρι σήμερα. Κατά σειρά συχνότητας στις διάφορες έρευνες είναι το κόστος στάθμευσης, η απόσταση από τον προορισμό, ο χρόνος οδήγησης μέχρι τη θέση, ο χρόνος αναζήτησης, η διάρκεια στάθμευσης, ο τύπος στάθμευσης (επί της οδού ή εκτός της οδού), η πιθανότητα παράνομου προστίμου, ο σκοπός μετακίνησης, τα συστήματα βοήθειας στάθμευσης (Parking Guidance Information - PGI), η κατάληψη θέσεων και η πιθανότητα εύρεσης θέσης.

Η δεύτερη απόφαση αφορά τον καθορισμό επιπέδων, δηλαδή των τιμών που θα πάρει η κάθε μεταβλητή. Τα επίπεδα πρέπει να αντανakλούν ρεαλιστικές, αλλά και διαφοροποιημένες καταστάσεις και να αποφεύγουν κυρίαρχες εναλλακτικές, δηλαδή εναλλακτικές που εκ φύσεως είναι καλύτερες από τις υπόλοιπες. Έτσι, η εύρεση ρεαλιστικών και διαφοροποιημένων τιμών γίνεται πολύ δύσκολη (Sanko, 2001).

Το τελευταίο στάδιο αφορά το πώς θα συνδυαστούν οι μεταβλητές και τα επίπεδα στα διάφορα σενάρια επιλογής. Εδώ χρησιμοποιούνται μέθοδοι πειραματικού σχεδιασμού (experimental design), όπως οι ορθογώνιες (orthogonal), στις οποίες οι μεταβλητές είναι πάντα ανεξάρτητες μεταξύ τους. Ο ορθογώνιος σχεδιασμός μπορεί να είναι είτε πλήρως παραγοντικός (full factorial) είτε κλασματικός παραγοντικός σχεδιασμός (fractional factorial). Στον πλήρη παραγοντικό σχεδιασμό κάθε πιθανός συνδυασμός των επιπέδων χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, αν στη μία εναλλακτική υπάρχουν τρεις μεταβλητές με δύο επίπεδα η κάθε μία, τότε προκύπτουν 8 σενάρια ($2^3 = 8$ σενάρια). Αν από την άλλη εναλλακτική προκύπτουν 4 σενάρια, τότε ο συνολικός σχεδιασμός περιλαμβάνει 36 σενάρια ($4 \cdot 8 = 36$ σενάρια). Το πρόβλημα με τον πλήρως παραγοντικό σχεδιασμό είναι ότι σε έρευνες που δεν έχουν λίγες μεταβλητές και επίπεδα προκύπτουν πάρα πολλά σενάρια και γίνονται κουραστικές. Γι' αυτό, ο πιο διαδεδομένος σχεδιασμός σε σχετικές έρευνες είναι ο κλασματικός ορθογώνιος σχεδιασμός, όπου χρησιμοποιούνται μερικά από τα πιθανά σενάρια, προσπαθώντας να απομείνουν οι κυριότερες αλληλεπιδράσεις των μεταβλητών που είναι πιο χρήσιμες για την εξαγωγή τελικού αποτελέσματος. Αν ο σχεδιασμός είναι σωστός, ο ερευνητής μπορεί να εκτιμήσει με ακρίβεια τις επιδράσεις κάθε μεταβλητής χωρίς να κουράσει ή μπερδέψει τον ερωτώμενο. Είναι επίσης σημαντικό η σειρά των σεναρίων να είναι τυχαία, ώστε να μην προκύπτει μεροληψία σειράς (order bias) (Sanko, 2001).

3.3 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ

Η κωδικοποίηση ερωτηματολογίων αποτελεί το στάδιο μετατροπής των απαντήσεων σε αριθμητικά δομημένα, ώστε να είναι εφικτή η ανάλυση τους. Κάθε ερώτηση αντιστοιχεί σε μία μεταβλητή, ενώ κάθε απάντηση σε έναν αριθμό. Επί παραδείγματι, το φύλο είναι η μεταβλητή, ενώ ο άνδρας το 0 και η γυναίκα το 1. Η δυαδική κατηγοριοποίηση των απαντήσεων είναι δυνατή προφανώς μόνο σε ερωτήσεις που έχουν δύο απαντήσεις. Σε ερωτήσεις με παραπάνω απαντήσεις, οι οποίες όμως δεν είναι ιεραρχημένες χρησιμοποιείται ονομαστική κλίμακα, δηλαδή τυχαία ανάθεση αριθμού σε κάθε πιθανή απάντηση (π.χ. Ι.Χ. = 1, Μοτοσυκλέτα = 2, Μ.Μ.Μ. = 3 κλπ). Όταν, όμως, ανάμεσα στις απαντήσεις υπάρχει ιεράρχηση χρησιμοποιούνται ταξινομικές κλίμακες, όπως για παράδειγμα στο επίπεδο εκπαίδευσης, όπου οι τιμές που χρησιμοποιούνται αντιπροσωπεύουν αυτήν την ταξινόμηση (Πρωτοβάθμια εκπαίδευση = 1, Δευτεροβάθμια εκπαίδευση = 2, Τριτοβάθμια εκπαίδευση = 3 κλπ.), καθώς έτσι το μοντέλο μπορεί να συμπεριλάβει τη φυσική σειρά τους. Ταξινομικές κλίμακες είναι και οι Likert (π.χ. Πολύ αρνητικά = 1... Πολύ θετικά = 5). Επίσης, υπάρχουν οι αναλογικές κλίμακες, όπως τα μέλη ενός νοικοκυριού ή τα οχήματα ανά νοικοκυριό, τα οποία το μοντέλο μπορεί να ενσωματώσει και με πραγματικά αριθμητικά δεδομένα (π.χ. 1,2,3,4,5,7,9 μέλη νοικοκυριού) (Imam, 2014; Stevens, 1946).

Μια ακόμα προσέγγιση αποτελεί η διαμόρφωση των μη δυαδικών κατηγορικών μεταβλητών σε δυαδικές ψευδομεταβλητές (dummy variables). Αυτό επιτυγχάνεται, δημιουργώντας νέα δυαδική μεταβλητή για κάθε κατηγορική απάντηση. Αυτό είναι πολύ σύνηθες σε ονομαστικές κλίμακες, όπου η αύξηση της τιμής δεν έχει αριθμητικό νόημα. Για παράδειγμα στην ερώτηση για το ποιο μέσο χρησιμοποιείται πιο πολύ, αντί η κλίμακα να είναι Ι.Χ. = 1, Μοτοσυκλέτα = 2, Μ.Μ.Μ. = 3, το Ι.Χ. γίνεται μεταβλητή και η θετική απάντηση σε αυτό παίρνει τον αριθμό 1, ενώ η αρνητική 0 (Hardy, 1993).

3.4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Στις μεταφορές και την κυκλοφοριακή τεχνική χρησιμοποιούνται εκτενώς ποσοτικές μέθοδοι, καθώς μπορούν να βοηθήσουν στον σχεδιασμό αλλά και στην αξιολόγηση της λειτουργίας ενός μεταφορικού συστήματος. Έτσι, η ανάπτυξη μοντέλων μπορεί να χρησιμεύσει και στον σχεδιασμό ενός μεταφορικού υποσυστήματος, όπως είναι η στάθμευση. Οι ποσοτικές μέθοδοι στις μεταφορές βασίζονται σε διάφορα μεθοδολογικά εργαλεία (Βλαχογιάννη et al., 2024). Στην παρούσα εργασία, θα γίνει χρήση οικονομετρικών μεθόδων και μεθόδων μηχανικής μάθησης.

3.4.1 ΟΙΚΟΝΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Στην οικονομετρία εφαρμόζονται στατιστικές και μαθηματικές μέθοδοι σε οικονομικά προβλήματα, δηλαδή σε προβλήματα λήψης αποφάσεων. Συνήθως στις έρευνες στάθμευσης τα οικονομετρικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται είναι Μοντέλα Διακριτών Επιλογών (Discrete Choice Models – DCM), τα οποία είναι μικροοικονομικά μοντέλα και αναλύουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων σε ατομικό επίπεδο. Η βασική τους ιδέα είναι ότι κάθε άτομο αποδίδει μία χρησιμότητα σε κάθε διαθέσιμη επιλογή το άτομο επιλέγει τελικά την εναλλακτική με τη μέγιστη χρησιμότητα. Η χρησιμότητα U_{ij} που το άτομο i αποδίδει στην εναλλακτική j δίνεται από την εξίσωση:

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (3)$$

όπου V ο καθορισμένος παράγοντας και ε οι τυχαίες μη ελεγμένες επιρροές.

Συνήθεις τύποι μοντέλων διακριτών επιλογών είναι τα δυαδικά (binary choice models), τα οποία έχουν δύο εναλλακτικές, τα πολυωνυμικά (multinomial logit models - MNL), τα οποία αποτελούν την πιο συνηθισμένη πρακτική σε σχετικές έρευνες και περιέχουν πολλές εναλλακτικές, τα ιεραρχικού προτύπου (nested logit models), που χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει ιεραρχική δομή στις αποφάσεις και τα μικτά μοντέλα (mixed logit models), τα οποία ενσωματώνουν ετερογένεια στις προτιμήσεις (McFadden, 1972; Train, 2009; Βλαχογιάννη et al., 2024).

Προϋπόθεση για ένα μοντέλο διακριτών επιλογών συνήθως είναι η ανεξαρτησία των μη σχετικών εναλλακτικών (independence of irrelevant alternatives - IIA), το οποίο σημαίνει ότι η αναλογική πιθανότητα επιλογής μεταξύ δύο εναλλακτικών δεν αλλάζει με την προσθήκη νέων εναλλακτικών. Επίσης, το μοντέλο υποθέτει ότι ο καθένας επιλέγει την εναλλακτική που μεγιστοποιεί την χρησιμότητα του και ότι το σφάλμα ακολουθεί συγκεκριμένη κατανομή (McFadden, 1972; Βλαχογιάννη et al., 2024).

Για να καθοριστεί ένα τέτοιο μοντέλο πρέπει να επιλεγεί μία ανεξάρτητη μεταβλητή και να βρεθούν οι εξαρτημένες μεταβλητές. Για να οριστούν οι κατάλληλες μεταβλητές χρησιμοποιούνται κάποια κριτήρια, όπως τα κριτήρια πληροφoρίας Akaike ή Bayesian (Akaike Information Criterion - AIC - ή Bayesian Information Criterion - BIC). Επίσης, υπάρχουν μέθοδοι κανονικοποίησης (Regularization methods) όπως η LASSO, όπου τιμωρείται η προσθήκη πάρα πολλών μεταβλητών ώστε να αποφευχθεί η υπερπροσαρμογή (overfitting). Έπειτα, πρέπει να οριστεί η λειτουργική μορφή του, δηλαδή αν θα είναι γραμμικό, λογαριθμικό κ.λπ. και να γίνουν οι απαραίτητοι μετασχηματισμοί ή αλληλεπιδράσεις, όπως τετράγωνα, πολλαπλασιασμοί ή συγχωνεύσεις εξαρτημένων μεταβλητών. Πρέπει, επίσης, να γίνει υπόθεση για την κατανομή του σφάλματος. Τέλος, μπορεί να γίνει ανάλυση ευαισθησίας (Sensitivity Analysis), όπου εξετάζεται πώς η διαλογή διαφορετικών μεταβλητών ή υποθέσεων επηρεάζει τα αποτελέσματα του μοντέλου (Greene & Hensher, 2010).

ΔΥΑΔΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΛΥΩΝΥΜΙΚΑ ΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Τα δυαδικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για να προβλέψουν μία εξαρτώμενη μεταβλητή που έχει δύο κατηγορίες (π.χ. Εναλλακτική 1/ Εναλλακτική 2). Τα μοντέλα λαμβάνουν όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές και υπολογίζουν την πιθανότητα επιλογής κάθε εναλλακτικής. Η γραμμική παλινδρόμηση θα έδινε λόγω συνεχών τιμών αδύνατες πιθανότητες (-0.2, 1.5) σε προβλήματα με δύο εναλλακτικές, αφού οι πιθανότητες πρέπει να είναι ανάμεσα στο 0 και το 1. Για να ξεπεραστεί αυτό, το δυαδικό λογιστικό μοντέλο χρησιμοποιεί τη λογιστική συνάρτηση, η οποία συμπιέζει οποιονδήποτε γραμμικό συνδυασμό των μεταβλητών στο επιθυμητό διάστημα, δηλαδή ανάμεσα στο 0 και 1 (Riswanto, 2025). Οι συναρτήσεις που περιγράφουν αυτή τη διαδικασία είναι οι εξής:

$$P_i = \Pr(Y = 1|X = x_i) \quad (4)$$

$$\ln\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = \text{logit}(P_i) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k \quad (5)$$

όπου Y η δυαδική εξαρτημένη μεταβλητή, $X = x_i$ το διάνυσμα των ανεξάρτητων μεταβλητών για την i -παρατήρηση, P_i η πιθανότητα η μεταβλητή Y να πάρει την τιμή 1 για τα συγκεκριμένα x_i , β_0 ο σταθερός όρος και β οι συντελεστές που μετρούν την επίδραση της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής. Το σφάλμα f_i για το οποίο ισχύει

$$p_i = P_i + f_i \quad (6)$$

δεν ακολουθεί κανονική κατανομή όπως στις γραμμικές παλινδρομήσεις (Tranmer et al., 2023).

Τα πολυωνυμικά μοντέλα λειτουργούν ακριβώς όπως τα δυαδικά, με τη διαφορά ότι η εξαρτώμενη μεταβλητή έχει παραπάνω από δύο κατηγορίες. Άρα το μοντέλο αντί να δίνει πιθανότητες για δύο κλάσεις, δίνει πιθανότητες για κάθε επιλογή (So & Kuhfeld, 1995). Προϋποθέσεις και για τα δυαδικά και για τα πολυωνυμικά λογιστικά μοντέλα είναι η ανεξαρτησία των παρατηρήσεων-απαντήσεων, η ανεξαρτησία των ανεξάρτητων μεταβλητών (IIA) και η γραμμική σχέση των συνεχών μεταβλητών (π.χ. ηλικία ή εισόδημα αν είναι γραμμικά) με την τελική λογιστική πιθανότητα (Riswanto, 2025).

ΜΟΝΤΕΛΑ ΙΕΡΑΡΧΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Τα ιεραρχικού προτύπου αποτελούν επέκταση των πολυωνυμικών, με τη διαφορά ότι προσπαθούν μερική χαλάρωση της υπόθεσης ΙΙΑ. Η υπόθεση αυτή πολλές φορές δεν είναι ρεαλιστική (Βλαχογιάννη et al., 2024). Για παράδειγμα, ας θεωρήσουμε ότι υπάρχουν στην αρχή οι εξής δύο εναλλακτικές στάθμευσης με αναλογία πιθανότητας επιλογής 1.5, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΙΕΡΑΡΧΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

	Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 2
Κόστος	0 €	2 €
Χρόνος αναζήτησης στάθμευσης	20'	2'
Πιθανότητα επιλογής	60%	40%

Αν εισαχθεί τώρα και τρίτη πιθανότητα με κόστος 1.5€ και χρόνο αναζήτησης 3' είναι παράδοξο να θεωρηθεί ότι η αναλογία των πιθανοτήτων των εναλλακτικών 1 και 2 θα μείνει ίδια, αφού οι εναλλακτικές 2 και 3 είναι παρόμοιες (Wen & Koppelman, 2001). Στα nested logit, τα δεδομένα χωρίζονται σε φωλιές (nests) B_m , με $m=1, \dots, M$ έτσι ώστε κάθε εναλλακτική να ανήκει σε μία φωλιά με κοινά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, αν οι εναλλακτικές είναι λεωφορείο, Ι.Χ., μετρό και ποδήλατο, το Ι.Χ. και το ποδήλατο μπορούν να ανήκουν στο nest με τα ιδιωτικά οχήματα και τα υπόλοιπα στα Μ.Μ.Μ. Η πιθανότητα κάθε εναλλακτική άρα ορίζεται ως εξής:

$$P_j = \Pr(y = j) = \Pr\{y = j | y \in B(j)\} \cdot \Pr\{y \in B(j)\} \quad (7)$$

όπου P_j είναι η πιθανότητα του j να ανήκει στην φωλιά B (σαν κανονικό πολυωνυμικό) πολλαπλασιασμένη με την πιθανότητα επιλογής της φωλιάς B , η οποία εξαρτάται από τη συνολική ελκυστικότητα της φωλιάς B (Heiss, 2002).

ΜΙΚΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Ένα μικτό λογιστικό μοντέλο διαφέρει σημαντικά από ένα κλασικό λογιστικό μοντέλο (δυαδικό, πολυωνυμικό) όσον αφορά τους συντελεστές. Σε ένα πολυωνυμικό μοντέλο γίνεται η υπόθεση ότι όλα τα άτομα συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο όσον αφορά μεταβλητές εισόδου. Σε ένα μικτό, όμως, ενσωματώνεται ετερογένεια στις προτιμήσεις, δηλαδή οι συντελεστές μπορεί να διαφέρουν μεταξύ των ατόμων. Για παράδειγμα, σε μία έρευνα στάθμευσης, δεν είναι απαραίτητο ότι όλοι δίνουν το ίδιο βάρος στην απόσταση της θέσης από τον προορισμό τους ή το κόστος. Ένα μικτό μοντέλο δεν ακολουθεί την αρχή ΙΙΑ, η οποία πολλές φορές δεν είναι ρεαλιστική. Εν συντομία, το μοντέλο λειτουργεί ως εξής:

$$U_{itq} = \beta'_q x_{itq} + \varepsilon_{itq} \quad (8)$$

όπου U_{itq} η σχετική χρησιμότητα του ατόμου q για κάθε εναλλακτική i σε κάθε κατάσταση t , x_{itq} το διάνυσμα των επεξηγηματικών μεταβλητών και β το διάνυσμα των συντελεστών για κάθε άτομο q και ε_{itq} είναι ο τυχαίος όρος σφάλματος (Hensher & Greene, 2003). Έτσι,

αν χωριστεί το σφάλμα ε σε δύο κομμάτια, όπου η το μέρος, το οποίο εξαρτάται από τις προτιμήσεις των ατόμων, προκύπτει η συνάρτηση πιθανότητας για συγκεκριμένο η :

$$L_{iq}(q|\eta_{iq}) = \frac{\exp(x'_{iq}\beta + \eta_{iq})}{\sum_j \exp(x'_{jq}\beta + \eta_{jq})} \quad (9)$$

Επειδή όμως δεν είναι γνωστό το η , υπολογίζεται η μέση πιθανότητα με την Εξίσωση (10):

$$P_{iq}(\eta_{iq}|\Omega) = \int L_{iq}(q|\eta_{iq})f(\eta_{iq}|\Omega)\eta_{iq} \quad (10)$$

όπου $f(\eta_{iq}|\Omega)$ είναι η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας των τυχαίων όρων η_{iq} με Ω το σύνολο των σταθερών παραμέτρων της κατανομής του η (π.χ., μέση τιμή, διακύμανση) (Hensher & Greene, 2003).

3.4.2 ΜΟΝΤΕΛΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

Τα μοντέλα μηχανικής μάθησης κατατάσσονται ανάλογα με το είδος τους σε τρεις κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία, την Επιβλεπόμενη Μάθηση (Supervised Learning), κάθε δεδομένο (είσοδος) αντιστοιχεί σε έναν στόχο (έξοδος) και το μοντέλο παρακολουθεί τη σχέση των δύο, προβλέποντας ετικέτες ή αποτελέσματα για νέα, άγνωστα δεδομένα. Η δεύτερη κατηγορία είναι η Μη Επιβλεπόμενη Μάθηση (Unsupervised Learning), στην οποία δεν υπάρχουν ετικέτες και το μοντέλο αναζητεί συσχετίσεις και πρότυπα ανάμεσα σε δεδομένα, ομαδοποιώντας τα και αναδεικνύοντας ομοιότητες μεταξύ παρατηρήσεων. Η τρίτη κατηγορία είναι η Ενισχυτική Μάθηση (Reinforced Learning), όπου το μοντέλο μαθαίνει μέσω της δοκιμής και του σφάλματος (trial and error) αλληλοεπιδρώντας με το περιβάλλον. Μέσα από ποινές για ανεπιθύμητες ενέργειες και αμοιβές για επιθυμητές, προσαρμόζεται σταδιακά, ώστε να μεγιστοποιεί τη συνολική αμοιβή του (Sah, 2020; Βλαχογιάννη et al., 2024).

Τα μοντέλα Επιβλεπόμενης Μάθησης, με τα οποία ασχολείται η παρούσα έρευνα, χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες: στα μοντέλα παλινδρόμησης (regression), όπου προβλέπεται μία τιμή από συνεχές σύνολο και τα μοντέλα κατηγοριοποίησης (classification), όπου προβλέπεται μία κατηγορία ή μία ετικέτα (Βλαχογιάννη et al., 2024).

ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Για αρχή πρέπει να εισαχθούν τα δεδομένα, δηλαδή οι είσοδοι (χαρακτηριστικά – features) x και η έξοδος (στόχος - target) y . Στη συνέχεια, τα δεδομένα χωρίζονται σε δεδομένα εκπαίδευσης (train) και δοκιμής (test). Το σύνολο εκπαίδευσης χρησιμοποιείται μόνο στην εκπαίδευση του μοντέλου και συνήθως αποτελεί το 80% της βάσης δεδομένων, ενώ το σύνολο ελέγχου χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της τελικής απόδοσης του μοντέλου σε άγνωστα δεδομένα και συνήθως αποτελεί το 20% της βάσης δεδομένων. Έπειτα με τα δεδομένα δοκιμής, το μοντέλο καλείται να κάνει προβλέψεις και στο τέλος υπολογίζεται το σφάλμα του μοντέλου (Sah, 2020; Βλαχογιάννη et al., 2024). Ένα κοινό πρόβλημα των συγκεκριμένων μοντέλων είναι η υπερπροσαρμογή (overfitting), δηλαδή η υπερβολική προσαρμογή του μοντέλου στα δεδομένα της εκπαίδευσης με αποτέλεσμα να μην αποδίδει στα άγνωστα δεδομένα. Μία τεχνική για να αποφευχθεί αυτό είναι η Διασταυρούμενη Επικύρωση k-fold (k-fold Cross-validation). Με αυτήν την τεχνική τα δεδομένα χωρίζονται σε k ξεχωριστά και περίπου ίσα υποσύνολα, όπου k ο

αριθμός των επαναλήψεων της εκπαίδευσης του μοντέλου. Το μοντέλο κάθε φορά εκπαιδεύεται στο άθροισμα των $k-1$ υποσυνόλων και δοκιμάζεται στο εναπομείναν υποσύνολο. Η απόδοση και το σφάλμα προκύπτουν από τον μέσο όρο των k επαναλήψεων (Berrar, 2019; Βλαχογιάννη et al., 2024).

Για τον υπολογισμό του σφάλματος του μοντέλου κατά την εκπαίδευση χρησιμοποιείται μία συνάρτηση κόστους (cost function), την τιμή της οποίας το μοντέλο προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει ρυθμίζοντας καλύτερα τις παραμέτρους. Ανάλογα με τον τύπο του μοντέλου χρησιμοποιούνται διαφορετικές εξισώσεις, όπως το Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα (Mean Square Error – MSE) σε παλινδρομήσεις και η Λογαριθμική Απώλεια (Logarithmic Loss) σε ταξινομήσεις. Το MSE ορίζεται ως εξής:

$$MSE = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_i - y_i)^2 \quad (11)$$

όπου m το πλήθος των παρατηρήσεων, x_i η πραγματική τιμή και y_i η εκτιμώμενη τιμή (Chicco et al., 2021). Η Λογαριθμική απώλεια ορίζεται ως εξής:

$$LogLoss = -\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{c=1}^C y_{i,c} \cdot \log(\hat{p}_{i,c}) \quad (12)$$

όπου C ο αριθμός των κατηγοριών, $y_{i,c} = 1$ αν το δείγμα i ανήκει στην κατηγορία c , αλλιώς 0 και $\hat{p}_{i,c}$ η πιθανότητα του δείγματος i να ανήκει στην κατηγορία c βάσει του μοντέλου (Terven et al., 2025).

Επικλινής κάθοδος (Gradient Descent) είναι ένας αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για την ελαχιστοποίηση της συνάρτησης κόστους, χρησιμοποιώντας την κλίση της συνάρτησης κόστους. Αρχικά, θέτει τυχαίες τιμές στις παραμέτρους και υπολογίζει την τιμή της συνάρτησης, αλλά και την κλίση της συνάρτησης ως προς κάθε παράμετρο, έτσι ώστε να ξέρει προς τα που θα μεταβάλει κάθε μεταβλητή. Ο Ρυθμός Μάθησης (Learning Rate) αφορά το μέγεθος κάθε βήματος μεταβολής των μεταβλητών και πρέπει να οριστεί προσεκτικά, καθώς μεγάλος ρυθμός παράγει γρηγορότερα αποτελέσματα, τα οποία μπορεί να μην είναι ακριβή, ενώ μικρός ρυθμός οδηγεί σε αργή εύρεση του ελάχιστου (Ruder, 2017; Βλαχογιάννη et al., 2024).

Ρύθμιση Υπερπαραμέτρων (Hyperparameter Tuning) ονομάζεται η διαδικασία εύρεσης των βέλτιστων τιμών για τις υπερπαραμέτρους του μοντέλου και επηρεάζει τη διαδικασία εκπαίδευσης του μοντέλου. Όταν αυτή η διαδικασία γίνεται με επαναληπτικούς βρόχους (for loops) το μοντέλο γίνεται υπολογιστικά απαιτητικό. Η Αναζήτηση Πλέγματος (Grid Search) επιλύει αυτό το πρόβλημα εξερευνώντας συστηματικά προκαθορισμένα σετ τιμών για τις υπερπαραμέτρους, δημιουργώντας ένα πλέγμα πιθανών τιμών και απλουστεύοντας εν τέλει τη διαδικασία (Bardinet et al., 2013). Στο Grid search αρχικά πρέπει να ορισθεί ένα πλέγμα υπερπαραμέτρων, το οποίο αποτελείται από την παράμετρο κόστους (π.χ. 0.1, 1, 10), η οποία ελέγχει την ισορροπία ανάμεσα στην ελαχιστοποίηση του σφάλματος και τη μεγιστοποίηση της ακρίβειας της απάντησης (margin maximization), και τον πυρήνα (kernel), ο οποίος είναι η μαθηματική συνάρτηση που υπολογίζει την ομοιότητα ανάμεσα σε δύο σημεία δεδομένων και μπορεί να είναι γραμμική, λογαριθμική κ.λπ. Με την εκπαίδευση και τη δοκιμή των δεδομένων,

παράγεται τιμή (float) που αντιπροσωπεύει τη βέλτιστη απόδοση και τελικά το μοντέλο καταλήγει στις βέλτιστες υπερπαραμέτρους (Hassan, 2023).

ΔΕΝΤΡΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ, ΤΥΧΑΙΑ ΔΑΣΗ ΚΑΙ XGBOOST

Τα Δέντρα Αποφάσεων (Decision Trees) είναι ένας αλγόριθμος μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιείται τόσο για ταξινόμηση όσο και για παλινδρόμηση. Η βασική τους ιδέα είναι η μοντελοποίηση του τρόπου λήψης αποφάσεων σε μορφή δέντρου, δηλαδή με ένα σύνολο από ερωτήσεις που η καθεμία καταλήγει σε διάφορες εναλλακτικές. Το decision tree ξεκινά από τη ρίζα (root node), δηλαδή όλο το σύνολο των δεδομένων και έπειτα το χωρίζει σε μικρότερα υποσύνολα μέσω κόμβων (nodes) με βάση τα χαρακτηριστικά (features) που δίνουν τον καλύτερο διαχωρισμό, δηλαδή αυτόν που χωρίζει τα δεδομένα σε ομάδες οι οποίες είναι όσο το δυνατόν πιο ομοιογενείς, συνήθως με μετρικές όπως η Εντροπία ή ο Δείκτης Gini. Το σύνολο των κόμβων αυτών καταλήγει στα φύλλα που περιέχουν την τελική πρόβλεψη χρησιμοποιώντας κάποιο κριτήριο τερματισμού (Breiman et al., 1984; Wohllwend, 2023; Βλαχογιάννη et al., 2024).

Παρά την ευκολία τους, τα δέντρα αποφάσεων αντιμετωπίζουν κάποια προβλήματα. Αρχικά, τείνουν προς την υπερπροσαρμογή και την προκατάληψη (bias) προς χαρακτηριστικά με περισσότερα επίπεδα, δηλαδή οι μεταβλητές με περισσότερες τιμές είναι πιο πιθανό να επιλεγούν για διαχωρισμούς. Επίσης, είναι ασταθής, καθώς έχει παρατηρηθεί ότι μικρές αλλαγές στα δεδομένα μπορούν να παράξουν σημαντικά διαφορετικά δέντρα, ενώ παράλληλα δυσκολεύονται να αποτυπώσουν σύνθετες σχέσεις (μη γραμμικές, γινόμενα κ.α.) (Breiman et al., 1984).

Για να αντιμετωπιστεί η υπερπροσαρμογή, η οποία αποτελεί και το βασικότερο πρόβλημα, εφαρμόζεται η τεχνική του κλαδέματος (pruning). Το κλάδεμα είναι η τακτική του κοψίματος κλαδιών που δεν συμβάλουν ουσιαστικά στην πρόβλεψη, είτε αφού αναπτυχθεί πλήρως (post-pruning) είτε πριν (pre-pruning). Για το pre-pruning εισάγονται όρια όπως μέγιστο βάθος δέντρου, ελάχιστες παρατηρήσεις ανά κόμβο, ελάχιστη μείωση σφάλματος κ.α. (Βλαχογιάννη et al., 2024). Στο post-pruning αφαιρούνται κλαδιά που αυξάνουν την πολυπλοκότητα χωρίς να βελτιώνουν αρκετά την ακρίβεια σύμφωνα με στατιστικά κριτήρια κόστους-πολυπλοκότητας όπως το cost-complexity pruning που χρησιμοποιείται από τους Breiman et al. (1984).

Τα Τυχαία Δάση (Random Forests) συνδυάζουν πολλά Decision Trees, όπου κάθε ένα δίνει την πρόβλεψή του βασισμένο σε διαφορετικό και τυχαίο υποσύνολο δεδομένων και το τελικό αποτέλεσμα προκύπτει ως συνδυασμός όλων των επιμέρους προβλέψεων. Αν το πρόβλημα είναι ταξινόμησης τότε εφαρμόζεται η τακτική της ψηφοφορίας (voting), όπου η ετικέτα με τις περισσότερες προβλέψεις γίνεται η τελική, ενώ αν πρόκειται για παλινδρόμηση λαμβάνεται ο μέσος όρος (averaging) των επιμέρους αποτελεσμάτων (Hastie et al., 2009). Μπορούν να υπολογιστούν και τιμές περιθωρίου (margin), όπου δείχνουν πόσο σίγουρο είναι το μοντέλο για το τελικό αποτέλεσμα που δίνει. Για παράδειγμα στις ταξινομήσεις η ψηφοφορία υπολογίζεται ως εξής:

$$mg(X, Y) = \text{avg}_k I(h_k(X) = Y) - \max_k \text{avg}_k I(h_k(X) = j) \quad (13)$$

όπου $av_k I(h_k(X) = Y)$ είναι ο μέσος όρος των ψήφων για τη σωστή κατηγορία και $max_{av_k I(h_k(X) = j)}$ η μέγιστη τιμή για οποιαδήποτε άλλη κατηγορία (Breiman, 2001).

Για να μειωθεί η διακύμανση (variance) μεταξύ των απαντήσεων και να αντιμετωπιστεί το overfitting, στα Random Forest χρησιμοποιείται η τακτική του bagging, δηλαδή της τυχαίας επιλογής των χαρακτηριστικών σε κάθε κόμβο. Σε κάθε δέντρο επιλέγονται τυχαία δείγματα με αντικατάσταση (bootstrap samples) από το αρχικό σύνολο δεδομένων. Με τα bootstrap samples κάθε δέντρο βλέπει ελαφρώς διαφορετικές παρατηρήσεις με μερικές επαναλαμβανόμενες και μερικές απούσες. Αυτό μειώνει τη συσχέτιση των διάφορων δέντρων μεταξύ τους και τα καθιστά ανεξάρτητα, αλλά προφανώς παρόμοια (Ibrahim, 2022). Τα εν λόγω μοντέλα είναι λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων υπολογιστικά πιο περίπλοκα, απαιτώντας και μεγαλύτερο χρόνο πρόβλεψης, παρόλο που η εκπαίδευση των επιμέρους δέντρων μπορεί να γίνει παράλληλα (Wohlwend, 2023).

Τα μοντέλα XGBoost (eXtreme Gradient Boosting) είναι μία τεχνική που συνδυάζει πολλαπλά απλά μοντέλα (weak learners) σε ένα σύνθετο ισχυρό σύνολο (ensemble). Τα μοντέλα εκπαιδεύονται διαδοχικά, όπου όταν η συνάρτηση κόστους ενός υπομοντέλου ελαχιστοποιηθεί, οι συντελεστές των μεταβλητών περνάνε στο επόμενο μέχρι να ελαχιστοποιηθεί η συνάρτηση κόστους του τελευταίου υπομοντέλου. Η διαδικασία μπορεί να περιγραφεί με τις συναρτήσεις κανονικοποιημένου στόχου (regularized objective function):

$$\mathcal{L}(\varphi) = \sum_i l(\hat{y}_i, y_i) + \sum_k \Omega(f_k) \quad (14)$$

$$\Omega(f) = \gamma T + \frac{1}{2} \lambda \|w\|^2 \quad (15)$$

όπου $l(\hat{y}_i, y_i)$ είναι η συνάρτηση κόστους, που μετρά το σφάλμα μεταξύ της πρόβλεψης $\hat{y}_i$ και της πραγματικής τιμής y_i και $\Omega(f_k)$ ο όρος κανονικοποίησης (regularization term) με T τον αριθμό των φύλλων και w τα βάρη (weights) των φύλλων. Ο όρος Ω αποτελεί ουσιαστικά μία ποινή ώστε τα δέντρα να μην γίνονται περίπλοκα και να αποφεύγεται το overfitting (Chen & Guestrin, 2016).

Στα XGBoost, συνεπώς, κάθε μοντέλο μπορεί να επικεντρωθεί στις μεταβλητές και πληροφορίες που δεν μπορούσε να ταξινομήσει σωστά το προηγούμενο. Γενικά, είναι μοντέλα υψηλής απόδοσης (high performance) και λόγω της παραλληλοποίησης μπορούν να παράξουν και ταχύτερα αποτελέσματα. Είναι ευέλικτα σε διαφορετικούς τύπους δεδομένων και αν ρυθμιστούν σωστά οι υπερπαραμέτροι, είναι αρκετά ανθεκτικά στο overfitting καθώς μπορούν να μετριάσουν την πολυπλοκότητα, ενώ συνήθως απαιτείται και Grid Search. Λόγω του μεγάλου αριθμού απλών μοντέλων δεν είναι τόσο εύκολα ερμηνεύσιμα όσο τα δέντρα αποφάσεων (Chen & Guestrin, 2016; Wohlwend, 2023).

TIMEΣ SHAP ΚΑΙ PERMUTATION

Για να κατανοηθεί η συνεισφορά κάθε μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα, χρησιμοποιούνται οι τιμές SHAP (Shapley Additive Explanations values), οι οποίες προέρχονται από τη θεωρία παιγνίων. Σε κάθε χαρακτηριστικό κατανέμεται δίκαια το μέρος της συνεισφοράς που έχει προς την τελική πρόβλεψη. Τα SHAP values μπορούν να

δώσουν παγκόσμια ερμηνεία (global interpretability), δηλαδή τη σημαντικότητα και τη συνεισφορά των χαρακτηριστικών για το σύνολο των προβλέψεων, αλλά και τοπική ερμηνεία (local interpretability), δηλαδή τη συνεισφορά των χαρακτηριστικών για μία μεμονωμένη πρόβλεψη (Messalas et al., 2019). Η τιμή SHAP ϕ_i για το χαρακτηριστικό x_i ορίζεται ως:

$$\phi_i = \sum_{S \subseteq F \setminus \{i\}} \frac{|S|!(|F|-|S|-1)!}{|F|!} [f_{S \cup \{i\}}(x_{S \cup \{i\}}) - f_S(x_S)] \quad (16)$$

όπου F το σύνολο των χαρακτηριστικών, S το υποσύνολο των χαρακτηριστικών εκτός του i και $f(S)$ η έξοδος του μοντέλου όταν μόνο τα χαρακτηριστικά του S λαμβάνονται υπόψη (Lundberg & Lee, 2017).

Το Permutation είναι μία τεχνική επιθεώρησης του μοντέλου που αποδίδει ένα μέτρο σημαντικότητας για μοντέλα μηχανικής μάθησης. Ουσιαστικά, πρόκειται για τη διαδικασία του εκπαιδευμένου μοντέλου, όπου οι τιμές των χαρακτηριστικών μετατίθενται τυχαία και η απόδοση αυτή συγκρίνεται με την αρχική μορφή του μοντέλου (Βλαχογιάννη et al., 2024). Και οι τιμές SHAP και η σημαντικότητα κατά permutation είναι σημαντικά βοηθήματα για τη σωστότερη ανάπτυξη ενός μοντέλου.

3.4.3 ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Στα μοντέλα κατηγοριοποίησης, τα μέτρα απόδοσης που χρησιμοποιούνται βασίζονται στον πίνακα σύγχυσης (confusion matrix). Για ένα μοντέλο 2 κατηγοριών, το confusion matrix διαμορφώνεται όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΜΗΤΡΩΟ ΣΥΓΧΥΣΗΣ

		Πρόβλεψη	
		Κατηγορία 0	Κατηγορία 1
Αληθείς	Κατηγορία 0	TN	FP
	Κατηγορία 1	FN	TP

True Negative (TN) είναι όσα παραδείγματα ανήκουν στην κλάση 0 και ταξινομήθηκαν σωστά, False Negative (FN) όσα ανήκουν στην έξοδο 1, αλλά ταξινομήθηκαν στη 0, False Positive (FP) όσα ανήκουν στην κλάση 0, αλλά ταξινομήθηκαν λάθος και True Positive (TP) όσα ανήκουν στην έξοδο 1 και κατηγοριοποιήθηκαν σωστά.

Μέτρα που εξετάζουν την εγκυρότητα του μοντέλου είναι η ορθότητα (accuracy), η ευαισθησία (recall), η ακρίβεια (precision), η εξειδίκευση, το μέτρο F1 και η καμπύλη λειτουργικών χαρακτηριστικών (ROC – AUC). Η ορθότητα, η οποία δείχνει πόσο σωστά πρόβλεψε το μοντέλο συνολικά, προκύπτει από τον τύπο:

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (17)$$

Η ευαισθησία δείχνει από όσα ήταν θετικά πόσα βρήκε, δηλαδή:

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (18)$$

Η ακρίβεια δείχνει από όσα προέβλεψε θετικά πόσα ήταν όντως, δηλαδή:

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (19)$$

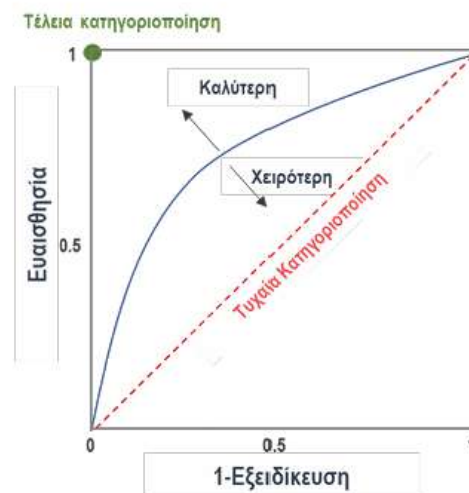
Η εξειδίκευση δείχνει από όσα προέβλεψε αρνητικά πόσα ήταν όντως, δηλαδή:

$$Specificity = \frac{TN}{FP+TN} \quad (20)$$

Το μέτρο F1 ορίζεται ως ο αρμονικός μέσο όρος της ευαισθησίας και της ακρίβειας και άρα δείχνει πόσο ισορροπημένο είναι το μοντέλο. Ορίζεται ως εξής:

$$F1\ score = \frac{2TP}{2TP+FP+FN} \quad (21)$$

Τα TP (true positives) ονομάζονται και οφέλη και τα FP (false positives) κόστος. Η καμπύλη ROC-AUC ουσιαστικά οπτικοποιεί και ποσοτικοποιεί την αντιστάθμιση ανάμεσα σε κόστος και όφελος. Μία τέλεια πρόβλεψη θα έπαιρνε την τιμή 1, ενώ ένα μοντέλο που θα έδινε τυχαίες προβλέψεις την τιμή 0.5 (Βλαχογιάννη et al., 2024) (Διάγραμμα 2).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: ΚΑΜΠΥΛΗ ROC

Το Διάγραμμα 2 έχει ληφθεί από το βιβλίο των Βλαχογιάννη et al. (2024).

ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Ένα καλό μοντέλο πρέπει να είναι και καλά προσαρμοσμένο. Για τα μοντέλα κατηγοριοποίησης το κλασικό R^2 δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Αντ' αυτού χρησιμοποιείται συνήθως το McFadden's pseudo R^2 ως μέτρο καλής προσαρμογής (goodness of fit). Για λογιστικά μοντέλα ισούται με:

$$R_{McF}^2 = 1 - \frac{l_M}{l_0} \quad (22)$$

όπου l_0 ο λογάριθμος της πιθανοφάνειας του μηδενικού μοντέλου (μόνο σταθερές με μηδενικούς συντελεστές), ενώ l_M ο λογάριθμος της πιθανοφάνειας του εκτιμώμενου μοντέλου. Μέγιστη ακρίβεια σε μοντέλο υπάρχει όταν ισούται με 1 και μηδενική όταν ισούται με 0. Τιμές στο 0.2-0.4 θεωρούνται εξαιρετικές (McFadden, 1977; Veall &

Zimmermann, 1996). Τιμές από 0.1 έως 0.2 θεωρούνται ικανοποιητικές και είναι πολύ συνήθεις σε λογιστικά μοντέλα.

Για να αποφευχθεί η πολυπλοκότητα του μοντέλου χρησιμοποιείται και το AIC και BIC που εξηγήθηκαν στο κεφάλαιο 3.4.1 Οικονομετρικά Μοντέλα. Υπολογίζονται ως εξής:

$$AIC = -2l_M + 2p \quad (23)$$

$$BIC = -2l_M + p \ln(n) \quad (24)$$

όπου p το σύνολο των παραμέτρων που υπολογίζονται στο μοντέλο και n το δείγμα. Όσο πιο μικρές οι τιμές των AIC και BIC, τόσο καλύτερο το μοντέλο (Aho et al., 2014).

4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ

Για να κατανοηθεί η συμπεριφορά των οδηγών σχετικά με τους περιμετρικούς σταθμούς στάθμευσης οχημάτων, έπρεπε πρώτα να διαμορφωθεί το ερωτηματολόγιο και να αποφασισθεί τι θα ερωτηθεί έτσι ώστε να αποκωδικοποιηθεί η στάση των πολιτών απέναντι στην προτεινόμενη πολιτική. Έπειτα από επισκόπηση άλλων ερευνών, αποφασίσθηκε το πλήθος, η στόχευση και η τελική διατύπωση των ερωτήσεων. Τα ερωτηματολόγια απαρτίζονται από τρία μέρη: τις ερωτήσεις του προφίλ κινητικότητας και στάθμευσης, τις ερωτήσεις σχετικές με την αποδοχή του προτεινόμενου μέτρου – συμπεριλαμβανομένων και των σεναρίων δεδηλωμένης προτίμησης και τις δημογραφικές ερωτήσεις.

Το πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου είχε ερωτήσεις σχετικά με τις συνήθειες κινητικότητας και στάθμευσης των ερωτηθέντων. Επειδή το αντικείμενο της έρευνας αφορά σε πολιτική στάθμευσης, αποφασίστηκε να υπάρχει ένας συνδυασμός ερωτήσεων κινητικότητας και στάθμευσης. Στο δεύτερο μέρος, οι ερωτήσεις αφορούσαν την αποδοχή του προτεινόμενου μέτρου, όπως για τη στάση των ερωτώμενων απέναντι στην προτεινόμενη πολιτική και την αξιοποίηση του απελευθερωμένου από σταθμευμένα οχήματα χώρου. Στο συγκεκριμένο μέρος περιλήφθηκαν και τα σενάρια δηλωμένης προτίμησης. Το τελευταίο μέρος απαρτιζόταν από ερωτήσεις για τα δημογραφικά στοιχεία του συμμετέχοντα, όπως το φύλο, η απασχόληση κ.α.

4.1.1 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ

Τα σενάρια δηλωμένης προτίμησης αποφασίστηκε να αποτελούνται από δύο εναλλακτικές. Η εναλλακτική 1 ήταν η παρόδια στάθμευση και η εναλλακτική 2 η στάθμευση σε περιμετρικό σταθμό. Ως μεταβλητές έπρεπε να βρεθούν οι παράγοντες που επηρεάζουν τη στάθμευση και για τα επίπεδα να αναζητηθούν ρεαλιστικές τιμές, ώστε τα σενάρια να είναι ισορροπημένα. Στον Πίνακα 3 φαίνονται οι παράμετροι με τα αντίστοιχα επίπεδα τιμών που λήφθηκαν υπόψη στη διαμόρφωση των σεναρίων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΕΔΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

	Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 2
Επιλογή στάθμευσης	Επί της οδού	Περιμετρικός σταθμός
Απόσταση από κατοικία	600, 800, 1000 μέτρα	
Χρόνος αναζήτησης στάθμευσης	10, 25, 40 λεπτά	2, 5, 7 λεπτά
Μηνιαίο κόστος	0 €	30, 60, 90€

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3, για την απόσταση από την κατοικία λήφθηκαν κοινά επίπεδα και στις δύο εναλλακτικές. Το κόστος στάθμευσης για τη στάθμευση επί της οδού προφανώς είναι μηδενικό, ενώ στους περιμετρικούς σταθμούς έγινε προσπάθεια τα επίπεδα να είναι ρεαλιστικά, παρατηρώντας και ανάλογες πολιτικές, όπως το SAEMES στη Γαλλία (*Carte*). Επίσης, ο χρόνος αναζήτησης διαμορφώθηκε ρεαλιστικά, όπου για τους περιμετρικούς σταθμούς υπολογίστηκε πόσο περίπου χρειάζεται ένα όχημα να μπει σε

ένα κλειστό γκαράζ και να σταθμεύσει. Στον Πίνακα 4 φαίνεται το Σενάριο 2 του ερωτηματολογίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΤΥΠΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Σενάριο 2	Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 2
Επιλογή στάθμευσης	Επί της οδού	Περιμετρικός σταθμός
Απόσταση από κατοικία	1000 μέτρα	800 μέτρα
Χρόνος αναζήτησης στάθμευσης	25 λεπτά	2 λεπτά
Μηνιαίο κόστος	0 €	90 €

Στην τελική επιλογή των σεναρίων χρησιμοποιήθηκε κλασματικός ορθογώνιος σχεδιασμός και τελικά επιλέχθηκε να διαμορφωθούν 6 σενάρια. Τα σενάρια αυτά έγιναν προσπάθεια να είναι ισορροπημένα και να εξεταστούν τα διαφορετικά επίπεδα μεταξύ τους.

4.1.2 ΔΙΑΜΟΙΡΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ο διαμοιρασμός των ερωτηματολογίων έγινε ηλεκτρονικά και τα δεδομένα συγκεντρώθηκαν σε ψηφιακή μορφή. Αρχικά έγινε μία δοκιμαστική προώθηση του ερωτηματολογίου σε μικρό δείγμα. Αφού συλλέχθηκαν οι πρώτες 30 απαντήσεις, έγιναν οι απαραίτητες αλλαγές στα σενάρια όσον αφορά τα επίπεδα και τον σχεδιασμό. Επίσης, λήφθηκαν υπόψη σχόλια από τους ερωτηθέντες και για τις υπόλοιπες ερωτήσεις και έγιναν μικρές διορθώσεις διατύπωσης ώστε να γίνουν πιο κατανοητές. Τα τελικά ερωτηματολόγια μοιράστηκαν διαδικτυακά σε κατοίκους της Αθήνας και το δείγμα τελικά έφτασε τις 658 απαντήσεις. Το τελικό ερωτηματολόγιο βρίσκεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.

4.2 ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όσο συγκεντρωνόντουσαν οι απαντήσεις, παρακολουθούταν σε τακτική βάση το δείγμα ώστε να διασφαλισθεί η στατιστική του σημαντικότητα και έτσι να γίνει σωστότερη προώθηση του ερωτηματολογίου σε υποαντιπροσωπευμένες ομάδες.

4.2.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΈΛΕΓΧΟΙ – ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Αρχικά, διαμορφώθηκε κώδικας ο οποίος παρακολουθούσε το σφάλμα του δείγματος και την αντιπροσωπευτικότητα του για τις διάφορες κατηγορίες. Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του σφάλματος e του δείγματος είναι ο εξής:

$$e = Z \cdot \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \times \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \quad (25)$$

όπου $Z = 1.96$ για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, $p = 0.5$ στη δυσμενέστερη περίπτωση και ως τέτοιο θα ληφθεί, ενώ n το μέγεθος του δείγματος και N ο πραγματικός πληθυσμός. Το σφάλμα του δείγματος σε σχέση με τον πληθυσμό του πολεοδομικού συγκροτήματος Αθηνών - Πειραιώς υπολογίστηκε $\pm 3.82\%$, το οποίο είναι κάτω από 5% και άρα παρέχει εμπιστοσύνη για τα αποτελέσματα.

Ο δεύτερος στατιστικός έλεγχος αφορούσε την αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος, δηλαδή ο έλεγχος χ^2 . Καταρχάς, συγκεντρώθηκαν τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ τόσο στον Κεντρικό Τομέα Αθηνών, όσο και στο Πολεοδομικό Συγκρότημα Αθηνών-Πειραιώς και σε

κάθε περιοχή έγιναν οι ίδιοι έλεγχοι, ούτως ώστε να βρίσκονται οι υποεκπροσωπούμενες κατηγορίες. Υπολογίστηκαν έπειτα οι συχνότητες στο δείγμα και στα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, όπου και κανονικοποιήθηκαν οι αναμενόμενες συχνότητες έτσι ώστε να ταιριάζουν με το δείγμα (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β). Τέλος καθορίστηκαν οι βαθμοί ελευθερίας υπολογίστηκε το χ^2 και το p-value. Όπου το p-value πήρε τιμή κάτω από 0.05, θεωρήθηκε ότι το δείγμα δεν είναι αντιπροσωπευτικό στην συγκεκριμένη κατηγορία. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου αντιπροσωπευτικότητας για τις κατηγορίες φύλο και ηλικία. Όπως φαίνεται στο φύλο υπάρχει αντιπροσωπευτικότητα στο δείγμα, ενώ στην ηλικία όχι. Στην στήλη ομάδα φαίνεται η ηλικιακή ομάδα που παρουσίασε διαφορά παρατηρηθείσας (στο δείγμα) και αναμενόμενης (στον πληθυσμό) συχνότητας μεγαλύτερη από 10%. Δηλαδή, το ποσοστό των άνω των 65 στο λεκανοπέδιο είναι 15% μεγαλύτερο απ’ ότι στο δείγμα. Αυτό είναι λογικό καθώς οι μεγαλύτερες ηλικιακές ομάδες οδηγούν λιγότερο και άρα το ενδιαφέρον τους για πολιτικές στάθμευσης είναι μειωμένο.

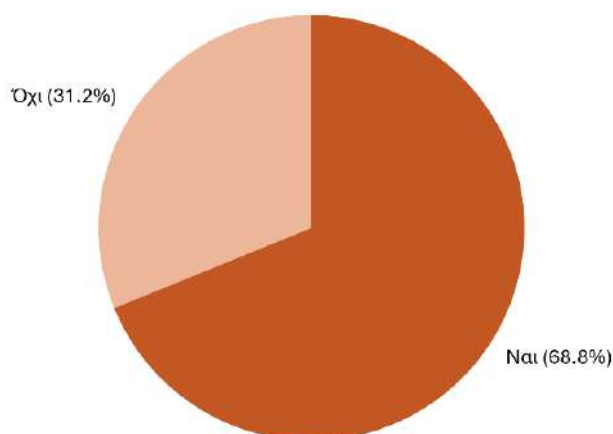
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΥΓΧΟΥ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

	χ^2	p-value	df	Επιτυχία	Ομάδα	Διαφορά
Φύλο	3.5518	0.0595	1	Ναι		
Ηλικία	139.9826	0.0000	5	Όχι	>65	-15.43%

4.2.2 ΕΠΕΞΗΓΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρατίθενται συγκεντρωτικά με τη μορφή διαγραμμάτων τα δημογραφικά χαρακτηριστικά και το συνολικό προφίλ κινητικότητας του δείγματος της έρευνας. Μέσω αυτών ήταν εύκολη η οπτική παρακολούθηση της ισορροπίας των εναλλακτικών, αλλά και των απαντήσεων των υπόλοιπων ερωτήσεων. Επίσης, μέσα από την οπτικοποίηση των δεδομένων ήταν εύκολο να εξαχθούν αρχικά συμπεράσματα για το δείγμα, τις συνήθειες στάθμευσης του πληθυσμού και την στάση απέναντι στην προτεινόμενη πολιτική. Δημιουργήθηκαν, επίσης και συνδυαστικά γραφήματα διάφορων απαντήσεων, τα οποία εξηγούν περαιτέρω τάσεις του δείγματος. Όλα τα οπτικά βοηθήματα κάνουν δυνατή την αντίληψη της κατανομής ορισμένων τιμών και την εύρεση ακραίων τιμών που θα επηρέαζαν τη στατιστική ανάλυση (Βλαχογιάννη et al., 2024). Στην παρούσα έρευνα, οι περισσότεροι συμμετέχοντες ήταν κάτοικοι του κέντρου σε ποσοστό 68.8% (Διάγραμμα 3).

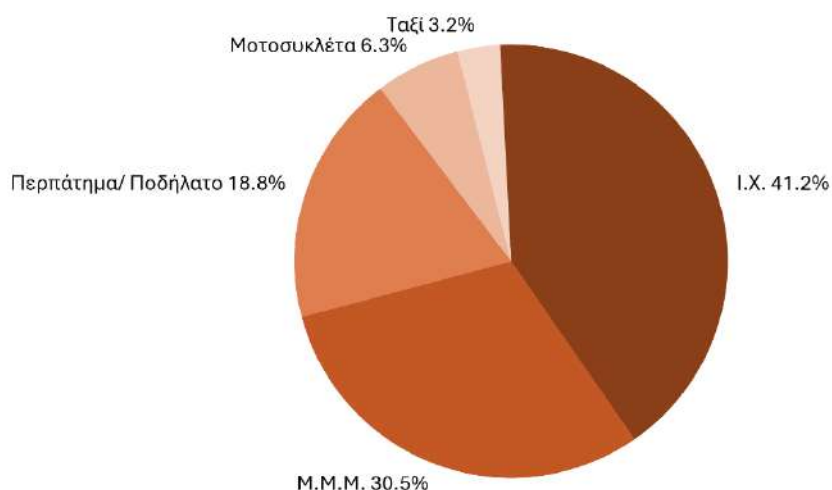
A1. Κατοικία στο κέντρο της Αθήνας



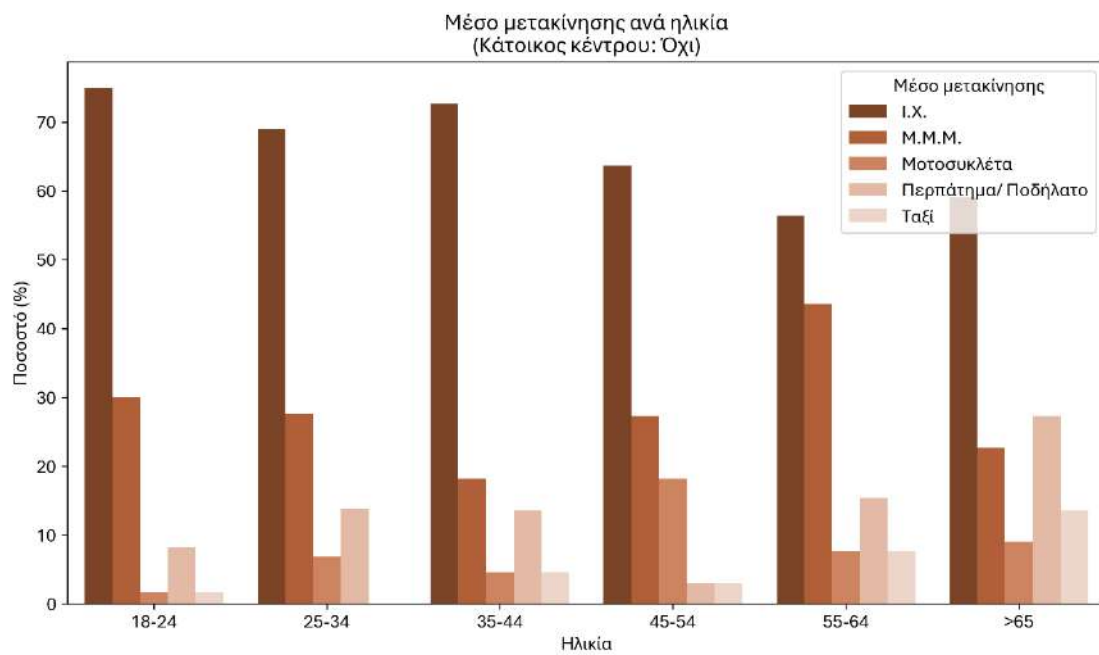
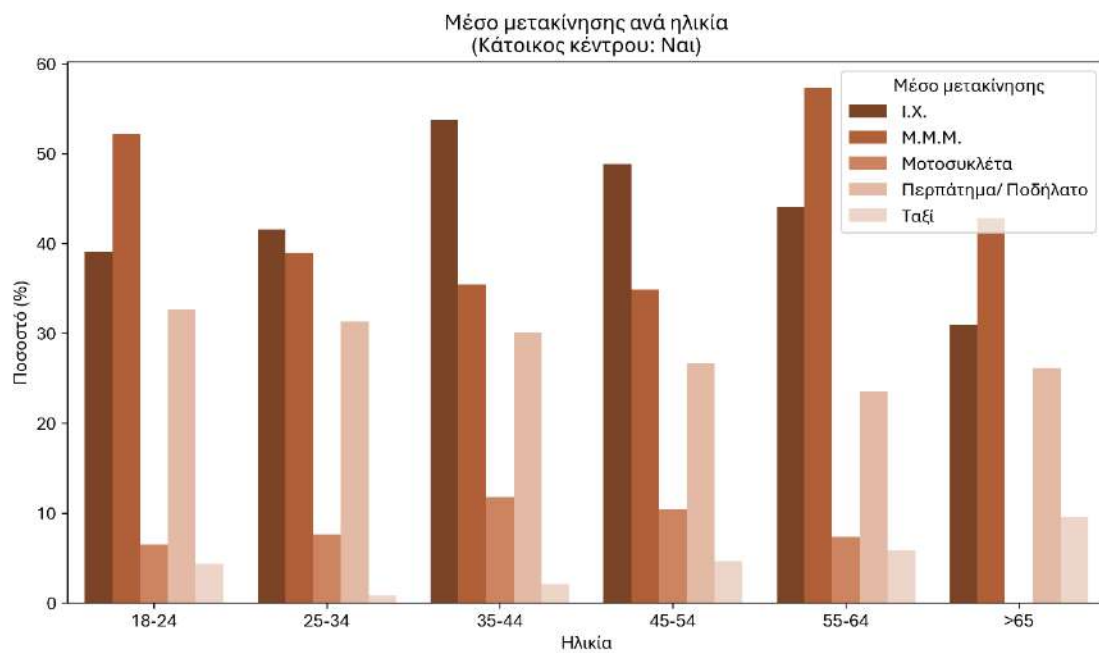
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: ΚΑΤΟΙΚΟΙ ΚΕΝΤΡΟΥ

Κατά βάση κινούνται με Ι.Χ., τα Μ.Μ.Μ. και περπατώντας ή κάνοντας ποδήλατο (Διάγραμμα 4), ενώ παρατηρείται διαφοροποίηση στην επιλογή μέσου ανάλογα με την ηλικία, το εισόδημα, αλλά και τον τόπο κατοικίας (Διάγραμμα 5, Διάγραμμα 6). Οι κάτοικοι του κέντρου φαίνεται να χρησιμοποιούν πολύ λιγότερο Ι.Χ., ενώ και στις δύο κατηγορίες κατοικίας, μέγιστη χρήση των βιώσιμων μέσων μετακίνησης εμφανίζεται στις ηλικιακές ομάδες 18-24 και 55-64 (Διάγραμμα 5). Όσον αφορά την κατανομή ανά εισόδημα (Διάγραμμα 6), στους κατοίκους του κέντρου η αυξημένη χρήση Ι.Χ. και αντίστοιχα η μειωμένη χρήση Μ.Μ.Μ. φαίνεται να σχετίζεται με μεγαλύτερα εισοδήματα, υπονοώντας συσχέτιση με τα αυξημένα κόστη ιδιοκτησίας Ι.Χ. στο κέντρο μίας πόλης, ενώ στους κατοίκους της υπόλοιπης Αθήνας το μικρότερο ποσοστό χρήσης Ι.Χ. εμφανίζονται στα μεσαία εισοδήματα.

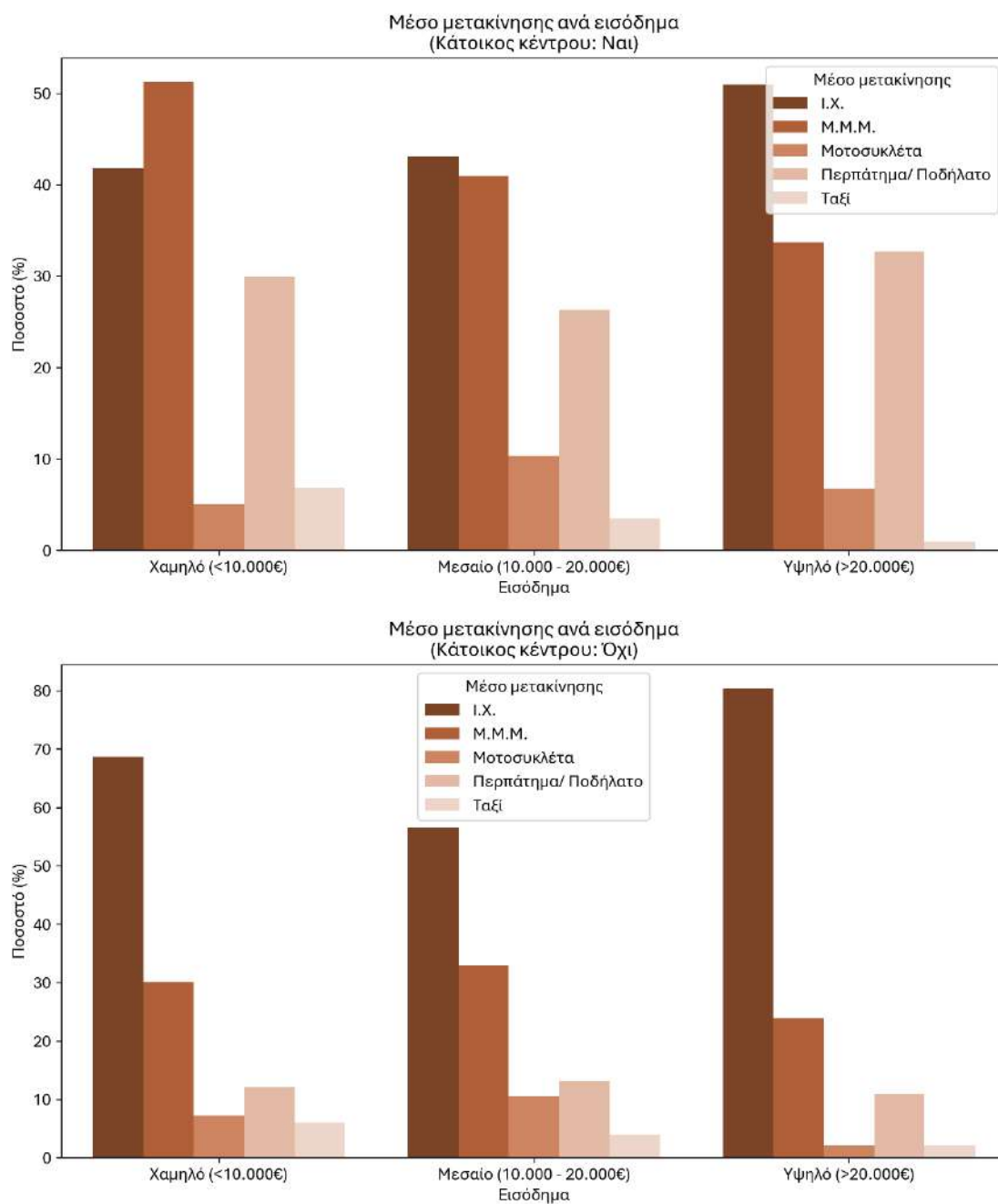
A.2/A2.1 Πιο χρησιμοποιούμενο μέσο καθημερινά (Όλες οι απαντήσεις)



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: ΠΙΟ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟ ΜΕΣΟ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ

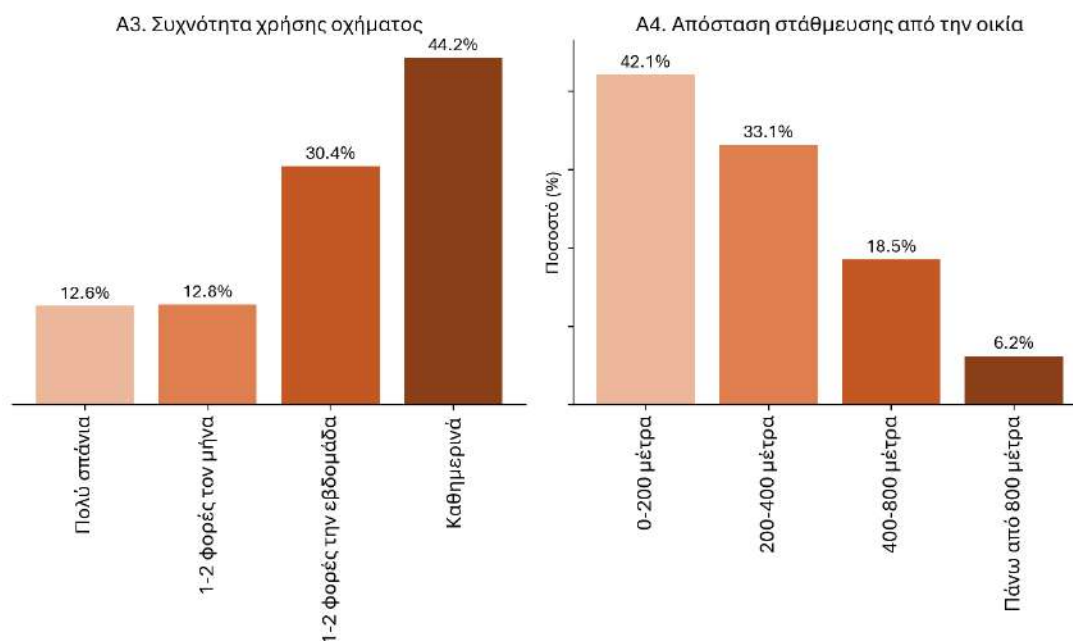


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΧΡΗΣΗΣ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ ΑΝΑ ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΟΙΚΙΑ

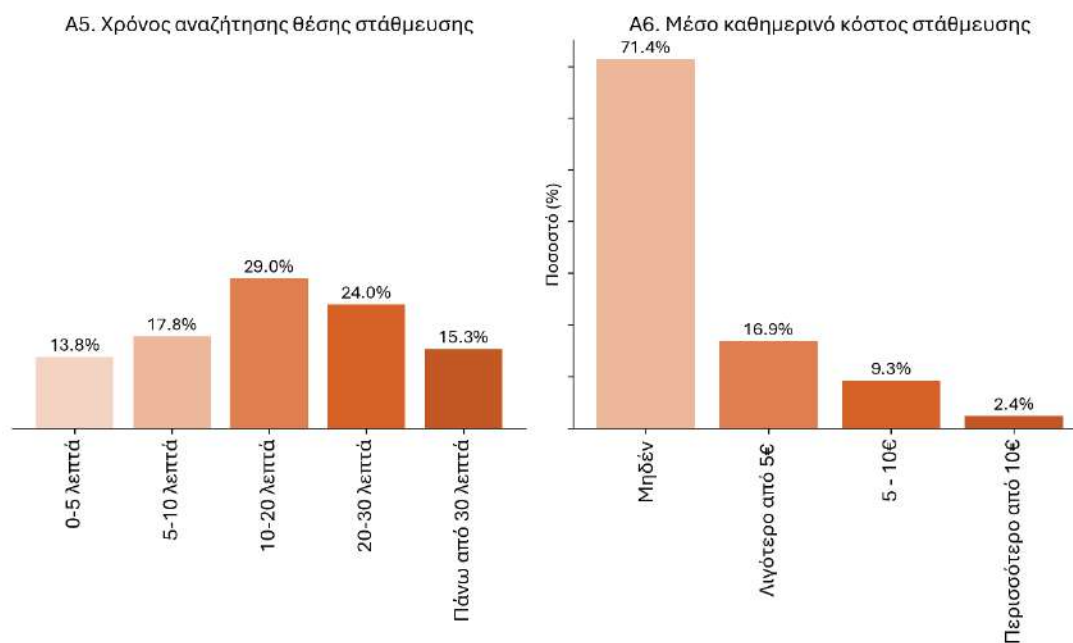


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΧΡΗΣΗΣ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ ΑΝΑ ΕΙΣΟΔΗΜΑ ΚΑΙ ΚΑΤΟΙΚΙΑ

Οι περισσότεροι συμμετέχοντες απάντησαν ότι χρησιμοποιούν το όχημα τους καθημερινά, με τις λιγότερο συχνές χρήσεις να συγκεντρώνουν λιγότερες απαντήσεις (Διάγραμμα 7). Οι περισσότεροι σταθμεύουν σε κοντινή απόσταση (<200μ.), ενώ όσο πιο μακρινή ήταν η απόσταση τόσο λιγότερες απαντήσεις είχε (Διάγραμμα 7). Μοιρασμένες είναι οι απαντήσεις στον χρόνο αναζήτησης στάθμευσης, όπου η κατηγορία των 10-20 λεπτών συγκέντρωσε ποσοστό 29% επί των συνολικών απαντήσεων (Διάγραμμα 8). Στη συντριπτική πλειοψηφία του δείγματος το μέσο καθημερινό κόστος στάθμευσης ήταν μηδενικό (Διάγραμμα 8).

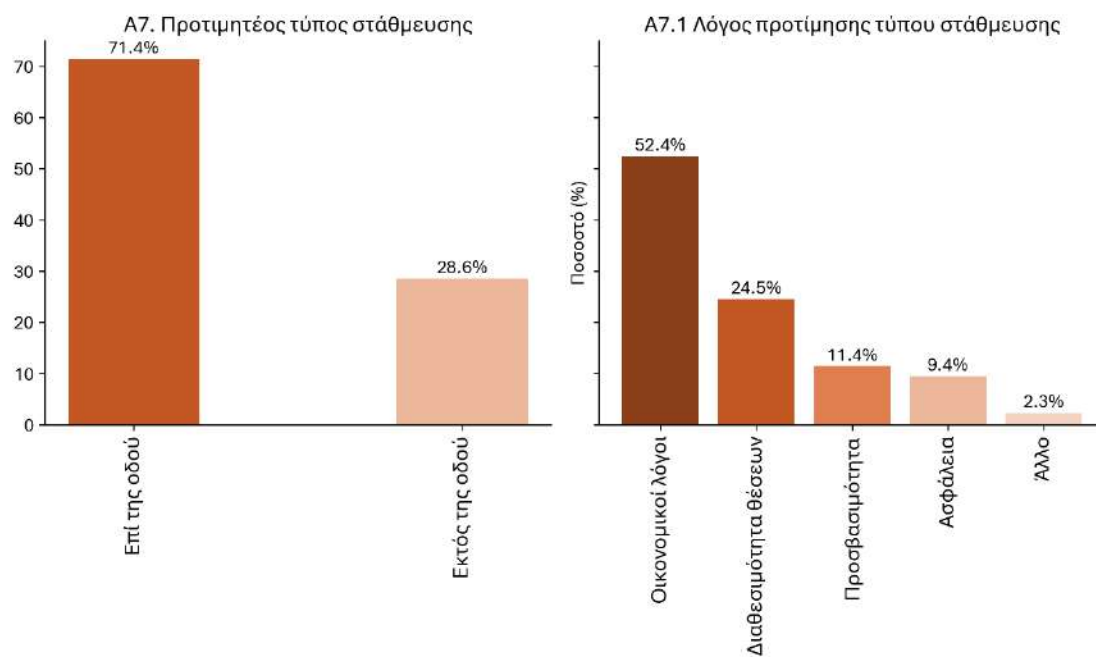


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7: ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ

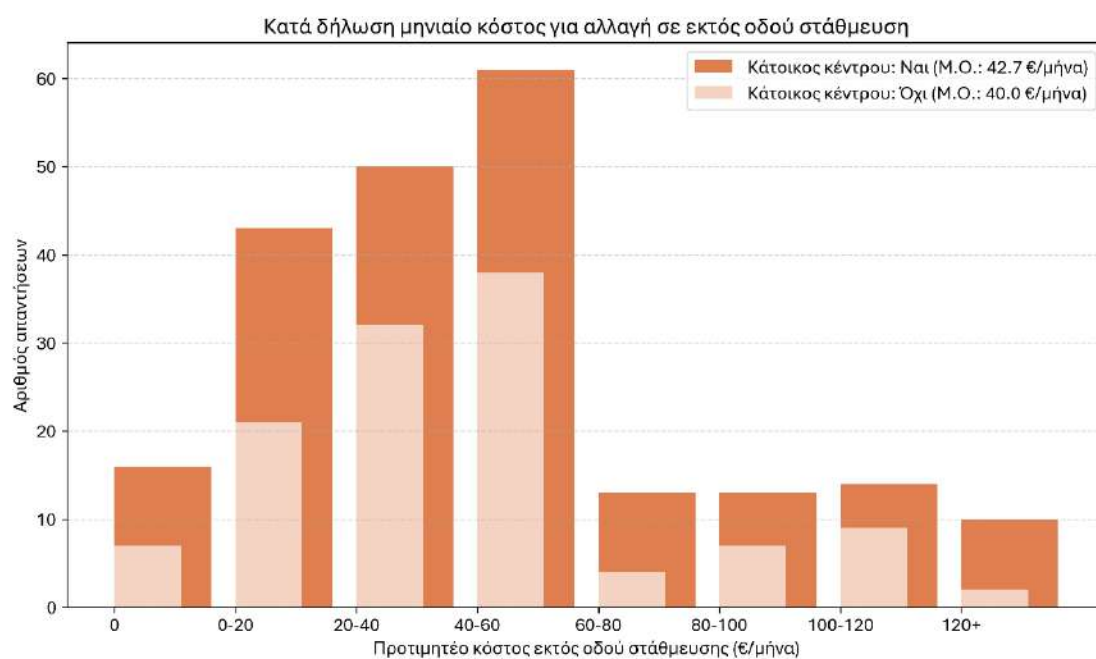
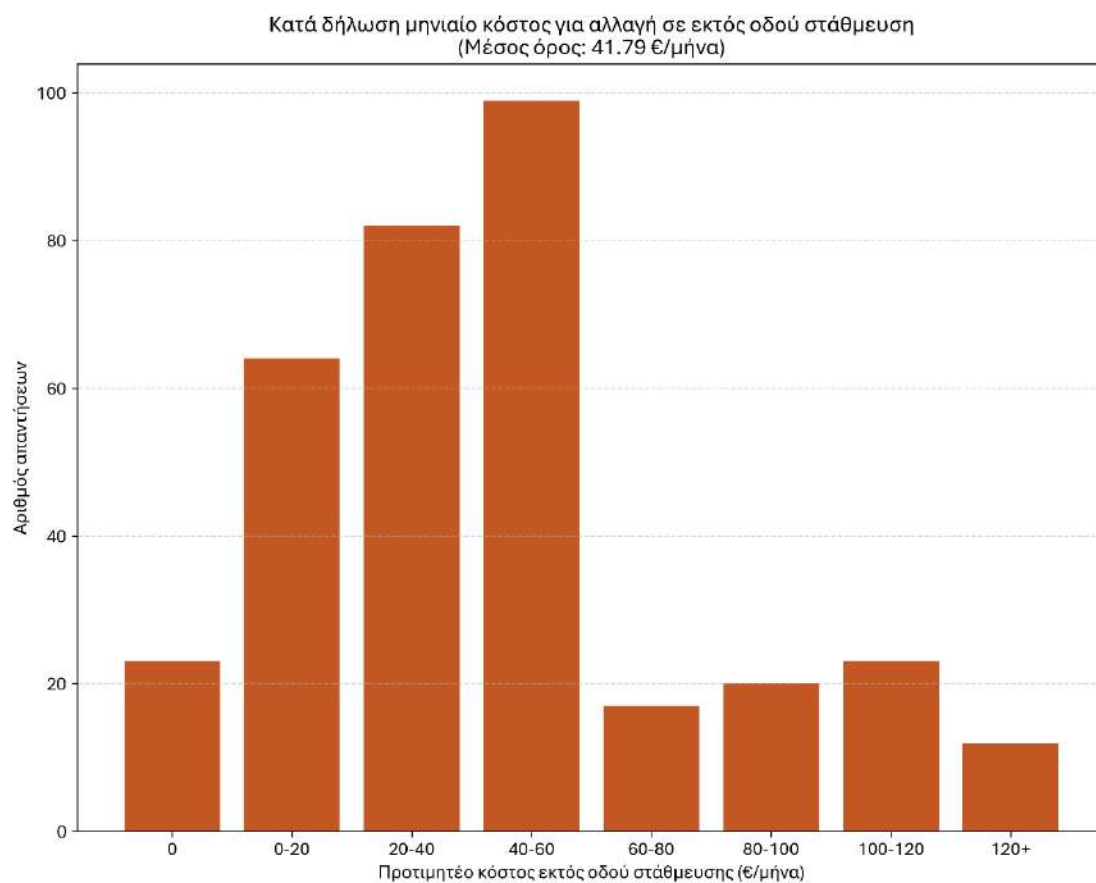


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8: ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΣΟ ΗΜΕΡΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 9, οι περισσότεροι προτιμούν τη στάθμευση επί της οδού για λόγους οικονομικούς ή διαθεσιμότητας θέσεων. Από αυτούς που απάντησαν ότι προτιμούν να σταθμεύουν επί της οδού παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 10 η κατανομή τους σύμφωνα με τη τιμή που δήλωσαν ότι θα πλήρωναν κάθε μήνα για να μετακινηθούν σε θέση εκτός οδού. Ανάμεσα στους κατοίκους του κέντρου και τους υπόλοιπους δεν παρουσιάζεται σημαντική διαφορά ούτε στην κατανομή ούτε στον μέσο όρο των δηλωμένων τιμών. Η μέση κατά δήλωση τιμή όλου του δείγματος ανήλθε στα 41.79€ τον μήνα.



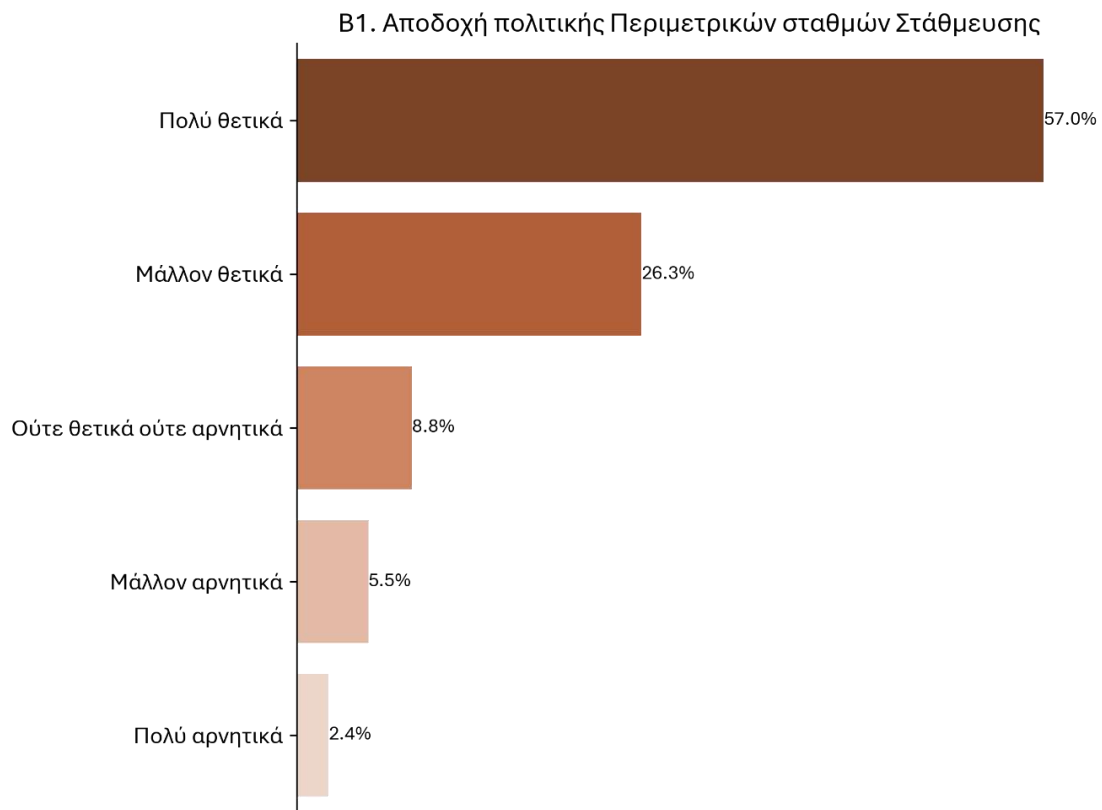
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9: ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ ΤΥΠΟΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΛΟΓΟΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ



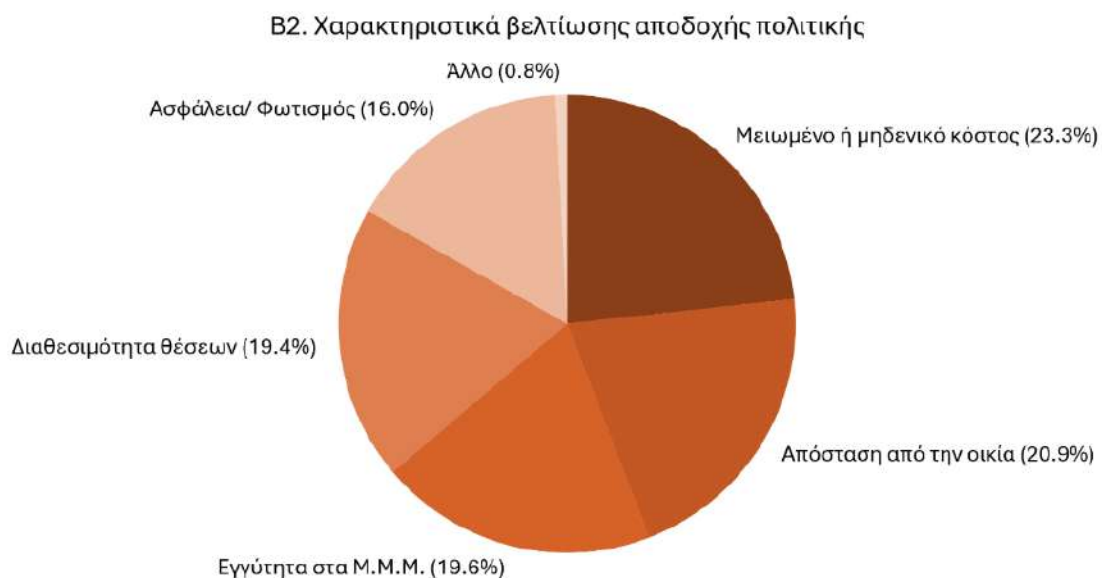
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10: ΚΑΤΑ ΔΗΛΩΣΗ ΜΗΝΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΑΛΛΑΓΗ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΟΔΟΥ

Περνώντας στο Β τμήμα του ερωτηματολογίου, το δείγμα φάνηκε να κινείται θετικά προς την προτεινόμενη πολιτική με το 83.3% να απαντάει θετικά ή μάλλον θετικά (Διάγραμμα 11). Σύμφωνα με το Διάγραμμα 12, τα χαρακτηριστικά που θεώρησαν πιο σημαντικά οι συμμετέχοντες ώστε να γίνει η πολιτική πιο αποδεκτή είναι αρκετά ισοδύναμα. Οριακά

χαμηλότερη απήχηση είχε η ασφάλεια και ο φωτισμός, αλλά οι διαφορές ποσοστιαία είναι πολύ μικρές. Για την αξιοποίηση του χώρου που θα προκύψει από τη μείωση των παρόδιων θέσεων, οι ερωτώμενοι προτίμησαν τη διεύρυνση των πεζοδρομίων και τη δενδροφύτευση (Διάγραμμα 13), υποδεικνύοντας τις ανάγκες που θεωρούν ότι έχει ο αστικός δημόσιος χώρος.

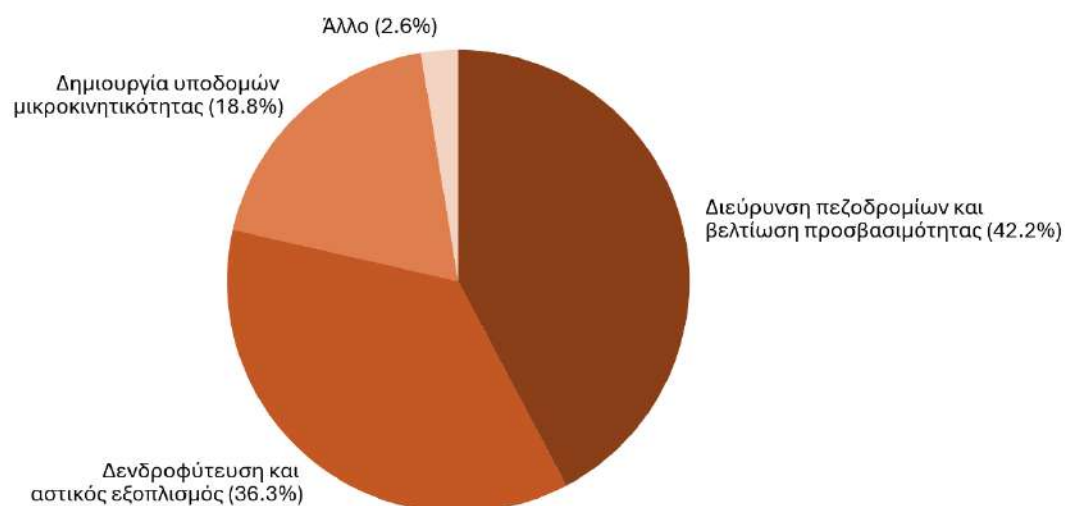


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11: ΑΠΟΔΟΧΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ



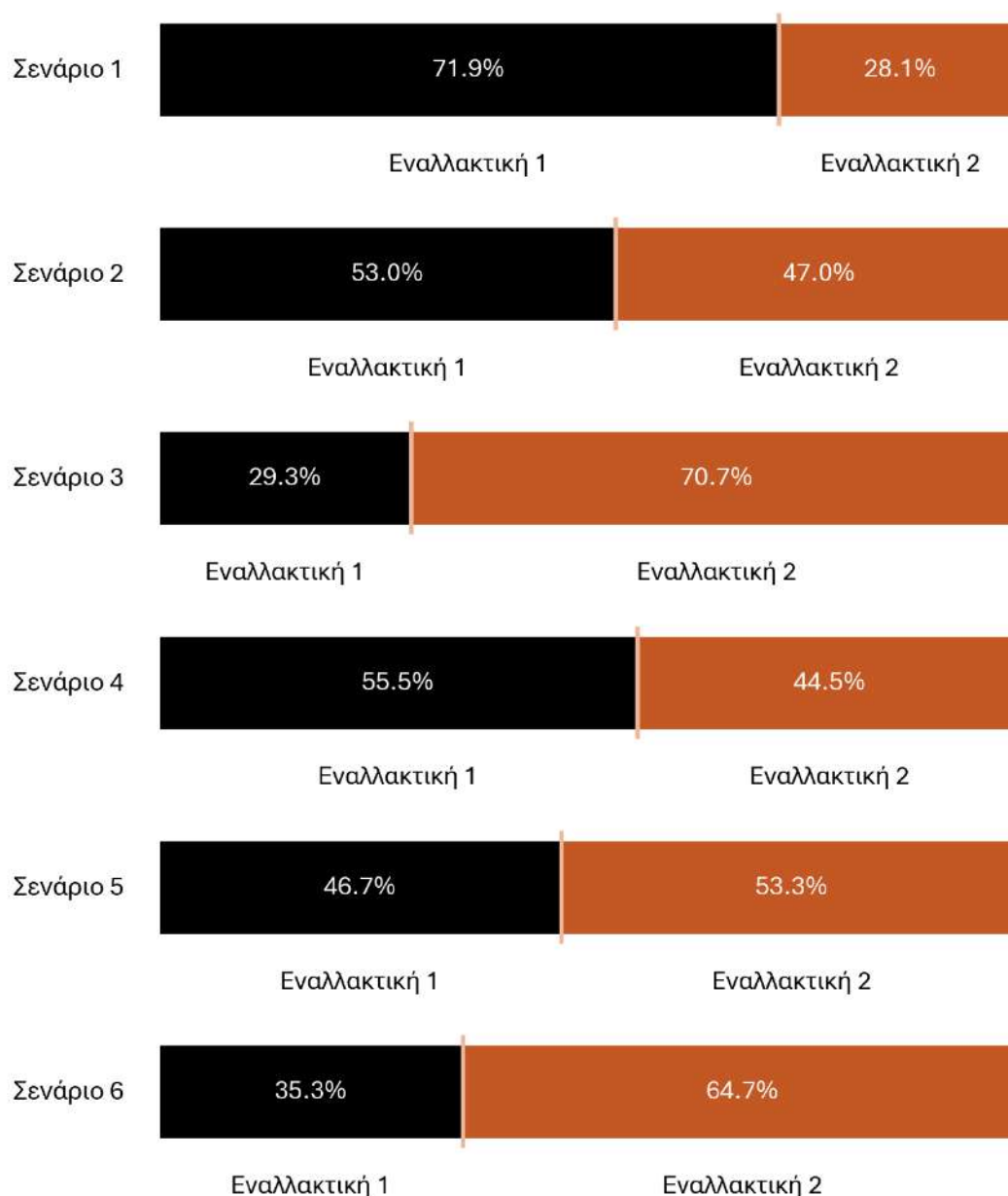
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 12: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΕΤΡΟΥ

B3. Αξιοποίηση ελευθερωμένου από σταθμευμένα οχήματα χώρου



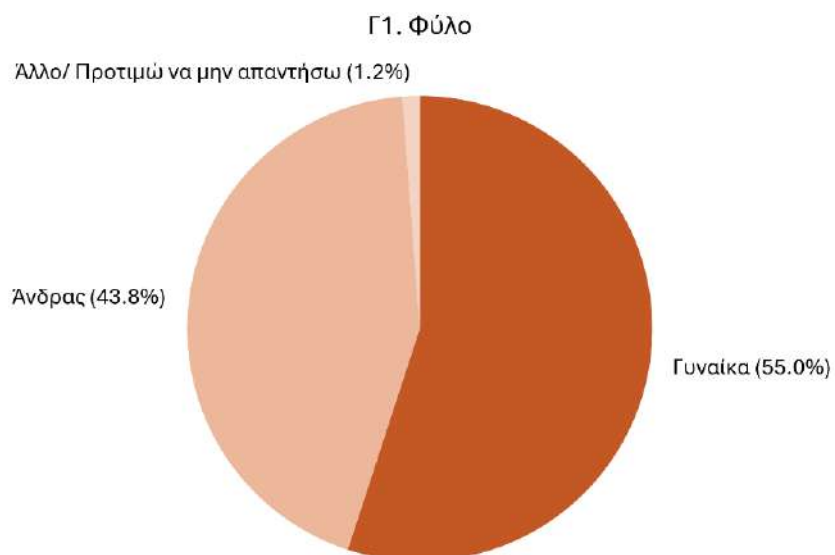
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13: ΤΡΟΠΟΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΟΥ ΧΩΡΟΥ

Στο Διάγραμμα 14, παρουσιάζονται τα 6 σενάρια με τα ποσοστά επιλογής κάθε εναλλακτικής. Στο σύνολο των σεναρίων η εναλλακτική 1 επιλέχθηκε σε ποσοστό 48.36% και η εναλλακτική 2 σε ποσοστό 51.64%.

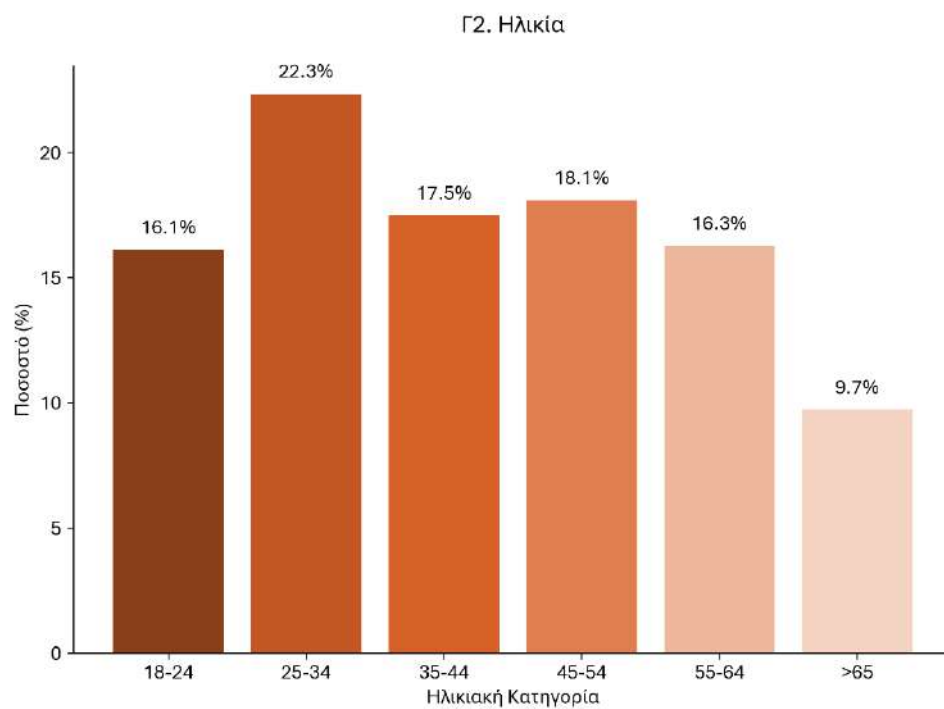


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 14: ΣΕΝΑΡΙΑ ΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ

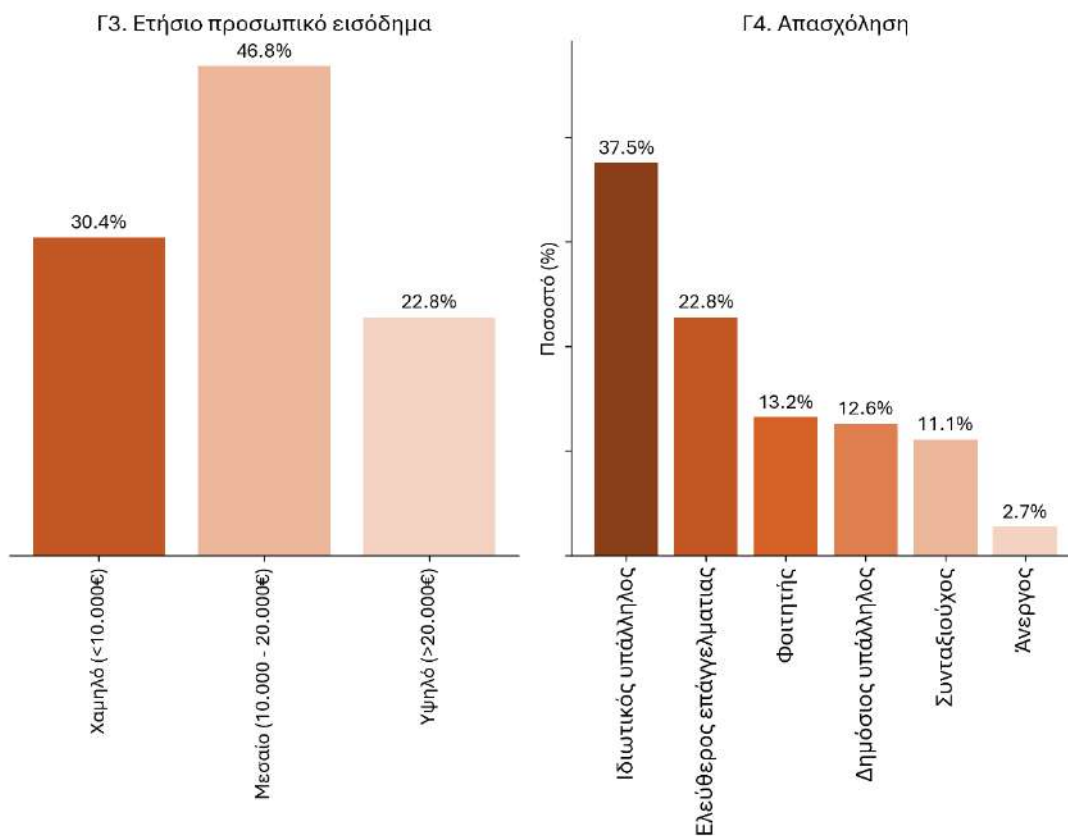
Το δείγμα σε ποσοστό 55% αποτελείται από γυναίκες (Διάγραμμα 15), ενώ η ηλικιακά κατανέμεται ισομερώς (Διάγραμμα 16). Εισοδηματικά κατά βάση ανήκει στα μεσαία εισοδήματα, ενώ απασχολούνται κυρίως ως ελεύθεροι επαγγελματίες ή ιδιωτικοί υπάλληλοι (Διάγραμμα 17). Οι συμμετέχοντες μένουν σε νοικοκυριά έως 4 ατόμων κυρίως (Διάγραμμα 18) και είναι ακαδημαϊκής μόρφωσης στην πλειοψηφία τους (Διάγραμμα 19). Οι περισσότεροι ερωτώμενοι είναι κάτοχοι οχήματος (Διάγραμμα 20), κατά βάση αυτοκινήτου πόλης και κατά πλειοψηφία κάθε νοικοκυριό έχει 1 όχημα (Διάγραμμα 21).



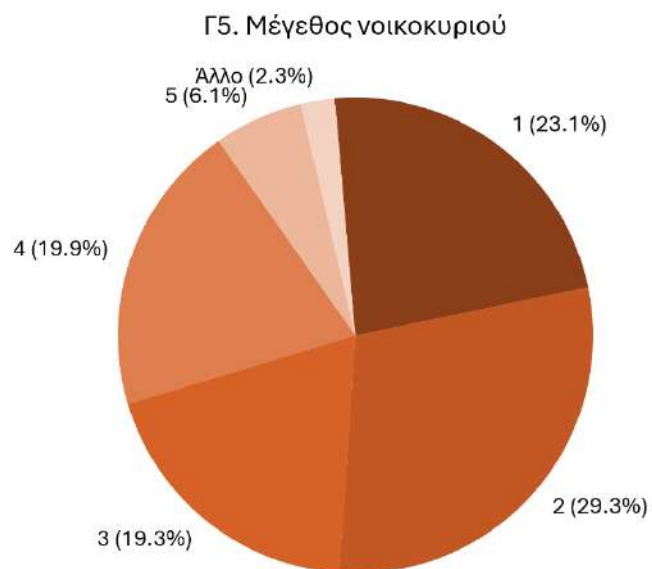
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 15: ΦΥΛΟ



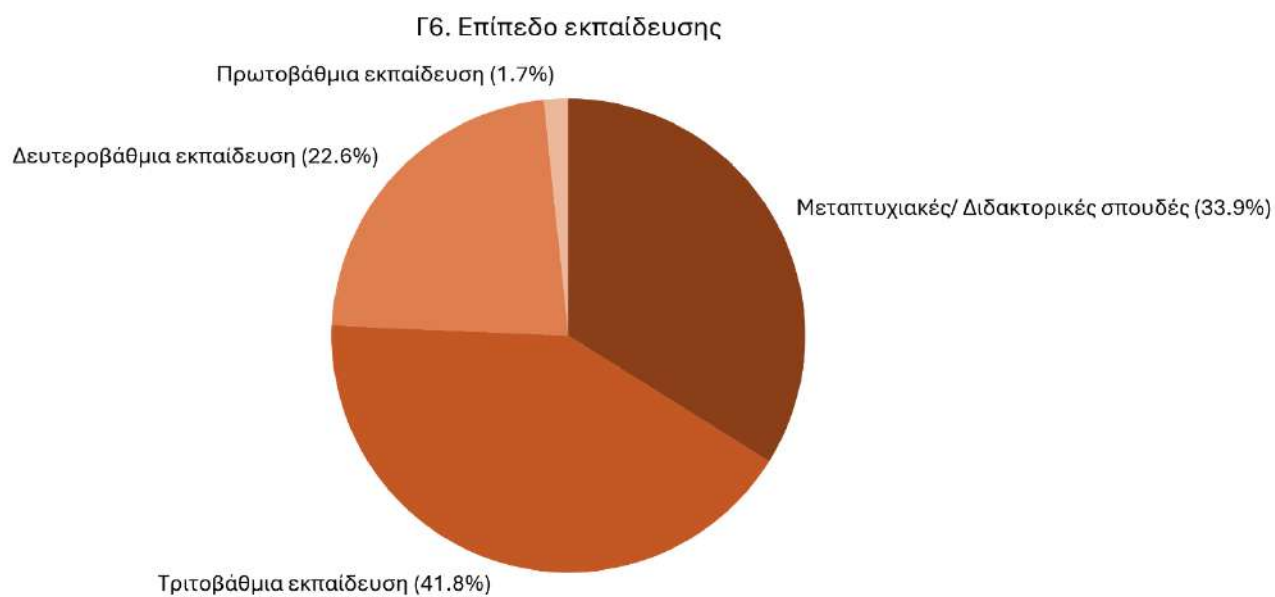
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 16: ΗΛΙΚΙΑ



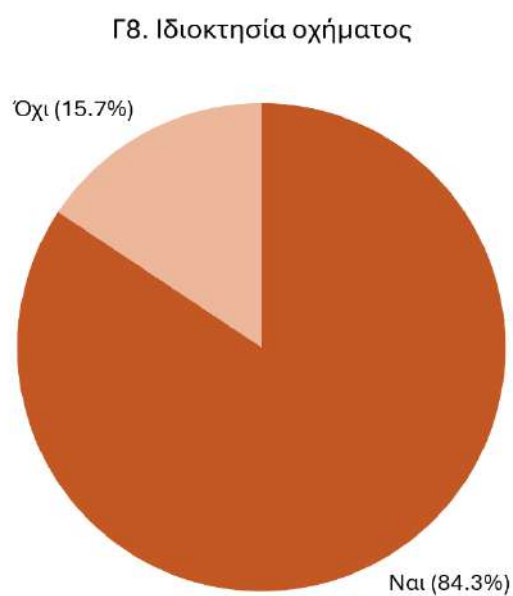
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 17: ΕΙΣΟΔΗΜΑ ΚΑΙ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ



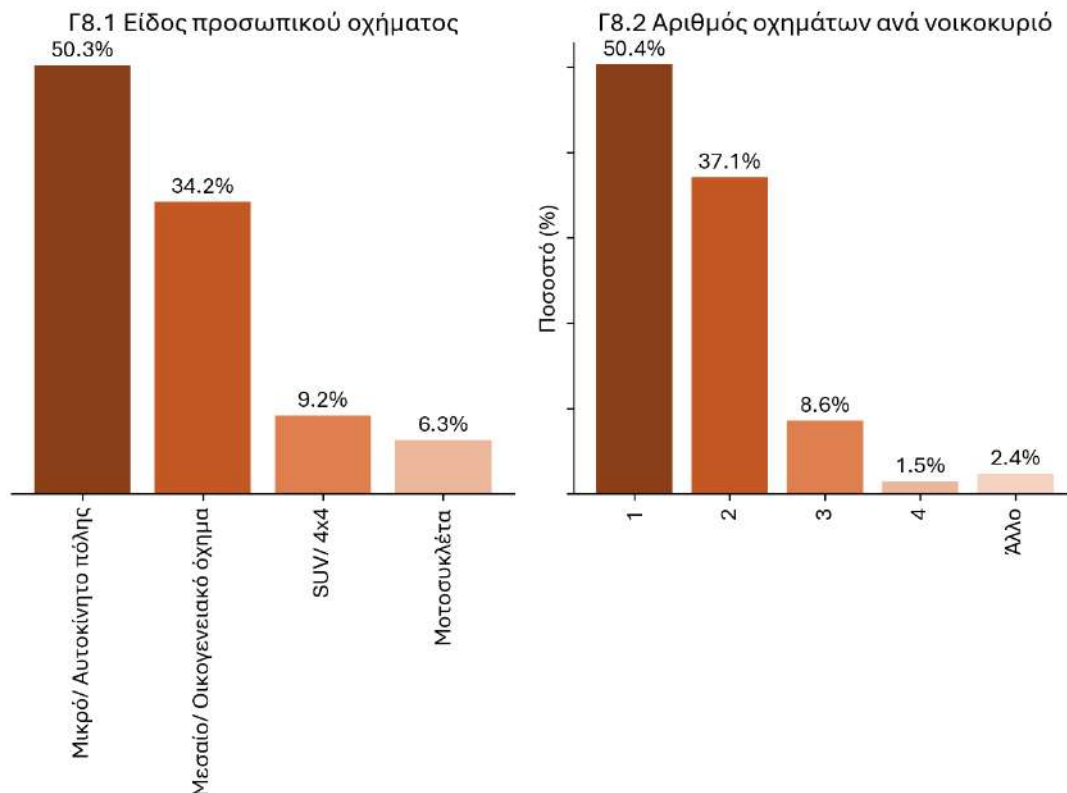
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 18: ΜΕΓΕΘΟΣ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΟΥ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 19: ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 20: ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ ΟΧΗΜΑΤΟΣ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 21: ΕΙΔΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΟ

4.2.3 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3.3 Κωδικοποίηση Ερωτηματολογίων, οι κλίμακες κωδικοποίησης που χρησιμοποιήθηκαν είναι δυαδικές (π.χ. σενάρια), ονομαστικές (π.χ. αξιοποίηση χώρου), ταξινομικές (π.χ. κλίμακα αποδοχής μέτρου) και αναλογικές (π.χ. μέγεθος νοικοκυριού).

Οι ερωτήσεις για την αφετηρία και τον προορισμό τυπικής διαδρομής διαγράφηκαν, καθώς αποφασίστηκε ότι τα συγκεκριμένα δεδομένα δεν θα χρησιμοποιηθούν τελικά. Επίσης, διαγράφηκαν όλες οι παρατηρήσεις, οι οποίες περιείχαν στο «Φύλο» την απάντηση «Άλλο/ Προτιμώ να μην απαντήσω». Οι λόγοι είναι ότι πρώτον η ΕΛΣΤΑΤ δεν έχει ανάλογα στοιχεία και δεν μπορούσε εξ αρχής να γίνει στατιστικός έλεγχος αντιπροσωπευτικότητας και δεύτερον επειδή τέτοιες απαντήσεις ήταν ελάχιστες και θα αποτελούσαν ακραίες τιμές (outliers) για το δείγμα.

Αρχικά, καθαρίστηκαν και κωδικοποιήθηκαν οι ερωτήσεις που είναι αναλογικής κλίμακας. Στις ερωτήσεις για την τιμή που θα πλήρωναν οι ερωτώμενοι για να αλλάξουν σε στάθμευση εκτός οδού, το μέγεθος του νοικοκυριού και τον αριθμό των οχημάτων που έχει το νοικοκυριό, έπρεπε τα δεδομένα να καθαριστούν και να μετατραπούν σε αποκλειστικά αριθμητικά, χωρίς ειδικούς χαρακτήρες, όπως € κ.α. Ειδικότερα, για όσους δήλωσαν ότι δεν κατέχουν προσωπικό όχημα, αποφασίστηκε στην μεταβλητή των οχημάτων ανά νοικοκυριό να εισαχθεί η τιμή 0 σε περίπτωση που πρόκειται για μονομελές νοικοκυριό και η τιμή 1 σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση. Αυτό έγινε, καθώς η συγκεκριμένη έρευνα γενικά προδιαθέτει την ύπαρξη κάποιου οχήματος εντός του

νοικοκυριού, αλλά εφόσον το νοικοκυριό αποτελείται από μόνο 1 άτομο και αυτό έχει απαντήσει αρνητικά, αυτό πρέπει να γίνει σεβαστό.

Έπειτα, κωδικοποιήθηκαν οι απαντήσεις για το πιο χρησιμοποιούμενο μέσο και τους παράγοντες ενθάρρυνσης αποδοχής του μέτρου. Οι απαντήσεις για το μέσο βρίσκονται σε δύο ερωτήσεις, την απλή ερώτηση σχετικά με το ποιο μέσο χρησιμοποιούν πιο πολύ και την πολλαπλής επιλογής για όσους είχαν απαντήσει στην προηγούμενη «Συνδυασμός μέσων». Για να γίνει δυνατή η ομαδοποίηση των δύο ερωτήσεων, αποφασίστηκε η απευθείας μετατροπή των μέσων μετακίνησης σε ψευδομεταβλητές (dummy variables), η καταχώρηση των δεδομένων και των δύο απαντήσεων σε αυτές και η κατάργηση της απάντησης «Συνδυασμός μέσων». Για την ερώτηση πολλαπλής επιλογής για τους ενθαρρυντικούς παράγοντες, οι απαντήσεις έγιναν ψευδομεταβλητές. Μετατροπή σε ψευδομεταβλητές, έγινε και σε όσες ερωτήσεις είναι ονομαστικής κλίμακας, δηλαδή στις ερωτήσεις για τον παράγοντα επιλογής στάθμευσης, την αξιοποίηση του απελευθερωμένου χώρου και την απασχόληση. Στις ερωτήσεις όπου υπήρχε ελεύθερη απάντηση, αυτές ομαδοποιήθηκαν σε ενιαία μεταβλητή, π.χ. “Space util_Other”.

Στη συνέχεια, έγινε ιεραρχική κωδικοποίηση για τις ερωτήσεις σχετικά με τη συχνότητα χρήσης οχήματος, την απόσταση θέσης, τον χρόνο αναζήτησης και το κόστος στάθμευσης, την αποδοχή του μέτρου, την ηλικία, το εισόδημα, το επίπεδο εκπαίδευσης και το είδος οχήματος. Δυαδική κωδικοποίηση έγινε στις ερωτήσεις για την κατοικία, τον τύπο στάθμευσης, το φύλο, την ιδιοκτησία οχήματος και στα σενάρια δηλωμένης προτίμησης.

Τέλος, τα νέα κωδικοποιημένα δεδομένα αποθηκεύτηκαν σε καινούριο αρχείο, καθώς επίσης δημιουργήθηκε και αρχείο με την αντιστοίχιση απαντήσεων και μεταβλητών. Η αντιστοίχιση για τις ιεραρχικές και δυαδικές κωδικοποιήσεις μπορεί να βρεθεί στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.

4.2.4 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα νέα κωδικοποιημένα δεδομένα περιείχαν μόνο τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Σε αυτό το σημείο έπρεπε να εισαχθούν στο dataset και οι ειδικές μεταβλητές κάθε εναλλακτικής κάθε σεναρίου. Για τα μοντέλα μηχανικής μάθησης, τα δεδομένα μετατράπηκαν σε ευρεία μορφή (wide format), δηλαδή η απάντηση κάθε ερωτώμενου σε κάθε σενάριο βρίσκεται σε ξεχωριστή γραμμή. Επομένως, η βάση δεδομένων έχει $1650 \text{ απαντήσεις} \times 6 \text{ σενάρια} = 3,900$ γραμμές. Για το δυαδικό μοντέλο (BL), τα δεδομένα μετατράπηκαν σε μακριά μορφή (long format), δηλαδή υπάρχει μία γραμμή για κάθε εναλλακτική κάθε σεναρίου που απάντησε ο ερωτώμενος. Για δύο εναλλακτικές σε κάθε σενάριο, προκύπτουν συνολικά 7,800 γραμμές. Άρα, το BL διαβάζει τον χρόνο αναζήτησης, την απόσταση από την κατοικία και το μηνιαίο κόστος (Time, Distance, Cost) ενιαία, ούτως ώστε να μπορέσει να βρει τη χρησιμότητα κάθε εναλλακτικής. Από την άλλη, το μοντέλο μηχανικής μάθησης βλέπει για κάθε σενάριο και τις δύο εναλλακτικές μεταβλητές, δηλαδή Time_alt1, Time_alt2, Distance_alt1, Distance_alt2, Cost_alt1 και Cost_alt2.

¹ 658 ερωτώμενοι πλην 8 που απάντησαν «Άλλο/ Προτιμώ να μην απαντήσω» στο «Φύλο»

Στη συνέχεια, ορισμένες μεταβλητές αφαιρέθηκαν. Θεωρήθηκαν τρία κριτήρια διαγραφής μίας μεταβλητής, όπου μία μεταβλητή αρκούσε να εμπίπτει σε ένα και μόνο για να διαγραφεί. Το πρώτο ήταν η υπερβολική βοήθεια του μοντέλου να κατηγοριοποιήσει χωρίς να υπάρχει φυσική ερμηνεία της μεταβλητής. Το δεύτερο ήταν η δυσκολία ερμηνείας της μεταβλητής από μόνης της και το τρίτο η έλλειψη αρκετών απαντήσεων στο δείγμα καθιστώντας τη πιθανό outlier. Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι μεταβλητές εμπίπτουν σε ένα τουλάχιστον κριτήριο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΣΥΝΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΚΑΝ ΣΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Μεταβλητή	Ερώτηση
Park/Type factor_Other	A7.1
Price for switching to off-street	A7.2
Policy acceptance	B1
Acceptance motive_Low or no cost	B2
Acceptance motive_Distance to home	B2
Acceptance motive_Other	B2
Space util_Tree planting/ Urban equipment	B3
Space util_Micromobility infrastructure	B3
Space util_Pavement widening/ Accessibility	B3
Space util_Other	B3
Occupation_Unemployed	Γ4

4.3 ΟΙΚΟΝΟΜΕΤΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

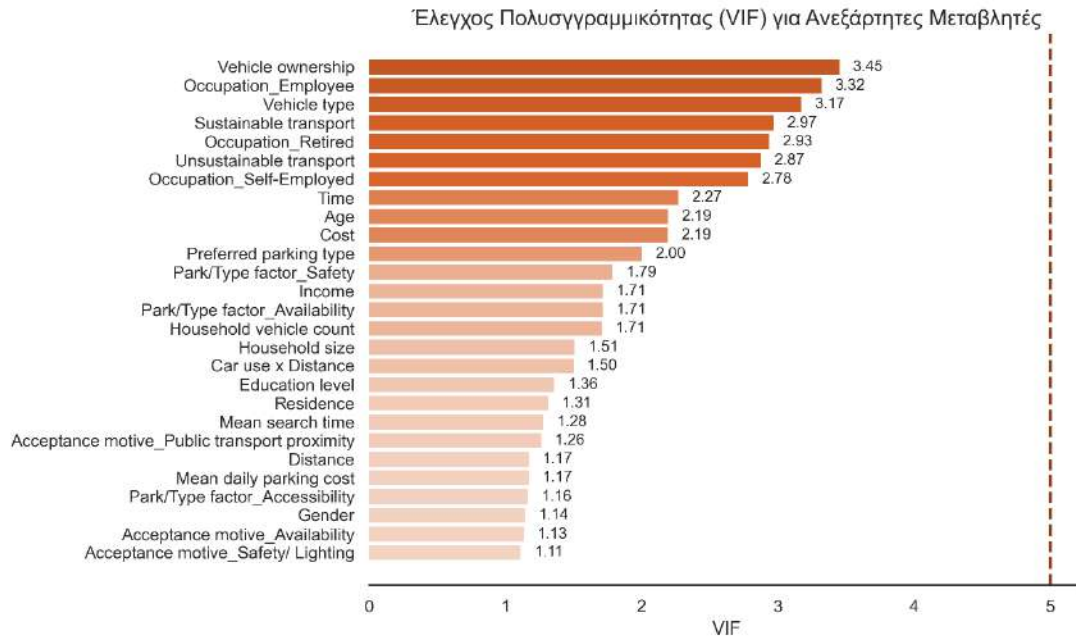
Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται συνολικά η ανάπτυξη του BL μοντέλου από τους ελέγχους των μεταβλητών μέχρι τα τελικά αποτελέσματα.

4.3.1 ΈΛΕΓΧΟΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Όλες οι εναπομείνουσες μεταβλητές τέθηκαν σε έλεγχο Πολυσυγγραμμικότητας με Εκτιμητή Διόγκωσης Διακύμανσης (Variance Inflation Factor - VIF). Πολυσυγγραμμικότητα εμφανίζεται όταν δύο ή περισσότερα χαρακτηριστικά έχουν έντονη συσχέτιση μεταξύ τους και άρα το δείγμα των συντελεστών κατηγοριοποίησης γίνεται πολύ μεταβλητό. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα πρόσημα συντελεστών για μεταβλητές που είναι υψηλά συσχετισμένες. Το VIF υπολογίζεται ως εξής:

$$VIF_j = \frac{1}{1-R_j^2} \quad (26)$$

όπου R_j^2 ο συντελεστής προσδιορισμού που προέρχεται από παλινδρόμηση της j στις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές του μοντέλου. Τιμή $VIF = 1$ υποδηλώνει έλλειψη πολυσυγγραμμικότητας, ενώ τιμές άνω του 5 πρέπει γενικά να διορθώνονται (Βλαχογιάννη et al., 2024). Επειδή το μοντέλο είναι οικονομετρικό προστέθηκε στην ανάλυση των χαρακτηριστικών και σταθερός όρος.

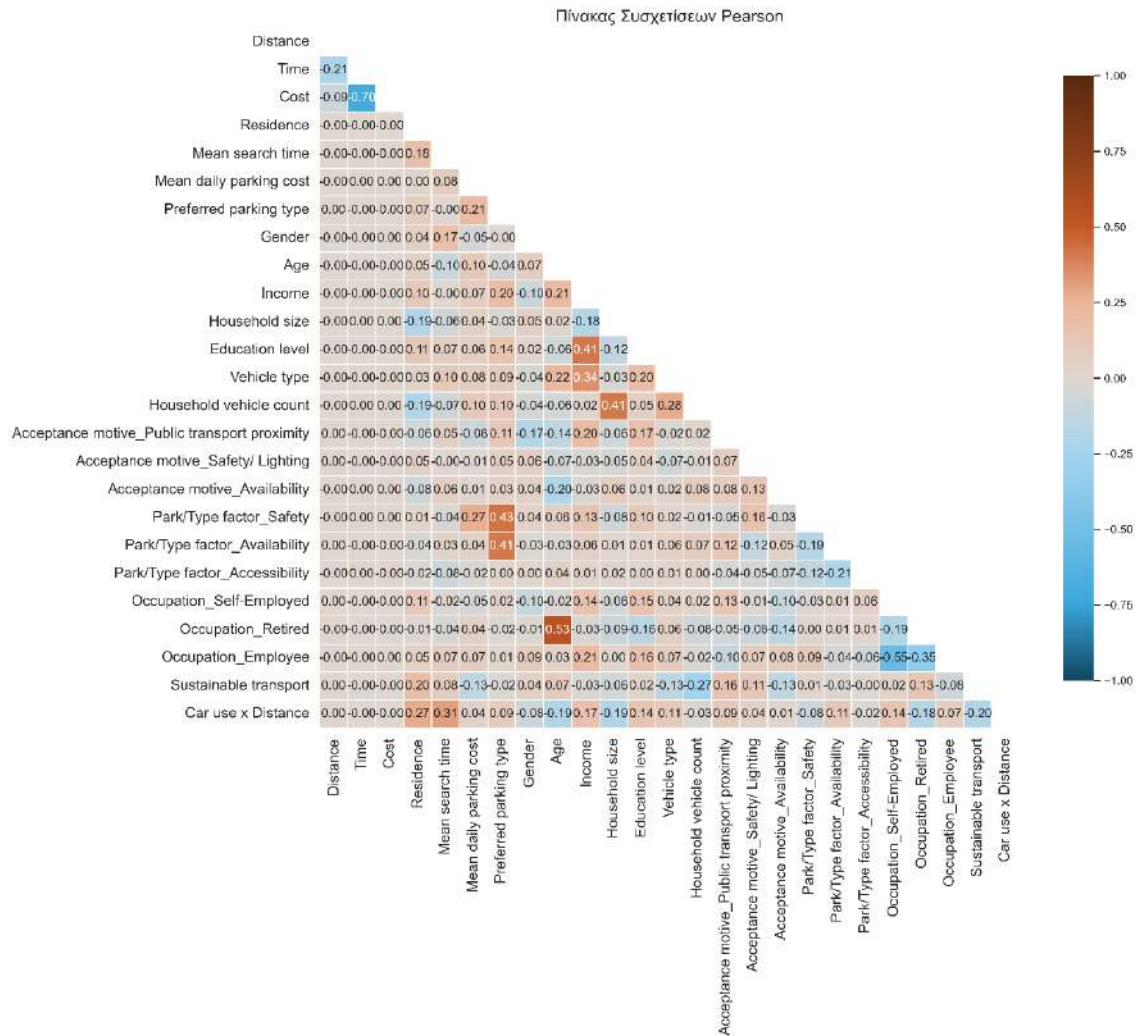


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 22: ΈΛΕΓΧΟΣ ΠΟΛΥΣΥΓΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΔΥΑΔΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Κοινή πρακτική αποτελεί και ο έλεγχος συσχετίσεων Pearson. Ο έλεγχος Pearson δείχνει τον βαθμό γραμμικής συσχέτισης δύο συνεχών μεταβλητών. Οι δυαδικές μεταβλητές και οι ψευδομεταβλητές μπορούν να χαρακτηριστούν ποσοτικές. Οι ταξινομικές εφόσον οι τάξεις τους έχουν ίσες αποστάσεις, το οποίο στη συγκεκριμένη έρευνα ισχύει, θεωρούνται επίσης ποσοτικές. Ο συντελεστής Pearson ορίζεται ως εξής:

$$\rho = \frac{COV(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (27)$$

όπου $COV(X, Y)$ η συνδιακύμανση των X και Y και σ_X , σ_Y οι τυπικές τους αποκλίσεις. Τιμές ίσες με 1 δείχνουν τέλεια γραμμική θετική σχέση, -1 τέλεια αρνητική και 0 καμία γραμμική σχέση, που είναι και το ζητούμενο. Ως όριο μπορεί να τεθεί το $|0.7|$.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 23: ΈΛΕΓΧΟΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ PEARSON

4.3.2 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Λόγω της έντονης πολυσυγγραμμικότητας και συσχέτισης ορισμένων μεταβλητών, αυτές υποβλήθηκαν σε μηχανική χαρακτηριστικών (feature engineering). Οι μεταβλητές των ιδιωτικών και δημόσιων υπαλλήλων συγχωνεύθηκαν σε μία μεταβλητή, την “Occupation_Employee”. Οι ψευδομεταβλητές των πιο συχνών μέσων μετακίνησης οργανώθηκαν σε δύο μεταβλητές. Η μία περιείχε τα βιώσιμα μέσα μετακίνησης (Περπάτημα/ Ποδήλατο και Μ.Μ.Μ.) και ονομάστηκε “Sustainable transport”, ενώ η δεύτερη τα μη βιώσιμα (Ι.Χ., Μοτοσυκλέτα και Ταξί) και ονομάστηκε “Unsustainable transport”. Μηχανική χαρακτηριστικών έγινε και σε μεταβλητές, οι οποίες μαζί γινόντουσαν πιο σημαντικές για το μοντέλο. Οι μεταβλητές της συχνότητας χρήσης Ι.Χ. και της μέσης απόστασης στάθμευσης (ταξινομικές κλίμακες) πολλαπλασιάστηκαν στην “Car use x Distance”. Οι συχνοί χρήστες Ι.Χ. όταν σταθμεύουν πιο μακριά θεωρήθηκε μεταβλητή περισσότερης πληροφορίας από τους απλά συχνούς χρήστες ή όσους σταθμεύουν πιο μακριά ξεχωριστά.

Οι μεταβλητές “Unsustainable transport” και “Vehicle ownership” αφαιρέθηκαν λόγω έντονης συσχέτισης αντίστοιχα με τις μεταβλητές “Sustainable transport” (αρνητική) και

“Vehicle type” (θετική). Έτσι, διαμορφώθηκαν όλες οι μεταβλητές με τις οποίες άρχισε το Μοντέλο BL (Πίνακας 7).

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΑΡΧΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΔΥΑΔΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Μεταβλητές	Εξήγηση
Distance	Απόσταση (Σενάρια)
Time	Χρόνος αναζήτησης (Σενάρια)
Cost	Μηνιαίο κόστος (Σενάρια)
Residence	Κατοικία στο κέντρο
Mean search time	Μέσος χρόνος αναζήτησης στάθμευσης
Mean daily parking cost	Μέσο ημερήσιο κόστος στάθμευσης
Preferred parking type	Προτιμητέος τύπος στάθμευσης
Gender	Φύλο
Age	Ηλικία
Income	Εισόδημα
Household size	Μέγεθος νοικοκυριού
Education level	Επίπεδο εκπαίδευσης
Vehicle type	Τύπος οχήματος
Household vehicle count	Αριθμός οχημάτων ανά νοικοκυριό
Acceptance motive_Public transport proximity	Παράγοντας αύξησης αποδοχής μέτρου: Εγγύτητα σε Μ.Μ.Μ.
Acceptance motive_Safety/Lighting	Παράγοντας αύξησης αποδοχής μέτρου: Ασφάλεια/ Φωτισμός
Acceptance motive_Availability	Παράγοντας αύξησης αποδοχής μέτρου: Διαθεσιμότητα θέσεων
Park/Type factor_Safety	Παράγοντας επιλογής στάθμευσης: Ασφάλεια
Park/Type factor_Availability	Παράγοντας επιλογής στάθμευσης: Διαθεσιμότητα θέσεων
Park/Type factor_Accessibility	Παράγοντας επιλογής στάθμευσης: Προσβασιμότητα
Occupation_Self-Employed	Ελεύθερος επαγγελματίας
Occupation_Retired	Συνταξιούχος
Occupation_Employee	Ιδιωτικός/ Δημόσιος υπάλληλος
Sustainable transport	Πιο χρησιμοποιούμενο μέσο: Μ.Μ.Μ./ Ποδήλατο/ Περπάτημα
Car use x Distance	Συχνότητα χρήσης Ι.Χ. επί τη μέση απόσταση στάθμευσης

4.3.3 ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΣΕ ΣΥΝΟΛΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΚΩΣΗ

Για να διασφαλιστεί ότι κάθε εκτέλεση του κώδικα θα παράγει τα ίδια αποτελέσματα, τέθηκε σταθερό τυχαίο SEED σε όλα τα βήματα όπου υπάρχει τυχαιότητα. Έτσι ήταν δυνατή η σύγκριση των μοντέλων και η ύπαρξη σταθερών αποτελεσμάτων στους ελέγχους και τις μετρικές. Τα δεδομένα χωρίστηκαν σε σύνολα εκπαίδευσης (80%) και δοκιμής (20%), ώστε να ελεγχθεί και η προβλεπτική ικανότητα του μοντέλου. Ο διαχωρισμός έγινε ανά σενάριο κάθε παρατήρησης, για να μπορεί το μοντέλο να υπολογίσει τη χρησιμότητα κάθε εναλλακτικής κάθε παρατήρησης. Έπειτα για να είναι οι συντελεστές πιο συγκρίσιμοι και η βελτιστοποίηση πιο σταθερή, έγινε κλιμάκωση (scaling), δηλαδή δημιουργήθηκαν μέση τιμή και τυπική απόκλιση για κάθε μεταβλητή. Η τυποποιημένη τιμή ορίζεται ως εξής:

$$X_{scaled} = \frac{x - \bar{x}}{\sigma_x} \quad (28)$$

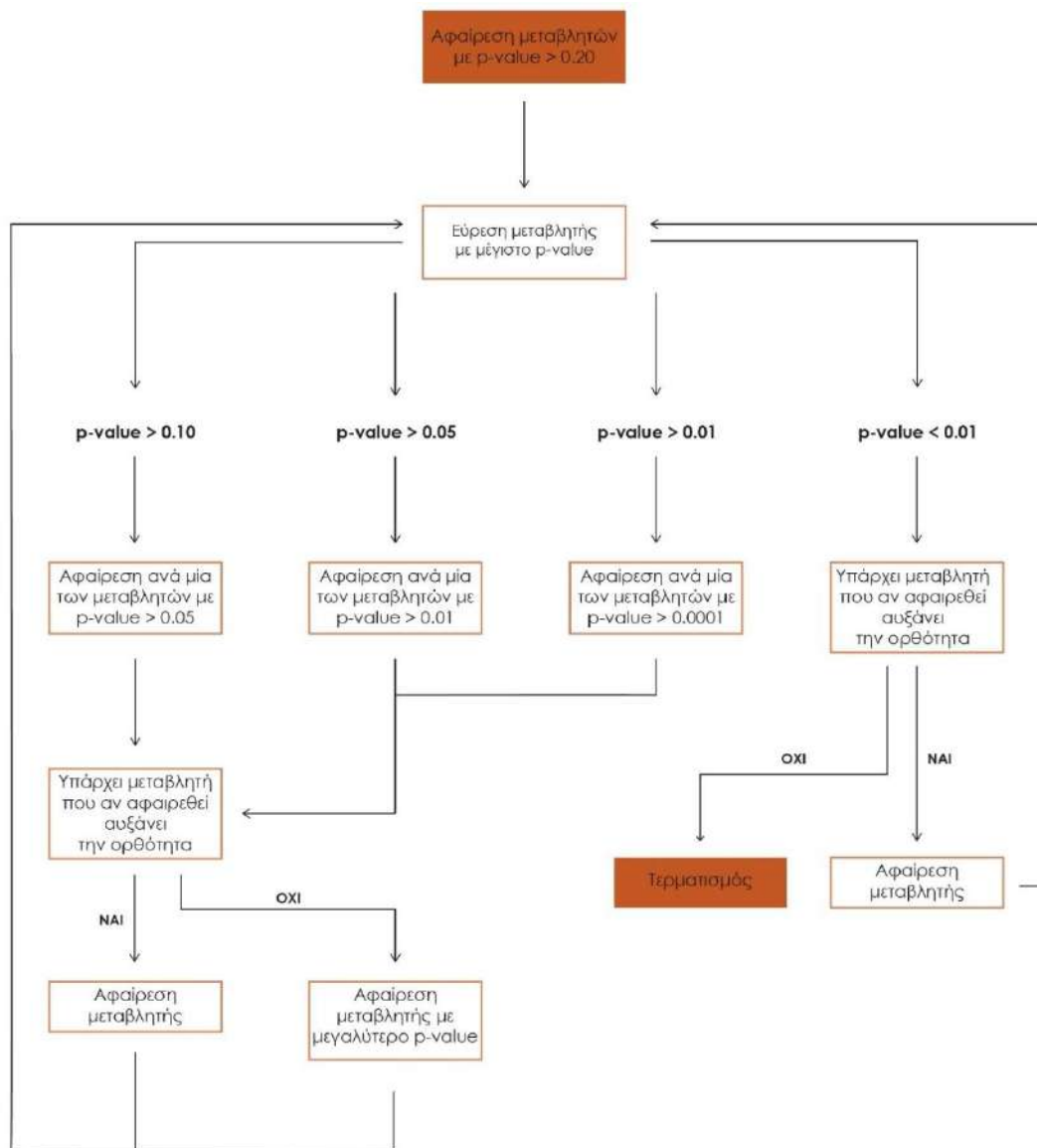
όπου X_{scaled} η τυποποιημένη τιμή της μεταβλητής X , η $\bar{X}$ η μέση τιμή της και σ_X η τυπική απόκλιση.

4.3.4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΥΑΔΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Η εκτίμηση του BL έγινε με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας (MLE), όπου το μοντέλο προσπαθεί να μεγιστοποιήσει τη συνάρτηση πιθανοφάνειας των παρατηρήσεων. Ο λογάριθμος της συνάρτησης, log likelihood, επιλύεται πιο εύκολα και η μεγιστοποίηση του λογαρίθμου πιθανοφάνειας, δίνει τις εκτιμήσεις μέγιστης πιθανοφάνειας για τους συντελεστές (Βλαχογιάννη et al., 2024).

Για την επιλογή των τελικών ανεξάρτητων μεταβλητών εφαρμόστηκε η μέθοδος της Οπισθόδρομης Εξάλειψης (Backward Elimination) με κριτήρια πρόβλεψης και σημαντικότητας (predictive and importance criteria). Η οπισθόδρομη εξάλειψη είναι μορφή της βηματικής επιλογής μεταβλητών. Στην οπισθόδρομη εξάλειψη, το μοντέλο ξεκινά με όλες τις μεταβλητές και βάσει κάποιων κριτηρίων, οι μεταβλητές μία-μία αφαιρούνται. Η οπισθόδρομη εξάλειψη και η προοδευτική επιλογή (forward selection) φαίνεται να είναι τεχνικές παρόμοιας αποτελεσματικότητας. Επειδή το μοντέλο δημιουργήθηκε για να προβλέπει την επιλογή των οδηγών, πρέπει να χρησιμοποιείται και κριτήριο πρόβλεψης (Breux, 1967; Sutter & Kalivas, 1993). Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η ορθότητα. Για να μην υπάρξει σύγχυση όσον αφορά τη σημαντικότητα, πρέπει να τονιστεί ότι για λογιστικό μοντέλο, τα μεγάλα p-value δείχνουν μικρή σημαντικότητα σε αντίθεση με όσα συζητήθηκαν στο κεφάλαιο 4.2.1 Στατιστικοί Έλεγχοι – Αντιπροσωπευτικότητα Δείγματος, καθώς η αρχική υπόθεση του ελέγχου χ^2 και του λογιστικού μοντέλου είναι διαφορετικές.

Στην αρχή διαγράφηκαν όλες οι μεταβλητές που είχαν p-value πάνω από 0.2, καθώς θεωρήθηκε ότι προκαλούσαν θόρυβο στο μοντέλο και δεν είχαν αρκετή σημαντικότητα. Στη συνέχεια, αναζητήθηκε η λιγότερη σημαντική μεταβλητή. Αν είχε p-value πάνω από 0.10, αφαιρέθηκαν ανά μία οι μεταβλητές με p-value πάνω από 0.05. Αν είχε p-value άνω του 0.05, αφαιρέθηκαν ανά μία οι μεταβλητές που είχαν p-value μεγαλύτερο του 0.01 και αν είχε πάνω από 0.01, αφαιρέθηκαν ανά μία οι μεταβλητές που είχαν p-value άνω του 0.0001. Σε κάθε περίπτωση, αν υπήρχε αφαιρούμενη μεταβλητή που χωρίς αυτή η ορθότητα αυξανόταν αφαιρούταν από το μοντέλο οριστικά. Σε περίπτωση που ήταν πολλές αφαιρούταν αυτή που αύξανε παραπάνω την ορθότητα και σε ισοβαθμία, αυτή με το μεγαλύτερο p-value. Αν δεν υπήρχε καμία, τότε αφαιρούταν η μεταβλητή με το μεγαλύτερο p-value. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε μέχρι όλες οι μεταβλητές να έχουν p-value μικρότερο του 0.01. Όταν όλες οι μεταβλητές έγιναν αρκετά σημαντικές ελέγχθηκαν όλες. Αν με την αφαίρεση κάποιας αυξανόταν η ορθότητα, αφαιρούταν και έπειτα η διαδικασία επαναλαμβανόταν μέχρι να μην υπάρξει κάποια τέτοια μεταβλητή. Από την όλη διαδικασία εξαιρέθηκαν οι μεταβλητές των σεναρίων Time, Distance, Cost.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 24: ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΑΦΑΙΡΕΣΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΔΥΑΔΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

4.3.5 ΤΕΛΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΥΑΔΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Coefficient	Estimate	Std.Error	z-val	P> z	
Mean search time	-0.114	0.043	-2.636	8.42E-03	**
Mean daily parking cost	-0.137	0.042	-3.227	1.26E-03	**
Preferred parking type	0.350	0.043	8.059	1.08E-15	***
Age	-0.375	0.044	-8.554	1.83E-17	***
Income	0.476	0.049	9.792	2.55E-22	***
Acceptance motive_Public tr:	0.144	0.042	3.402	6.77E-04	***
Occupation_Self-Employed	-0.220	0.052	-4.226	2.45E-05	***
Occupation_Employee	-0.314	0.053	-5.950	2.98E-09	***
Sustainable transport	0.111	0.043	2.604	9.26E-03	**
Car use x Distance	0.318	0.047	6.748	1.78E-11	***
Distance	-0.355	0.039	-9.066	2.13E-19	***
Time	-1.398	0.096	-14.593	1.05E-46	***
Cost	-1.152	0.089	-12.895	4.18E-37	***
Significance: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

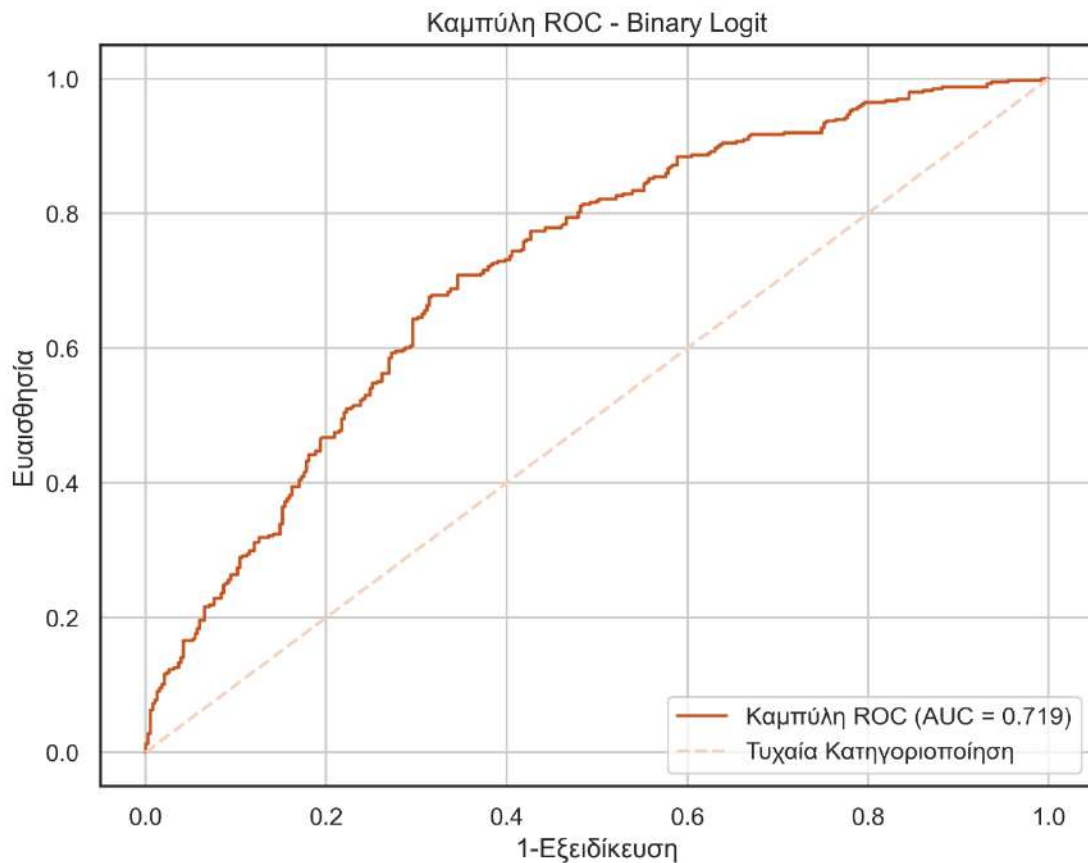
Για να εκτιμηθεί η προβλεπτική ικανότητα του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν τα μέτρα απόδοσης που συζητήθηκαν στο κεφάλαιο 3.4.3 Μέτρα Απόδοσης και Προσαρμογής.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 9, το Log-Likelihood ανήρθε στο -1833.382, το οποίο είναι αρνητικό καθώς αποτελεί τον λογάριθμο της πιθανοφάνειας, η οποία βρίσκεται ανάμεσα στις τιμές 0 και 1. Τα AIC και BIC, που λειτουργούν ως δείκτες πολυπλοκότητας έφτασαν στις 3692.764 και 3771.357. Οι τρεις αυτές τιμές χρησιμοποιούνται για σύγκριση μοντέλων και δεν δίνουν κάποια εξήγηση από μόνες τους. Το McFadden's Pseudo R^2 παίρνει την τιμή 0.1515, δηλαδή λιγότερο από 0.2. Εδώ να σημειωθεί ότι στην πρώτη επανάληψη με όλες τις μεταβλητές το μοντέλο είχε $R_{MCF}^2 = 0.1605$, το οποίο μειώθηκε με την αφαίρεση μεταβλητών για χάρη μικρότερης πολυπλοκότητας και καλύτερης ορθότητας. Γενικά, τιμές ανάμεσα στο 0.1 και το 0.2 είναι αποδεκτές. Όσον αφορά την προβλεπτική ικανότητα του μοντέλου, η ορθότητα έφτασε το 68.08%, η οποία θεωρείται αρκετά καλή για μοντέλο διακριτών επιλογών. Το μέσο F1 για τις δύο κλάσεις κινείται σε παρόμοια επίπεδα, στο 68.05%, και δείχνει καλή ισορροπία ανάμεσα σε ευαισθησία και ακρίβεια². Η καμπύλη ROC-AUC πήρε την τιμή 0.7192, η οποία είναι αρκετά πάνω από την τυχαία κατηγοριοποίηση (Διάγραμμα 25). Γενικά το μοντέλο είχε καλή προβλεπτική ικανότητα και ήταν προσαρμοσμένο επαρκώς.

² Το F1 για την εναλλακτική του περιμετρικού σταθμού είναι 69.37%

ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΔΥΑΔΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Μέτρο	Τιμή
Log-Likelihood	-1833.382
AIC	3692.764
BIC	3771.357
Prediction Accuracy	0.681
McFadden's Pseudo R ²	0.152
F1 Score	0.681
ROC-AUC	0.719



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 25: ΚΑΜΠΥΛΗ ROC ΔΥΑΔΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Συγκρίνοντας τον Πίνακα 10 με τον Πίνακα 11, παρατηρήθηκε ότι το μοντέλο δεν εκδηλώνει υπερπροσαρμογή, καθώς η ορθότητα του συνόλου εκπαίδευσης είναι μικρότερη από αυτή του συνόλου δοκιμής. Άρα, γενίκευσε καλά και δεν απομνημόνευσε τα δεδομένα. Επίσης, παρουσιάστηκε ελαφρώς μεγαλύτερη αδυναμία πρόβλεψης της εναλλακτικής 1 και στα δύο σύνολα. Η ευαισθησία του ήταν 70.85% και η ακρίβεια του 67.95%.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10: ΜΗΤΡΩΟ ΣΥΓΧΥΣΗΣ ΣΥΝΟΛΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΔΥΑΔΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

	Σύνολο εκπαίδευσης	Πρόβλεψη	
		Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 2
Αληθείς	Εναλλακτική 1	945	559
	Εναλλακτική 2	546	1070

Ορθότητα 64.58%

ΠΙΝΑΚΑΣ 11: ΜΗΤΡΩΟ ΣΥΓΧΥΣΗΣ ΣΥΝΟΛΟΥ ΔΟΚΙΜΗΣ ΔΥΑΔΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΤΕΛΟΥ

	Σύνολο δοκιμής	Πρόβλεψη	
		Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 2
Αληθείς	Εναλλακτική 1	249	133
	Εναλλακτική 2	116	282

Ορθότητα 68.08%

4.3.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Στον Πίνακα 12 παρατηρείται πως δεν υπάρχει σταθερός όρος. Αυτό προέκυψε καθώς ο σταθερός όρος είχε p-value άνω του 0.2 στην πρώτη επανάληψη του μοντέλου και αφαιρέθηκε. Κάτι τέτοιο σημαίνει πως δεν υπήρξε εγγενής θετική ή αρνητική προδιάθεση σε κάποια εναλλακτική. Σημαντικότερη μεταβλητή προέκυψε ο χρόνος, του οποίου ο συντελεστής είναι αρνητικός. Αυτό είναι λογικό, καθώς όσο πιο μικρός είναι ο χρόνος αναζήτησης θέσης στάθμευσης τόσο πιο πιθανή η επιλογή της εκάστοτε εναλλακτικής. Δεύτερη κατά σειρά σημαντικότητας μεταβλητή ήταν το κόστος, το οποίο είναι επίσης αρνητικό. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα είναι επίσης λογικό, καθώς όσο πιο ακριβή είναι μια επιλογή στάθμευσης τόσο λιγότερο πιθανή είναι η επιλογή της. Από τις μεταβλητές των σεναρίων λιγότερο σημαντική κρίθηκε η απόσταση που είναι και πάλι αρνητική. Αυτό σημαίνει ότι το μοντέλο προέβλεψε λογικά ότι όσο πιο μεγάλη η απόσταση μεταξύ κατοικίας και θέσης στάθμευσης τόσο λιγότερο επιθυμητή έγινε η επιλογή.

Όσον αφορά τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος, οι μεταβλητές κατά σειρά σημαντικότητας ήταν το εισόδημα, η ηλικία, η απασχόληση ως υπάλληλος και η απασχόληση ως ελεύθερος επαγγελματίας. Το εισόδημα πήρε θετικό πρόσημο, δηλαδή όσοι έχουν μεγαλύτερα εισοδήματα ήταν πιο θετικοί προς την επιλογή των περιμετρικών σταθμών. Έχοντας υπόψη ότι το κόστος κρίθηκε αρνητικός παράγοντας για την επιλογή στάθμευσης, για τους πιο πλούσιους το κόστος των περιμετρικών σταθμών ήταν ως ποσοστό του εισοδήματος τους μικρότερο. Η ηλικία ως αρνητικός παράγοντας σημαίνει ότι οι νεότεροι φάνηκαν πιο θετικοί προς το μέτρο, το οποίο πρέπει να ληφθεί υπόψη στον σχεδιασμό της πολιτικής. Οι ιδιωτικοί και δημόσιοι υπάλληλοι καθώς και οι ελεύθεροι επαγγελματίες προέκυψαν ως ελαφρώς αρνητικές ομάδες προς τους σταθμούς, ίσως λόγω της μείωσης των παρόδων θέσεων στο κέντρο όπου απασχολούνται πολλοί.

Για τις ερωτήσεις του προφίλ κινητικότητας και στάθμευσης και της αποδοχής του μέτρου, με σειρά σημαντικότητας το μοντέλο περιέλαβε τον προτιμητέο τύπο στάθμευσης, τη συχνότητα χρήσης οχήματος με τη μέση απόσταση στάθμευσης, την εγγύτητα σε Μ.Μ.Μ. ως ενθαρρυντικό παράγοντα αποδοχής του μέτρου, το μέσο

ημερήσιο κόστος στάθμευσης, τον μέσο χρόνο αναζήτησης στάθμευσης και την κίνηση με βιώσιμα μέσα. Ο προτιμητέος τύπος στάθμευσης (στην οδό ή εκτός της οδού) πήρε θετικό πρόσημο, το οποίο είναι λογικό, καθώς οι οδηγοί που προτιμάνε τη στάθμευση εκτός της οδού είναι πιο δεκτικοί προς τους περιμετρικούς σταθμούς. Η συχνότητα χρήσης οχήματος σε συνδυασμό με τη μέση απόσταση στάθμευσης πήρε θετικό πρόσημο. Όσοι σταθμεύουν πιο μακριά από την κατοικία τους ενώ χρησιμοποιούν το όχημα τους συχνά ήταν πιο πιθανό να επιλέξουν τον περιμετρικό σταθμό. Η απόσταση στάθμευσης είναι ένας πολύ καλός δείκτης για την κάλυψη στάθμευσης σε μία περιοχή (Mantouka et al., 2021), καθώς μεγάλες αποστάσεις στάθμευσης συνήθως σχετίζονται και με περιοχές όπου οι ελεύθερες θέσεις είναι ελάχιστες. Οπότε, είναι λογικό κάποιος που μένει σε μία τέτοια περιοχή και χρησιμοποιεί το όχημά του καθημερινά να είδε τον περιμετρικό σταθμό ως ευκαιρία. Όσοι δήλωσαν ότι η εγγύτητα στα Μ.Μ.Μ. θα βελτίωνε την αποδοχή τους στο μέτρο ήταν και πιο θετικά διακείμενοι σε αυτό. Η μεταβλητή αυτή φάνηκε να έχει συσχέτιση με πληθυσμιακές ομάδες που κινούνται πιο βιώσιμα, έχουν υψηλότερο μορφωτικό επίπεδο και μεγαλύτερο εισόδημα (Διάγραμμα 23) και μπορεί να είναι χρήσιμη για τον καλύτερο σχεδιασμό της πολιτικής. Το μέσο ημερήσιο κόστος και ο μέσος χρόνος ήταν αρνητικοί, το οποίο πιθανώς έχει να κάνει με τις συνήθειες των πολιτών. Όσοι έχουν ήδη οικονομικά βάρη από στάθμευση ήταν πιο διστακτικοί σε άλλα κόστη, ενώ όσοι είναι συνηθισμένοι σε μεγάλους χρόνους στάθμευσης δεν τους έκανε τόσο αίσθηση ο αυξημένος χρόνος αναζήτησης της παρόδιας στάθμευσης. Όσοι κινούνται με βιώσιμα μέσα φάνηκε να είναι πιο θετικοί, δηλώνοντας ίσως την αγανάκτηση τους για τον δημόσιο χώρο που καταλαμβάνουν τα σταθμευμένα οχήματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12: ΤΕΛΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΔΥΑΔΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Μεταβλητές με σειρά σημαντικότητας	Εξήγηση	Πρόσημο	Συνοπτική ερμηνεία
Time	Χρόνος αναζήτησης (Σενάρια)	-	Όσο πιο μικρός ο χρόνος τόσο πιο πιθανή η επιλογή της εκάστοτε εναλλακτικής
Cost	Μηνιαίο κόστος (Σενάρια)	-	Όσο πιο χαμηλό το κόστος τόσο πιο πιθανή η επιλογή της εκάστοτε εναλλακτικής
Income	Εισόδημα	+	Όσοι έχουν μεγαλύτερα εισοδήματα είναι πιο θετικοί προς το μέτρο
Distance	Απόσταση (Σενάρια)	-	Όσο πιο μικρή η απόσταση τόσο πιο πιθανή η επιλογή της εκάστοτε εναλλακτικής
Age	Ηλικία	-	Οι μικρότερες ηλικίες είναι πιο θετικές προς το μέτρο
Preferred parking type	Προτιμητέος τύπος στάθμευσης	+	Όσοι προτιμούν την εκτός οδού, είναι πιο θετικοί προς τους σταθμούς
Car use x Distance	Συχνότητα χρήσης Ι.Χ. επί τη μέση απόσταση στάθμευσης	+	Όσοι χρησιμοποιούν συχνά το όχημα τους και το σταθμεύουν σε μεγάλη απόσταση είναι πιο θετικοί προς τους περιμετρικούς σταθμούς σε σχέση με όσους το χρησιμοποιούν λιγότερο ή/και το σταθμεύουν πιο κοντά
Occupation_Employee	Ιδιωτικός/ Δημόσιος υπάλληλος	-	Οι υπάλληλοι είναι λιγότερο δεκτικοί προς το μέτρο
Occupation_Self-Employed	Ελεύθερος επαγγελματίας	-	Οι ελεύθεροι επαγγελματίες είναι λιγότερο δεκτικοί προς το μέτρο
Acceptance motive_Public transport proximity	Παράγοντας αύξησης αποδοχής μέτρου: Εγγύτητα σε Μ.Μ.Μ.	+	Όσοι ενδιαφέρονται για την εγγύτητα σε Μ.Μ.Μ. είναι και πιο θετικοί στο μέτρο (ή και το ανάποδο)
Mean daily parking cost	Μέσο ημερήσιο κόστος στάθμευσης	-	Όσοι έχουν ήδη κόστη στάθμευσης δεν προτιμούν τους περιμετρικούς σταθμούς
Mean search time	Μέσος χρόνος αναζήτησης στάθμευσης	-	Όσοι είναι συνηθισμένοι σε μεγάλους χρόνους αναζήτησης είναι λιγότερο πιθανό να επιλέξουν περιμετρικό σταθμό
Sustainable transport	Πιο χρησιμοποιούμενο μέσο: Μ.Μ.Μ./ Ποδήλατο/ Περπάτημα	+	Όσοι χρησιμοποιούν βιώσιμα μέσα μετακίνησης είναι πιο πρόθυμοι να επιλέξουν περιμετρικό σταθμό

4.3.7 ΔΙΑΘΕΣΗ ΠΛΗΡΩΜΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΑ ΧΡΟΝΟΥ ΚΑΙ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ

Στα λογιστικά μοντέλα, η αξία του χρόνου και της απόστασης καθώς και η διάθεση πληρωμής μπορούν να προκύψουν ως τα πηλίκα των συντελεστών που προέκυψαν από τα μοντέλα. Οι συντελεστές αυτοί ανταποκρίνονται στις τιμές των μεταβλητών που προέκυψαν μετά το scaling. Για να δημιουργηθούν συντελεστές που αντιπροσωπεύουν τις αρχικές τιμές πρέπει να αποκλιμακωθούν σύμφωνα με τον τύπο:

$$\beta_j^{original} = \frac{\beta_j^{scaled}}{s_j} \quad (29)$$

όπου β_j^{scaled} η τιμή του συντελεστή που υπάρχει στο μοντέλο, s_j η τυπική απόκλιση της μεταβλητής και $\beta_j^{original}$ η τιμή του συντελεστή που ανταποκρίνεται στα επίπεδα που ορίστηκαν στα σενάρια.

Έτσι, προέκυψε η Αξία Απόστασης (Value of Distance – VoD) ίση με 0.066 μέτρα/€, η Αξία Χρόνου (Value of Time – VoT) ίση με 3.128 λεπτά/€ και η διάθεση πληρωμής για την

εξοικονόμηση χρόνου (Willingness to Pay - WtP) ίση με 0.320€/λεπτό. Η VoT δηλώνει το πόσα λεπτά εξοικονόμησης χρόνου αναζήτησης στάθμευσης αξίζουν 1€, εν προκειμένω 3.13 λεπτά εξοικονόμησης αξίζουν 1€. Η VoD δηλώνει το πόσα μέτρα εγγύτητας της θέσης στάθμευσης αξίζουν 1€, δηλαδή 0.07 μέτρα αξίζουν 1€. Το WtP ουσιαστικά αποτελεί το αντίστροφο μέτρο της VoT, δηλαδή πόσα € αξίζει η εξοικονόμηση 1 λεπτού αναζήτησης. Άρα, για να εξοικονομήσει κάποιος 1 λεπτό ήταν διατεθειμένος να πληρώσει 0.32€. Οι τιμές αυτές προέκυψαν από όλο το δείγμα και είναι ενδεικτικές για τη στάση του.

4.4 ΜΟΝΤΕΛΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

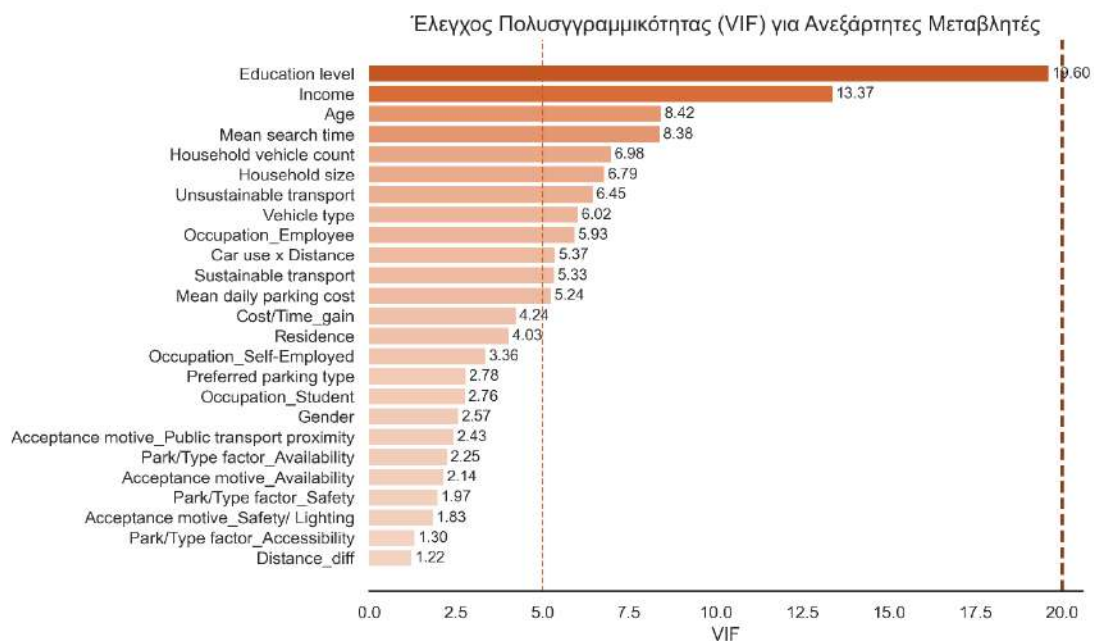
Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται συνολικά η ανάπτυξη τριών μοντέλων Machine Learning: Decision Tree, Random Forest, XGBoost. Το XGBoost μοντέλο ως το καλύτερο σε απόδοση μοντέλο αναλύεται διεξοδικότερα.

4.4.1 ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

Αρχικά, οι νέες μεταβλητές που δημιουργήθηκαν από τη μηχανική χαρακτηριστικών στο κεφάλαιο 4.3.2 Μηχανική Χαρακτηριστικών και Αφαίρεση Μεταβλητών χρησιμοποιήθηκαν και στα μοντέλα μηχανικής μάθησης, καθώς τα αποτελέσματά τους στο δυαδικό λογιστικό μοντέλο ήταν πολύ ενθαρρυντικά. Οι αρχικές μεταβλητές από τις οποίες προέκυψαν αφαιρέθηκαν από τη βάση δεδομένων, όπως και η μεταβλητή Cost_alt1, αφού ήταν σταθερή.

Για να αποφευχθεί πιθανή παρανόηση από τα μοντέλα, καθώς μεταβλητές όπως Cost_alt2, Time_alt1, Time_alt2, Distance_alt1 και Distance_alt2 υπήρχε περίπτωση να μην αποτύπωναν σωστά τη συγκριτική λογική των συμμετεχόντων, εφαρμόστηκε εκ νέου μηχανική των χαρακτηριστικών. Συγκεκριμένα, η Distance_alt2 αφαιρέθηκε από τη Distance_alt1 δημιουργώντας τη Distance_diff, δηλαδή το όφελος σε απόσταση που θα είχε κάποιος αν σταθμεύει σε περιμετρικό σταθμό. Η Time_alt2 αφαιρέθηκε από την Time_alt1 δημιουργώντας την εξοικονόμηση χρόνου σταθμεύοντας σε σταθμό. Η Cost_alt2 διαιρέθηκε από την εξοικονόμηση χρόνου δημιουργώντας την Cost/Time_gain. Η μεταβλητή αυτή εξέφραζε το κόστος του περιμετρικού σταθμού ανά λεπτό χρόνου αναζήτησης που εξοικονομούσαν. Οι παλιές μεταβλητές αφαιρέθηκαν από τη βάση δεδομένων. Και οι δύο νέες μεταβλητές που δημιουργήθηκαν είναι εύκολα ερμηνεύσιμες και ακολουθούν τη λογική πορεία σκέψης ενός συμμετέχοντα.

Μετά τον μετασχηματισμό έγινε έλεγχος με VIF όπως και στο κεφάλαιο 4.3.1 Έλεγχοι Μεταβλητών και αφαιρέθηκαν οι μεταβλητές Occupation_Retired, Park/Type factor_Cost και Vehicle ownership και ξαναέγινε έλεγχος Πολυσυγγραμμικότητας.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 26: ΈΛΕΓΧΟΣ ΠΟΛΥΣΥΓΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ XGBOOST

Τα μοντέλα μηχανικής μάθησης, σε αντίθεση με τα οικονομετρικά, εμφανίζονται πιο ανθεκτικά στην πολυσυγγραμμικότητα, καθώς μπορούν να διαχωρίζουν τις επιδράσεις των μεταβλητών χωρίς να επηρεάζεται σημαντικά η απόδοση. Ως εκ τούτου, ο έλεγχος δεν είναι απαραίτητος, αλλά αποτελεί καλή πρακτική. Θεωρήθηκε ότι τιμές κάτω από 20 είναι καλές για ένα μοντέλο μηχανικής μάθησης. Έλεγχος συσχετίσεων Pearson δεν έγινε, καθώς κρίθηκε ότι στα μοντέλα μηχανικής μάθησης δεν χρειάζεται. Η τελική βάση δεδομένων για τα μοντέλα μηχανικής μάθησης παρουσιάζεται στον Πίνακα 13.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13: ΑΡΧΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

Μεταβλητές	Εξήγηση
Cost/Time_gain	Μηνιαίο κόστος ανά εξοικονόμηση χρόνου (Σενάρια)
Distance_diff	Διαφορά απόστασης (Σενάρια)
Residence	Κατοικία στο κέντρο
Mean search time	Μέσος χρόνος αναζήτησης στάθμευσης
Mean daily parking cost	Μέσο ημερήσιο κόστος στάθμευσης
Preferred parking type	Προτιμητέος τύπος στάθμευσης
Gender	Φύλο
Age	Ηλικία
Income	Εισόδημα
Household size	Μέγεθος νοικοκυριού
Education level	Επίπεδο εκπαίδευσης
Vehicle type	Τύπος οχήματος
Household vehicle count	Αριθμός οχημάτων ανά νοικοκυριό
Acceptance motive_Public transport proximity	Παράγοντας αύξησης αποδοχής μέτρου: Εγγύτητα σε Μ.Μ.Μ.
Acceptance motive_Safety/Lighting	Παράγοντας αύξησης αποδοχής μέτρου: Ασφάλεια/ Φωτισμός
Acceptance motive_Availability	Παράγοντας αύξησης αποδοχής μέτρου: Διαθεσιμότητα θέσεων
Park/Type factor_Safety	Παράγοντας επιλογής στάθμευσης: Ασφάλεια
Park/Type factor_Availability	Παράγοντας επιλογής στάθμευσης: Διαθεσιμότητα θέσεων
Park/Type factor_Accessibility	Παράγοντας επιλογής στάθμευσης: Προσβασιμότητα
Occupation_Self-Employed	Ελεύθερος επαγγελματίας
Occupation_Retired	Συνταξιούχος
Occupation_Employee	Ιδιωτικός/ Δημόσιος υπάλληλος
Sustainable transport	Πιο χρησιμοποιούμενο μέσο: Μ.Μ.Μ./ Ποδήλατο/ Περπάτημα
Car use x Distance	Συχνότητα χρήσης Ι.Χ. επί τη μέση απόσταση στάθμευσης

4.4.2 ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΣΕ ΣΥΝΟΛΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΚΩΣΗ

Όπως και στο οικονομετρικό μοντέλο χρησιμοποιήθηκε SEED για την αναπαραγωγικότητα των αποτελεσμάτων. Το σύνολο εκπαίδευσης αποτέλεσε το 80% του δείγματος και το σύνολο δοκιμής το 20%. Ο διαχωρισμός έγινε ανά σενάριο. Έγινε πάλι κλιμάκωση (scaling) και εφαρμόστηκε και στα τρία μοντέλα διασταυρούμενη επικύρωση 5-fold.

4.4.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

Στόχος των μοντέλων ήταν η μεγιστοποίηση της τιμής της καμπύλης ROC (AUC), ώστε να επιτευχθεί ο βέλτιστος διαχωρισμός μεταξύ των δύο κλάσεων. Για αρχή, πραγματοποιήθηκε και στα τρία μοντέλα ένα πλέγμα αναζήτησης (grid search) με εύρη υπερπαραμέτρων που καθορίστηκαν βάσει βιβλιογραφίας. Στις πρώτες επαναλήψεις των μοντέλων διαπιστώθηκε ότι το XGBoost παρουσίαζε καλύτερη απόδοση από τα άλλα δύο. Συνεπώς, η διαδικασία αφαίρεσης μεταβλητών έγινε κυρίως λόγω των επιδόσεων του XGBoost στις τιμές SHAP και στις τιμές σημαντικότητας κατά permutation (permutation importance).

Η επιλογή των μεταβλητών δεν ακολούθησε συγκεκριμένη μεθοδολογία, όπως στο λογιστικό μοντέλο, καθώς τα μοντέλα μηχανικής μάθησης είναι πολύ πιο περίπλοκα. Ως

γενικός κανόνας μια μεταβλητή αφαιρούταν όταν παρουσίαζε χαμηλή τιμή σημαντικότητας κατά permutation και μη ξεκάθαρη κατεύθυνση της τιμής SHAP. Πιο συγκεκριμένα, αν μια μεταβλητή εμφάνιζε σχετικά υψηλή σημαντικότητα αλλά οι τιμές SHAP της ήταν συγκεντρωμένες κοντά στο μηδέν, χωρίς σαφή κατεύθυνση (θετική ή αρνητική) ως προς την επίδραση στην πιθανότητα επιλογής, τότε η μεταβλητή θεωρούταν μη ερμηνεύσιμη και αφαιρούταν. Αντίθετα, μεταβλητές με συνεχή και μονοτονική κατανομή SHAP τιμών κατά μήκος του άξονα x θεωρήθηκαν σταθερές και συμπεριληφθήκαν στα τελικά μοντέλα. Έτσι, έμειναν μόνο οι σημαντικές μεταβλητές και όσες είχαν ξεκάθαρη τάση διαχωρισμού. Γενικά, οι μεταβλητές χωρίς ξεκάθαρη τάση, που εν τέλει διαγράφηκαν, ήταν μεταβλητές πολύ μικρής σημαντικότητας, το οποίο επιβεβαιώνει τη στρατηγική που ακολουθήθηκε.

Το πλέγμα κάθε μοντέλου τροποποιήθηκε καταλλήλως ώστε να αποφέρει τα βέλτιστα κατά το δυνατόν αποτελέσματα. Έτσι, προέκυψαν οι αναζητήσεις πλέγματος που φαίνονται στους Πίνακες 14, 15 και 16.

ΠΙΝΑΚΑΣ 14: GRID SEARCH DECISION TREE

Decision Tree	Τιμές		
max_depth	10	11	12
min_samples_split	15	16	17
min_samples_leaf	9	10	11

ΠΙΝΑΚΑΣ 15: GRID SEARCH RANDOM FOREST

Random Forest	Τιμές	
n_estimators	30	35
max_depth	12	13
min_samples_leaf	10	11
max_features	sqrt	log2

ΠΙΝΑΚΑΣ 16: GRID SEARCH XGBOOST

XGBoost	Τιμές	
n_estimators	450	500
max_depth	5	6
learning_rate	0.05	0.08
subsample	0.7	0.72
colsample_bytree	0.5	0.52
gamma	0.5	0.52
min_child_weight	10	11
reg_alpha	0.7	0.95
reg_lambda	6	8

Ως max_depth ορίζεται το μέγιστο επίπεδο των κόμβων που μπορεί να έχει ένα δέντρο, ενώ min_samples_split είναι ο ελάχιστος αριθμός των δειγμάτων που πρέπει να υπάρχουν σε έναν κόμβο ώστε να χωριστεί σε δύο και min_samples_leaf ελάχιστος αριθμός δειγμάτων σε ένα φύλλο. Γενικά, χαμηλές τιμές σε αυτές τις υπερπαραμέτρους μειώνουν την υπερπροσαρμογή. Η υπερπαραμέτρος n_estimators αφορά τα δέντρα που

θα κατασκευάσει το μοντέλο για να βελτιώσει την απόδοσή του, ενώ `max_features` ορίζει τον αριθμό των χαρακτηριστικών που δοκιμάζει ένα δέντρο για να κάνει διαχωρισμό. Συνήθως επιλέγεται ως η τετραγωνική ρίζα ή ο λογάριθμος του αριθμού των χαρακτηριστικών, ώστε να επιτευχθεί ισορροπία μεταξύ ποικιλίας και ακρίβειας. (Mantovani et al., 2018; Togatoropa et al., 2022; Verma, 2024).

Στο XGBoost, πέρα από το `max_depth` και `n_estimators` υπάρχει η υπερπαράμετρος `learning_rate`, η οποία ελέγχει τον ρυθμό μάθησης του μοντέλου, δηλαδή το μέγεθος του βήματος με το οποίο προσαρμόζονται τα βάρη σε κάθε επανάληψη. Μικρές τιμές `learning_rate` εξασφαλίζουν σταθερότερη και πιο αργή μάθηση, μειώνοντας την πιθανότητα υπερπροσαρμογής, αλλά απαιτούν μεγαλύτερο αριθμό δέντρων. Όσον αφορά τις υπερπαραμέτρους που μειώνουν την υπερπροσαρμογή, το `subsample` και το `colsample_bytree` αποτελούν το ποσοστό επί των δειγμάτων και των χαρακτηριστικών αντίστοιχα που βλέπει κάθε δέντρο, ενώ το `gamma` δείχνει πόση βελτίωση του στόχου πρέπει να γίνει για να πραγματοποιηθεί ένας διαχωρισμός κόμβου. Το `min_child_weight` είναι υπερπαράμετρος κανονικοποίησης και δηλώνει το ελάχιστο βάρος που πρέπει να έχει ένας κόμβος για να σπάσει, δηλαδή το πόσο κατ' ελάχιστον σημαντικός πρέπει να είναι ένας κόμβος για να σπάσει. Το `min child weight` ουσιαστικά κάνει `pruning`, όπου μεγάλες τιμές του αποτρέπουν την περιττή πληροφορία. Τέλος, τα `reg_alpha` και `reg_lambda` είναι επίσης υπερπαράμετροι κανονικοποίησης, όπου το πρώτο αφορά την τεχνική Lasso (L1) και ωθεί λιγότερο σημαντικά φύλλα να πάρουν τιμή βάρους 0 (ουσιαστικά τα ακυρώνει) και το δεύτερο την τεχνική Ridge (L2) που περιορίζει τα φύλλα με πολύ μεγάλα βάρη, ώστε το μοντέλο να γίνει πιο σταθερό και λιγότερο ευαίσθητο στον θόρυβο (Kavzoglu & Teke, 2022; Mayowa, 2025; Verma, 2024).

4.4.4 ΤΕΛΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ (XGBOOST)

ΠΙΝΑΚΑΣ 17: ΚΑΛΥΤΕΡΕΣ ΥΠΕΡΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ XGBOOST

XGBoost	Τιμές
<code>n_estimators</code>	450
<code>max_depth</code>	6
<code>learning_rate</code>	0.08
<code>subsample</code>	0.72
<code>colsample_bytree</code>	0.5
<code>gamma</code>	0.5
<code>min_child_weight</code>	10
<code>reg_alpha</code>	0.7
<code>reg_lambda</code>	6

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται μόνο η συμπεριφορά του XGBoost. Τα συνολικά αποτελέσματα όλων των μοντέλων μπορούν να βρεθούν στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ. Στον Πίνακα 17 φαίνονται οι καλύτερες υπερπαράμετροι του μοντέλου XGBoost, δηλαδή οι υπερπαράμετροι του αποδοτικότερου μοντέλου που εκπαιδεύτηκε μέσα από την αναζήτηση πλέγματος. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 18 και τον Πίνακα 19, το μοντέλο σημείωσε διαφορά ορθότητας των δύο συνόλων 7.95%, η οποία θεωρείται καλή και άρα το μοντέλο επέτυχε τη γενίκευση. Η ορθότητα έφτασε στο 74.47%, σαφώς βελτιωμένη από το Δυαδικό Λογιστικό Μοντέλο. Πρέπει να σημειωθεί ότι για την εσωτερική

δημιουργία των δέντρων, το XGBoost χρησιμοποίησε τη συνάρτηση της λογαριθμικής απώλειας, η οποία αναφέρθηκε στο κεφάλαιο Εκπαίδευση Μοντέλων και για την αναζήτηση πλέγματος χρησιμοποιήθηκε η καμπύλη ROC (AUC), η οποία φαίνεται στο Διάγραμμα 27. Τιμές άνω του 0.8 θεωρούνται εξαιρετικές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 18: ΜΗΤΡΩΟ ΣΥΓΧΥΣΗΣ ΣΥΝΟΛΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ XGBOOST

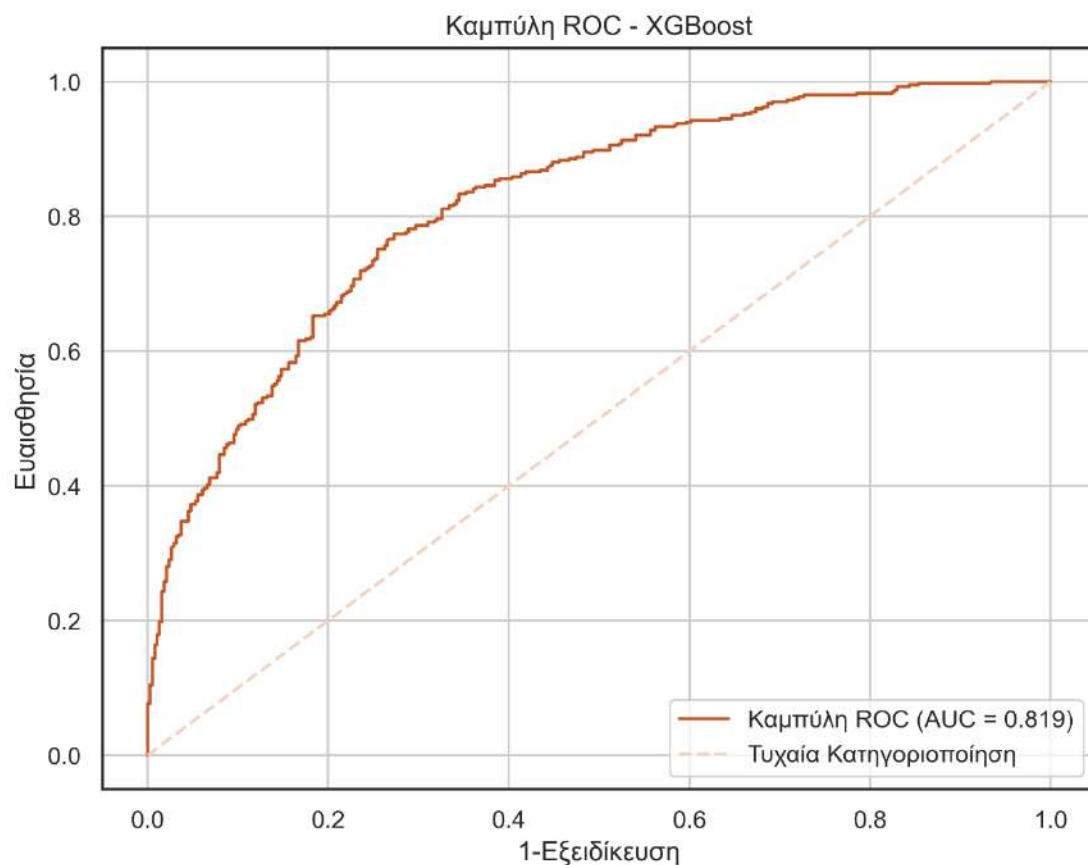
Σύνολο εκπαίδευσης		Πρόβλεψη	
		Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 2
Αληθείς	Εναλλακτική 1	1264	245
	Εναλλακτική 2	295	1316

Ορθότητα 82.69%

ΠΙΝΑΚΑΣ 19: ΜΗΤΡΩΟ ΣΥΓΧΥΣΗΣ ΣΥΝΟΛΟΥ ΔΟΚΙΜΗΣ XGBOOST

Σύνολο δοκιμής		Πρόβλεψη	
		Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 2
Αληθείς	Εναλλακτική 1	281	96
	Εναλλακτική 2	101	302

Ορθότητα 74.74%



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 27: ΚΑΜΠΥΛΗ ROC ΜΟΝΤΕΛΟΥ XGBOOST

Το μοντέλο φάνηκε να είναι αρκετά ισορροπημένο ανάμεσα στις δύο κλάσεις, με τιμές ευαισθησίας (recall), ακρίβειας (precision) και F1 πάρα πολύ κοντά για κάθε κατηγορία

(Πίνακας 20, Πίνακας 21). Ο Μ.Μ.Ο. (μάκρο-μέσος όρος – macro average), ο οποίος είναι ο απλός μέσος όρος των δύο τιμών και ο Σ.Μ.Ο. (σταθμισμένος μέσος όρος – weighted average) που λαμβάνει υπόψη το πλήθος του δείγματος κάθε κλάσης ήταν σχεδόν ίσοι, το οποίο έχει να κάνει με την ισορροπία των σεναρίων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 20: ΑΝΑΦΟΡΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΥΝΟΛΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΧGBOOST

Σύνολο Εκπαίδευσης				
	Ακρίβεια	Ευαισθησία	F1	Πλήθος
0	0.811	0.838	0.824	1509
1	0.843	0.817	0.83	1611
Ορθότητα			0.827	3120
Μ.Μ.Ο.	0.827	0.827	0.827	3120
Σ.Μ.Ο.	0.827	0.827	0.827	3120

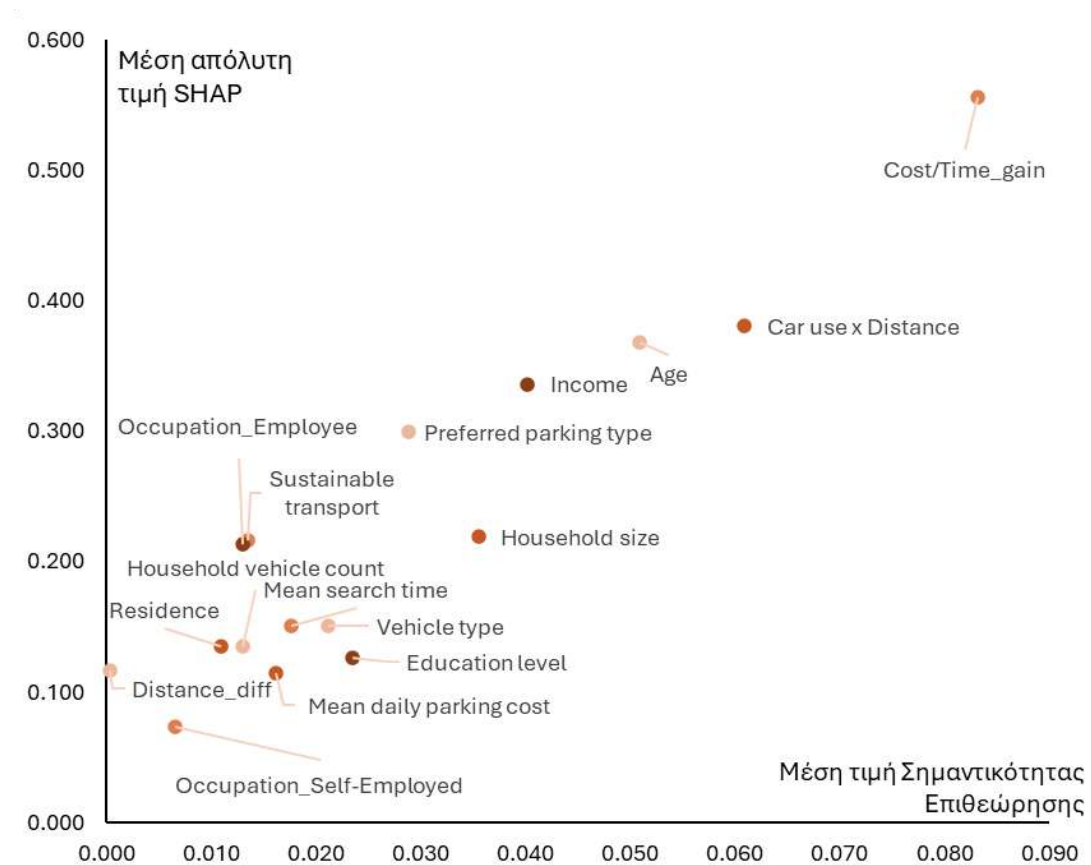
ΠΙΝΑΚΑΣ 21: ΑΝΑΦΟΡΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΥΝΟΛΟΥ ΔΟΚΙΜΗΣ ΧGBOOST

Σύνολο Δοκιμής				
	Ακρίβεια	Ευαισθησία	F1	Πλήθος
0	0.736	0.745	0.74	377
1	0.759	0.749	0.754	403
Ορθότητα			0.747	780
Μ.Μ.Ο.	0.747	0.747	0.747	780
Σ.Μ.Ο.	0.748	0.747	0.747	780

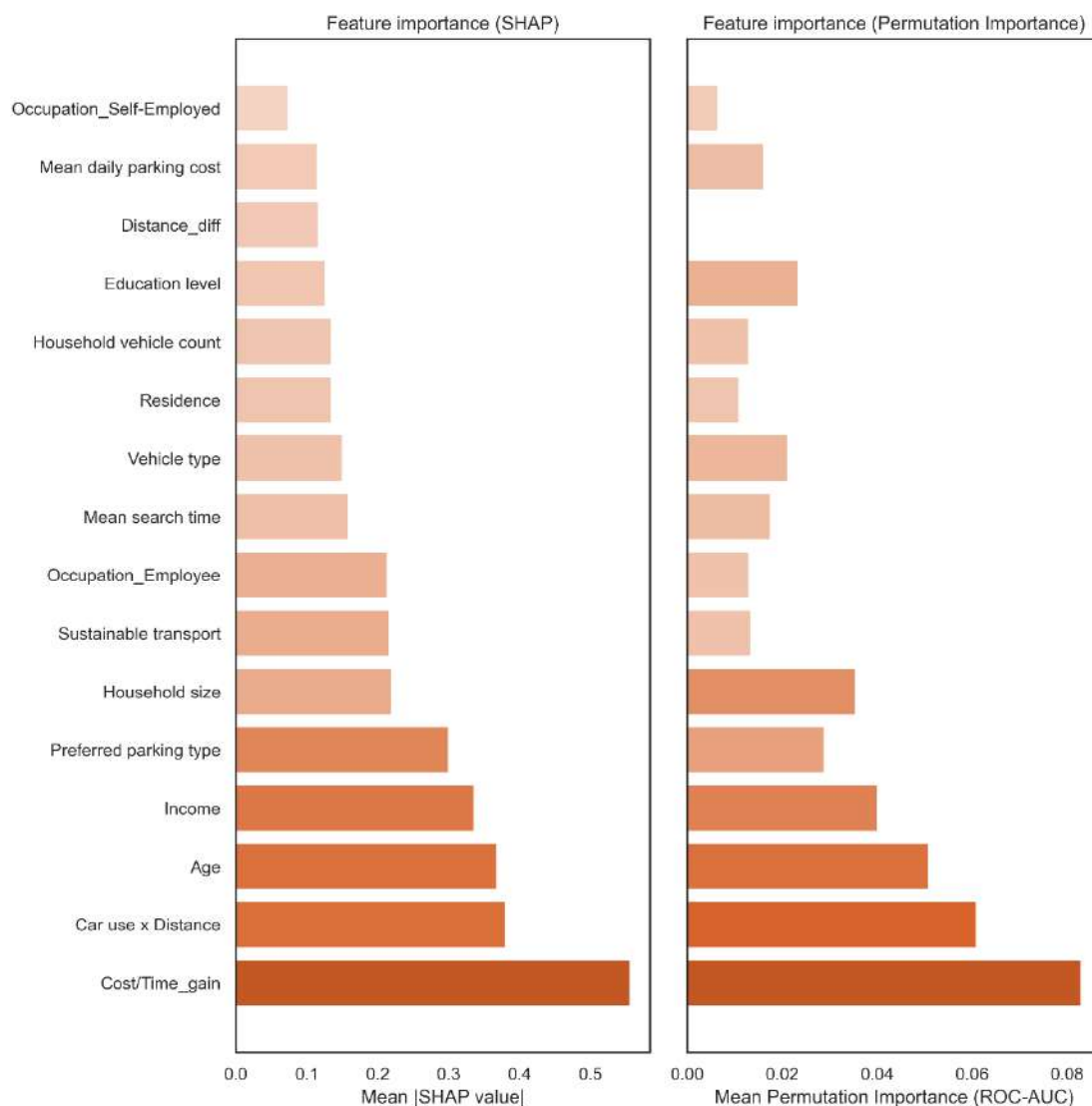
Συμπερασματικά, η εκτέλεση το μοντέλου ήταν επιτυχής. Οι τιμές F1 για κάθε κλάση ξεπέρασαν κατά πολύ το 0.7, η τιμή ROC (AUC) ξεπέρασε το 0.8, οι τιμές ακρίβειας και ευαισθησίας δεν παρουσίασαν διακύμανση στις κλάσεις και επετεύχθη ορθότητα άνω του 74.7% χωρίς να γίνει υπερπροσαρμογή του μοντέλου, παρά τον σχετικά μεγάλο αριθμό δέντρων. Σε αυτό βοήθησαν οι υπερπαράμετροι κανονικοποίησης που έκαναν «κλάδεμα» στα δέντρα.

4.4.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 28, το κόστος του περιμετρικού σταθμού ανά μονάδα εξοικονόμησης χρόνου ήταν η πιο σημαντική μεταβλητή και για τις τιμές σημαντικότητας κατά permutation και για τις τιμές SHAP. Συγκρίνοντας τα δύο μέτρα σημαντικότητας, φαίνεται πως ακόμα και η σειρά των μέσων τιμών σημαντικότητας είναι σχεδόν ίδια με τη σειρά των απόλυτων τιμών SHAP, το οποίο αποδεικνύει πως οι συγκεκριμένες μεταβλητές ήταν όντως σημαντικές για το μοντέλο και η αξία τους δεν μεταβλήθηκε ιδιαίτερα ανάλογα το μέτρο που χρησιμοποιήθηκε.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 28: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΑΝΑ ΤΙΜΗ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ PERMUTATION ΚΑΙ SHAP

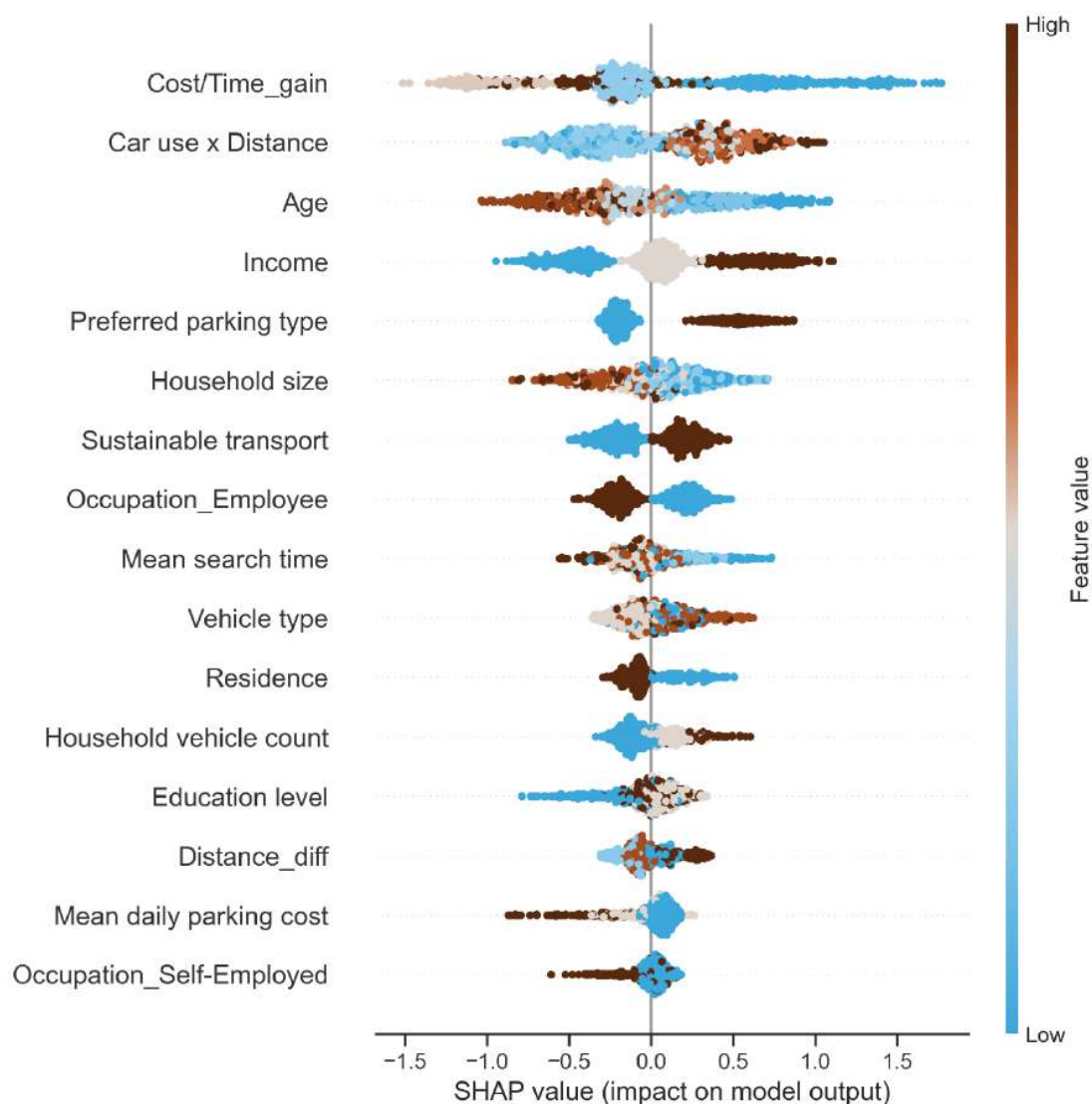


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 29: ΑΠΟΛΥΤΕΣ ΤΙΜΕΣ SHAP ΚΑΙ ΤΙΜΕΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PERMUTATION)

Στο Διάγραμμα 30 φαίνεται η σημαντικότητα του κάθε χαρακτηριστικού, αλλά και το πως επηρέασε τον διαχωρισμό των κλάσεων.

Ξεκινώντας από τις μεταβλητές των σεναρίων, παρατηρείται ότι υψηλές, μέσες και ελαφρώς χαμηλές τιμές του Cost/Time_gain οδήγησαν σε κατηγοριοποίηση ως κλάση 0 (στάθμευση επί της οδού), ενώ χαμηλές τιμές σε κατηγοριοποίηση ως κλάση 1 (στάθμευση σε περιμετρικό σταθμό). Κάτι τέτοιο είναι λογικό, καθώς το χαμηλότερο κόστος ή η μεγαλύτερη εξοικονόμηση χρόνου κάνει τους περιμετρικούς σταθμούς πιο δελεαστικούς. Η ύπαρξη των ελαφρώς χαμηλών τιμών στον αρνητικό ημιάξονα δεν προκαλεί προβληματισμό, καθώς το σημαντικό για την καταγραφή της τάσης είναι η συνεχής και ομαλή διασπορά τιμών από χαμηλές προς υψηλές στον άξονα x ή η μεγαλύτερη απόσταση αυτών των τιμών από το μηδέν, το οποίο επετεύχθη. Η Distance_diff, δηλαδή η εγγύτητα του περιμετρικού σταθμού στην κατοικία σε σχέση με τη θέση παρόδιας στάθμευσης, παρουσίασε ομαλή κατανομή με τις υψηλές τιμές να κατηγοριοποιούν ως στάθμευση σε σταθμό, το οποίο επίσης είναι λογικό, καθώς σημαίνει

ότι όσο πιο κοντά στην κατοικία είναι μία θέση στάθμευσης τόσο πιο πιθανή η στάθμευση σε αυτή.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 30: TIMEΣ SHAP

Όσον αφορά τα δημογραφικά χαρακτηριστικά, κατά σειρά σημαντικότητας βρέθηκαν οι μεταβλητές ηλικίας, εισοδήματος, μέγεθος νοικοκυριού, απασχόλησης ως υπάλληλος, τύπος οχήματος, αριθμού οχημάτων ανά νοικοκυριό, επιπέδου εκπαίδευσης και απασχόλησης ως ελεύθερος επαγγελματίας. Οι μικρές τιμές στη μεταβλητή ηλικίας και οι υψηλές τιμές στη μεταβλητή εισοδήματος οδήγησαν σε προτίμηση του περιμετρικού σταθμού. Η προτίμηση του μέτρου από μικρές ηλικίες και άτομα με μεγάλα εισοδήματα πρέπει να ληφθεί υπόψη στον σχεδιασμό της πολιτικής. Οι ερωτώμενοι που εργάζονται ως υπάλληλοι και ως ελεύθεροι επαγγελματίες παρουσίασαν προτίμηση για παρόδια στάθμευση. Παρατηρείται, επίσης, ότι τα μεγαλύτερα νοικοκυριά έτειναν προς την παρόδια στάθμευση. Αυτό ενδέχεται να σχετίζεται με το αυξημένο κόστος διαβίωσης που επιβαρύνει τα συγκεκριμένα νοικοκυριά, με αποτέλεσμα να αποφεύγουν την περαιτέρω οικονομική επιβάρυνση των περιμετρικών σταθμών. Από την άλλη, ο μεγαλύτερος αριθμός οχημάτων ανά νοικοκυριό αποτέλεσε δείκτη για την προτίμηση περιμετρικού

σταθμού. Το αποτέλεσμα αυτό έρχεται να επιβεβαιώσει την έρευνα των Christiansen, Fearnley, et al. (2017), όπου τα νοικοκυριά με παραπάνω από 2 οχήματα προτιμούν θέσεις εκτός οδού και σημειώνουν τα χαμηλότερα ποσοστά παρόδιας στάθμευσης. Οι ιδιοκτήτες μεγαλύτερων οχημάτων έτειναν περισσότερο προς τους περιμετρικούς σταθμούς, ενώ όσοι έχουν μεσαία και μικρά επέλεξαν την παρόδια. Αυτή η μεταβλητή είχε συσχέτιση με το εισόδημα (Διάγραμμα 23) και λογικά επιβεβαιώνει τη δημογραφική τάση που έχει ήδη καταγραφεί. Τα άτομα με υψηλότερο επίπεδο μόρφωσης επίσης έδειξαν προτίμηση στους περιμετρικούς σταθμούς. Και αυτή η μεταβλητή παρουσίασε υψηλή συσχέτιση με το εισόδημα (Διάγραμμα 23), αλλά μπορεί να ληφθεί και ως ξεχωριστή παράμετρος στον σχεδιασμό της πολιτικής.

Από τις μεταβλητές που σχετίζονται με το προφίλ κινητικότητας σημαντικότερη ήταν η χρήση του οχήματος σε συνδυασμό με τη μέση απόσταση στάθμευσης και ακολούθησαν ο προτιμητέος τύπος στάθμευσης, η μετακίνηση με βιώσιμα μέσα, ο μέσος χρόνος αναζήτησης θέσης στάθμευσης, η κατοικία και το μέσο ημερήσιο κόστος στάθμευσης. Οι οδηγοί που χρησιμοποιούν συχνά το όχημα τους και σταθμεύουν μακριά από τον προορισμό τους προτίμησαν τη στάθμευση σε περιμετρικούς σταθμούς, το οποίο είναι λογικό, καθώς φαίνεται να αντιμετωπίζουν την πολιτική ως ευκαιρία, ενώ και όσοι ήδη προτιμούν τη στάθμευση εκτός οδού έδειξαν προτίμηση στα ανάλογα σενάρια. Όσοι μετακινούνται με βιώσιμα μέσα φάνηκε, επίσης, να αντιμετωπίζουν την πολιτική ως ευκαιρία, δυσανασχετώντας κατά πάσα πιθανότητα για τις κακές συνθήκες κινητικότητας και προσβασιμότητας που υπάρχουν στην πόλη λόγω του μεγάλου αριθμού θέσεων παρόδιας στάθμευσης. Οι μεσαίες και μεγάλες τιμές μέσου χρόνου αναζήτησης οδήγησαν σε κατηγοριοποίηση ως στάθμευση επί της οδού, επειδή κατά πάσα πιθανότητα οι συγκεκριμένοι οδηγοί είναι συνηθισμένοι στους μεγάλους χρόνους που παρουσιάστηκαν στα σενάρια. Επιπλέον, όσοι επιβαρύνονται ήδη με κόστη στάθμευσης δεν προτίμησαν να αναλάβουν νέα κόστη επιλέγοντας περιμετρικούς σταθμούς. Οι κάτοικοι του κέντρου, τέλος, φάνηκαν πιο διστακτικοί προς την πολιτική. Το γεγονός αυτό πιθανώς έγκειται σε δύο παραμέτρους. Η πρώτη είναι η εξοικείωση των οδηγών του κέντρου με τους μεγάλους χρόνους αναζήτησης που υπήρχαν στα σενάρια. Η δεύτερη έχει να κάνει με τη μείωση των παρόδιων θέσεων σε περιοχές του κέντρου, από την οποία πολλοί που δεν θέλουν να πληρώσουν για εκτός οδού θέση μπορεί να νιώθουν ότι θα ζημιωθούν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 22: ΤΕΛΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ XGBOOST

Μεταβλητές με σειρά σημαντικότητας	Εξήγηση	Κατηγοριοποίηση υψηλών τιμών	Συνοπτική ερμηνεία
Cost/Time_gain	Μηνιαίο κόστος ανά εξοικονόμηση χρόνου (Σενάρια)	Επί της οδού	Όσο πιο χαμηλό το κόστος ανά εξοικονομούμενο λεπτό σταθμεύοντας σε σταθμό τόσο πιο πιθανή η επιλογή του
Car use x Distance	Συχνότητα χρήσης Ι.Χ. επί τη μέση απόσταση στάθμευσης	Περιμετρικός σταθμός	Όσοι χρησιμοποιούν συχνά το όχημα τους και το σταθμεύουν σε μεγάλη απόσταση είναι πιο θετικοί προς τους περιμετρικούς σταθμούς σε σχέση με όσους το χρησιμοποιούν λιγότερο ή/και το σταθμεύουν πιο κοντά
Age	Ηλικία	Επί της οδού	Οι μικρότερες ηλικίες είναι πιο θετικές προς το μέτρο
Income	Εισόδημα	Περιμετρικός σταθμός	Όσοι έχουν μεγαλύτερα εισοδήματα είναι πιο θετικοί προς το μέτρο
Preferred parking type	Προτιμητέος τύπος στάθμευσης	Περιμετρικός σταθμός	Όσοι προτιμούν την εκτός οδού, είναι πιο θετικοί προς τους σταθμούς
Household size	Μέγεθος νοικοκυριού	Επί της οδού	Όσο πιο μικρό το νοικοκυριό, τόσο πιο πιθανή η επιλογή του περιμετρικού σταθμού
Sustainable transport	Πιο χρησιμοποιούμενο μέσο: Μ.Μ.Μ./ Ποδήλατο/ Περπάτημα	Περιμετρικός σταθμός	Όσοι χρησιμοποιούν βιώσιμα μέσα μετακίνησης είναι πιο πρόθυμοι να επιλέξουν περιμετρικό σταθμό
Occupation_Employee	Ιδιωτικός/ Δημόσιος υπάλληλος	Επί της οδού	Οι υπάλληλοι είναι λιγότερο δεκτικοί προς το μέτρο
Mean search time	Μέσος χρόνος αναζήτησης στάθμευσης	Επί της οδού	Όσοι είναι συνηθισμένοι σε μεγάλους χρόνους αναζήτησης είναι λιγότερο πιθανό να επιλέξουν περιμετρικό σταθμό
Vehicle type	Τύπος οχήματος	Περιμετρικός σταθμός	Οι ιδιοκτήτες μεγαλύτερων οχημάτων είναι πιο πιθανό να επιλέξουν περιμετρικό σταθμό
Residence	Κατοικία στο κέντρο	Επί της οδού	Οι κάτοικοι του κέντρου φαίνεται να είναι πιο διστακτικοί προς την προτεινόμενη πολιτική
Household vehicle count	Αριθμός οχημάτων ανά νοικοκυριό	Περιμετρικός σταθμός	Ο μεγαλύτερος αριθμός των οχημάτων ανά νοικοκυριό αυξάνει την πιθανότητα επιλογής της στάθμευσης σε περιμετρικό σταθμό
Education level	Επίπεδο εκπαίδευσης	Περιμετρικός σταθμός	Όσοι έχουν υψηλότερο επίπεδο εκπαίδευσης τείνουν να επιλέγουν τον περιμετρικό σταθμό
Distance_diff	Διαφορά απόστασης (Σενάρια)	Περιμετρικός σταθμός	Όσο πιο κοντά είναι ένας σταθμός σε σχέση με την παρόδια στάθμευση τόσο πιο πιθανή η επιλογή του
Mean daily parking cost	Μέσο ημερήσιο κόστος στάθμευσης	Επί της οδού	Όσοι έχουν ήδη κόστη στάθμευσης δεν προτιμούν τους περιμετρικούς σταθμούς
Occupation_Self-Employed	Ελεύθερος επαγγελματίας	Επί της οδού	Οι ελεύθεροι επαγγελματίες είναι λιγότερο δεκτικοί προς το μέτρο

4.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

4.5.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Από τη σύγκριση όλων των μοντέλων που αναπτύχθηκαν, το XGBoost φάνηκε να πετυχαίνει καλύτερες τιμές σε κάθε μέτρο απόδοσης. Πολύ κοντά στις αποδόσεις του XGBoost έφτασε και το Random Forest. Στα περισσότερα μέτρα απόδοσης χαμηλότερες τιμές συγκέντρωσε το Decision Tree, αν και η καμπύλη ROC του πήρε τιμή μεγαλύτερη από αυτή του BL. Στον Πίνακα 23, φαίνεται ότι όλα τα μοντέλα έχουν καλή ισορροπία ανάμεσα στις δύο κλάσεις, το οποίο είναι πάρα πολύ θετικό για την ανάπτυξη των μοντέλων και την ασφάλεια των αποτελεσμάτων. Τα τρία μοντέλα μηχανικής μάθησης παρουσίασαν και πολύ παρόμοια συμπεριφορά όσον αφορά τη σημαντικότητα και την τάση των μεταβλητών (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ).

ΠΙΝΑΚΑΣ 23: ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

	BL	Decision Tree	Random Forest	XGBoost
Ορθότητα	68.1%	67.3%	72.1%	74.7%
Ακρίβεια	68.1%	67.3%	72.0%	74.7%
Ευαισθησία	68.0%	67.4%	72.0%	74.7%
F1	0.681	0.673	0.720	0.747
ROC (AUC)	0.719	0.760	0.795	0.819

Εστιάζοντας στο XGBoost και το BL, το πρώτο πέτυχε ορθότητα 6.6% μεγαλύτερη από το δεύτερο και τιμή καμπύλης ROC 0.10 μεγαλύτερη. Η ευαισθησία ήταν 6.7% μεγαλύτερη και η ακρίβεια 6.6% μεγαλύτερη (Πίνακας 23). Συγκριτικά, το Μοντέλο XGBoost κατάφερε να φτάσει σε μεγαλύτερες τιμές απόδοσης από το Δυαδικό Λογιστικό Μοντέλο, ενσωματώνοντας περισσότερες μεταβλητές. Αυτό έγκειται σε δύο πιθανές παραμέτρους. Η πρώτη αφορά τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα των μοντέλων μηχανικής μάθησης στην πολυσυγγραμμικότητα, ενσωματώνοντας έτσι και έντονα συσχετισμένες μεταβλητές, που περιείχαν όμως διακριτές και χρήσιμες πληροφορίες για το μοντέλο. Η δεύτερη παράμετρος σχετίζεται με τη δομή των μοντέλων. Χρησιμοποιώντας κόμβους και κλαδιά, το μοντέλο μπορεί να ενσωματώσει πιο ειδικές συνθήκες. Για παράδειγμα, μια μεταβλητή όπως ο τόπος κατοικίας μπορεί να είναι σημαντική μόνο για συγκεκριμένα υποσύνολα (π.χ. άτομα κάτω των 35 ετών που εργάζονται ως ιδιωτικοί υπάλληλοι). Στην περίπτωση αυτή, το λογιστικό μοντέλο αγνοεί τη μεταβλητή λόγω έλλειψης σταθερής γραμμικής σχέσης, ενώ το XGBoost μπορεί να την αξιοποιήσει μέσα από τους κόμβους και τα κλαδιά του δέντρου.

4.5.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Παρατηρώντας τον Πίνακα 24, φαίνεται ότι καμία κοινή μεταβλητή δεν παρουσίασε διαφορετικό πρόσημο ή τάση κατηγοριοποίησης στα δύο μοντέλα. Αυτό αποδεικνύει το πόσο σαφείς ήταν οι τάσεις στο δείγμα. Πρέπει να προστεθεί, επίσης, ότι καμία μεταβλητή δεν φάνηκε να αλλάζει τάση σε κάποια επανάληψη του Λογιστικού Μοντέλου ή του XGBoost. Αυτό σημαίνει ότι ακόμα και με όλες τις μη σημαντικές μεταβλητές στα μοντέλα, αυτά μπορούσαν να εντοπίσουν τις μεταβλητές που ήταν σημαντικές και που εξηγούσαν τη συμπεριφορά του δείγματος, αγνοώντας τον θόρυβο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 24: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Μεταβλητές	Εξήγηση	BL	XGBoost
Age	Ηλικία	-	Επί της οδού
Car use x Distance	Συχνότητα χρήσης Ι.Χ. επί τη μέση απόσταση στάθμευσης	+	Περιμετρικός σταθμός
Income	Εισόδημα	+	Περιμετρικός σταθμός
Preferred parking type	Προτιμητέος τύπος στάθμευσης	+	Περιμετρικός σταθμός
Occupation_Employee	Ιδιωτικός/ Δημόσιος υπάλληλος	-	Επί της οδού
Sustainable transport	Πιο χρησιμοποιούμενο μέσο: Μ.Μ.Μ./ Ποδήλατο/ Περπάτημα	+	Περιμετρικός σταθμός
Mean search time	Μέσος χρόνος αναζήτησης στάθμευσης	-	Επί της οδού
Mean daily parking cost	Μέσο ημερήσιο κόστος στάθμευσης	-	Επί της οδού
Occupation_Self-Employed	Ελεύθερος επαγγελματίας	-	Επί της οδού
Household size	Μέγεθος νοικοκυριού		Επί της οδού
Vehicle type	Τύπος οχήματος		Περιμετρικός σταθμός
Education level	Επίπεδο εκπαίδευσης		Περιμετρικός σταθμός
Household vehicle count	Αριθμός οχημάτων ανά νοικοκυριό		Περιμετρικός σταθμός
Residence	Κατοικία στο κέντρο		Επί της οδού
Acceptance motive_Public transport proximity	Παράγοντας αύξησης αποδοχής μέτρου: Εγγύτητα σε Μ.Μ.Μ.	+	
Time	Χρόνος αναζήτησης (Σενάρια)	-	
Cost	Μηνιαίο κόστος (Σενάρια)	-	
Distance	Απόσταση (Σενάρια)	-	
Cost/Time_gain	Μηνιαίο κόστος ανά εξοικονόμηση χρόνου (Σενάρια)		Επί της οδού
Distance_diff	Διαφορά απόστασης (Σενάρια)		Περιμετρικός σταθμός

Τα άτομα με μεγαλύτερα εισοδήματα, όπως και όσοι έχουν υψηλότερο επίπεδο εκπαίδευσης, δήλωσαν ξεκάθαρη προτίμηση στους περιμετρικούς σταθμούς. Επίσης, φιλικό προς την πολιτική φαίνεται να ήταν όσοι απαρτίζουν νοικοκυριά με λίγα μέλη ή μένουν σε νοικοκυριά με πολλά οχήματα και όσοι είναι ιδιοκτήτες μεγαλύτερων οχημάτων. Όσοι ήδη προτιμάνε την εκτός οδού στάθμευση και είναι συχνόι οδηγοί που μένουν σε περιοχές με πιο δύσκολη στάθμευση φάνηκαν πολύ δεκτικοί προς το προτεινόμενο μέτρο. Οι νεότεροι σε ηλικία, καθώς και οι χρήστες πιο βιώσιμων μέσων μετακίνησης επίσης ήταν πιο δεκτικοί με την πολιτική. Αν ληφθεί υπόψη ότι αυτές οι δύο κατηγορίες έχουν συσχέτιση μεταξύ τους, γίνεται κατανοητό ότι βλέπουν την πολιτική ως ευκαιρία βελτίωσης του αστικού τοπίου. Όλες αυτές οι δημογραφικές και κοινωνικές ομάδες θα αποτελέσουν κατά πάσα πιθανότητα τον κύριο κορμό των χρηστών της προτεινόμενης πολιτικής και πρέπει να ληφθούν πολύ σοβαρά υπόψη στον σχεδιασμό.

Από την άλλη, οι κάτοικοι του κέντρου φαίνεται να είδαν την πολιτική ως απειλή λόγω της μείωσης των παρόδων θέσεων, εκφράζοντας μία λογική που στη βιβλιογραφία αναφέρεται ως Not In My Back Yard (NIMBY) (Brown & Glanz, 2018). Οι εργαζόμενοι διατύπωσαν επίσης αρνητική στάση προς την πολιτική, πιθανώς πάλι εξαιτίας της μείωσης των παρόδων θέσεων. Όσοι είναι πιο εξοικειωμένοι με τους μεγάλους χρόνους αναζήτησης θέσης ελεύθερης στάθμευσης δεν ανταποκρίθηκαν στην πολιτική, η οποία

είχε σαφώς μικρότερους χρόνους αναζήτησης. Λόγω του μηνιαίου κόστους της θέσης σε περιμετρικό σταθμό, όσοι επιβαρύνονται ήδη με κόστη στάθμευσης απέρριψαν την πολιτική.

Οι αυξημένοι μέσοι χρόνοι αναζήτησης παρόδιας θέσης λειτούργησε ευνοϊκά για την επιλογή των περιμετρικών σταθμών, όπως και η μικρότερη απόσταση από την κατοικία. Αυτές οι παράμετροι είναι απολύτως λογικές, καθώς ο χρόνος και η απόσταση είναι πολύ σημαντικές παράμετροι βάσει βιβλιογραφίας για την επιλογή στάθμευσης (Ibeas et al., 2014; Scheiner et al., 2020).

Η εγγύτητα σε μέσα μαζικής μεταφοράς αναδείχθηκε ως νέος θετικός παράγοντας για την αποδοχή της πολιτικής, υποδηλώνοντας ότι το δείγμα έδωσε σημασία όχι μόνο στην απόσταση από την κατοικία αλλά και στη συνδεσιμότητα με δίκτυα μετεπιβίβασης.

Ο χρόνος και το κόστος κρίθηκαν ως οι σημαντικότερες παράμετροι για την επιλογή τύπου στάθμευσης. Το βέλτιστο κόστος που θα έπρεπε να έχει μία θέση ώστε η πολιτική να είναι και αποτελεσματική και αποδεκτή μπορεί να αποτελέσει πεδίο για περαιτέρω έρευνα.

5. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

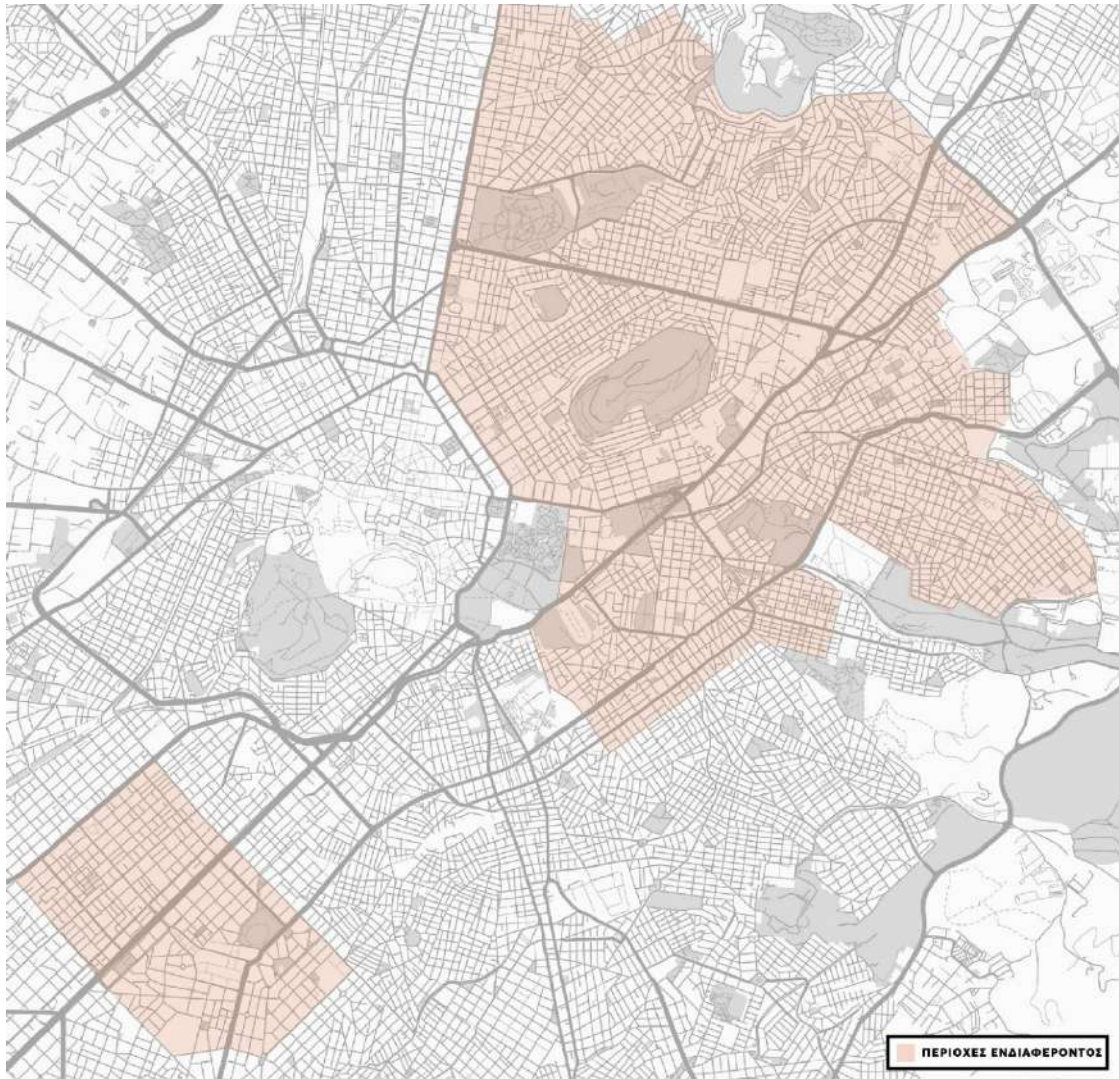
Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των μοντέλων που συνοπτικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 24 και αξιοποιώντας τη βιβλιογραφία του κεφαλαίου «Βιβλιογραφική Ανασκόπηση», επιχειρείται να διαμορφωθεί μία πρόταση για την εφαρμογή περιμετρικών σταθμών για τη στάθμευση των κατοίκων της Αθήνας. Στόχος της θα είναι η αποτελεσματική αντιμετώπιση του έντονου κορεσμού στάθμευσης που παρατηρείται σε πολλές γειτονιές της πόλης και η απόδοση μέρους του δημοσίου χώρου σε όλους τους χρήστες, ώστε να βελτιωθεί η κινητικότητα και η προσβασιμότητα στις γειτονιές. Στόχος, επίσης, της πολιτικής είναι και η επιτυχημένη εφαρμογή της, δηλαδή η εύρεση των περιοχών, όπου θα συγκέντρωνε μεγαλύτερη αποδοχή από τους κατοίκους, χωρίς να δημιουργήσει προβλήματα στο αστικό τοπίο.

Η έρευνα έδειξε ότι για την αποτελεσματικότητα των περιμετρικών σταθμών πρέπει να συμβάλλουν συγκεκριμένες παράμετροι. Πρώτον, πρέπει οι κάτοικοι της περιοχής να αντιμετωπίζουν μεγάλους χρόνους αναζήτησης και μεγάλες αποστάσεις θέσης από την κατοικία. Τότε, η εναλλακτική των περιμετρικών σταθμών γίνεται ελκυστική για τους οδηγούς. Πέρα από τα δεδομένα χαρακτηριστικά στάθμευσης κάθε περιοχής, η εναλλακτική των σταθμών συγκεντρώνει μεγαλύτερη προτίμηση σε συγκεκριμένες δημογραφικές ομάδες. Αυτές είναι τα άτομα με μεγαλύτερα εισοδήματα και υψηλότερο επίπεδο εκπαίδευσης, άτομα νεότερης ηλικίας που κινούνται με βιώσιμα μέσα μεταφοράς και τα μικρότερα νοικοκυριά ή τα νοικοκυριά με περισσότερα οχήματα. Συνεπώς πρέπει να βρεθούν πιθανές περιοχές που να συγκεντρώνουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά, ώστε η πολιτική να είναι και αποτελεσματική και αποδεκτή από τους κατοίκους.

5.1 ΧΩΡΙΚΗ ΙΕΡΑΡΧΗΣΗ ΠΙΘΑΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ

Τα αποτελέσματα των μοντέλων ανέδειξαν ότι ο χρόνος αναζήτησης θέσης στάθμευσης, η απόσταση της θέσης από την κατοικία και το μηνιαίο κόστος στάθμευσης αποτελούν τις πιο καθοριστικές παραμέτρους για την επιλογή ενός περιμετρικού σταθμού. Οι μεγάλοι χρόνοι αναζήτησης ελεύθερης θέσης στάθμευσης επί της οδού αλλά και η μεγάλη απόσταση της θέσης από την κατοικία αποτελούν ενδείξεις για τον κορεσμό του συστήματος στάθμευσης μίας περιοχής.

Βάσει της έρευνας των Mantouka et al. (2021), οι γειτονιές του κέντρου της Αθήνας που φαίνεται να αντιμετωπίζουν ζητήματα κορεσμού στάθμευσης βρίσκονται κατά κύριο λόγο ανατολικά της Λεωφόρου Πατησίων. Συγκεκριμένα, περιοχές όπως η Κυψέλη, το Γκύζη, το Πολύγωνο, οι Αμπελόκηποι, τα Εξάρχεια, το Κολωνάκι, το Παγκράτι, τα Ιλίσια και το Γουδί σημειώνουν υψηλές τιμές κορεσμού. Επιπλέον, υψηλές τιμές κορεσμού συναντώνται και σε περιοχές κατοικίας πλησίον του κέντρου με πυκνό αστικό ιστό, όπως οι περιοχές Ζωγράφου, Καισαριανή, Καλλιθέα και Νέα Σμύρνη. Σε αυτές τις περιοχές θα επικεντρωθεί η ανάλυση για να βρεθεί ποιες συγκεντρώνουν και άλλες ευνοϊκές παραμέτρους για την εφαρμογή της πολιτικής.

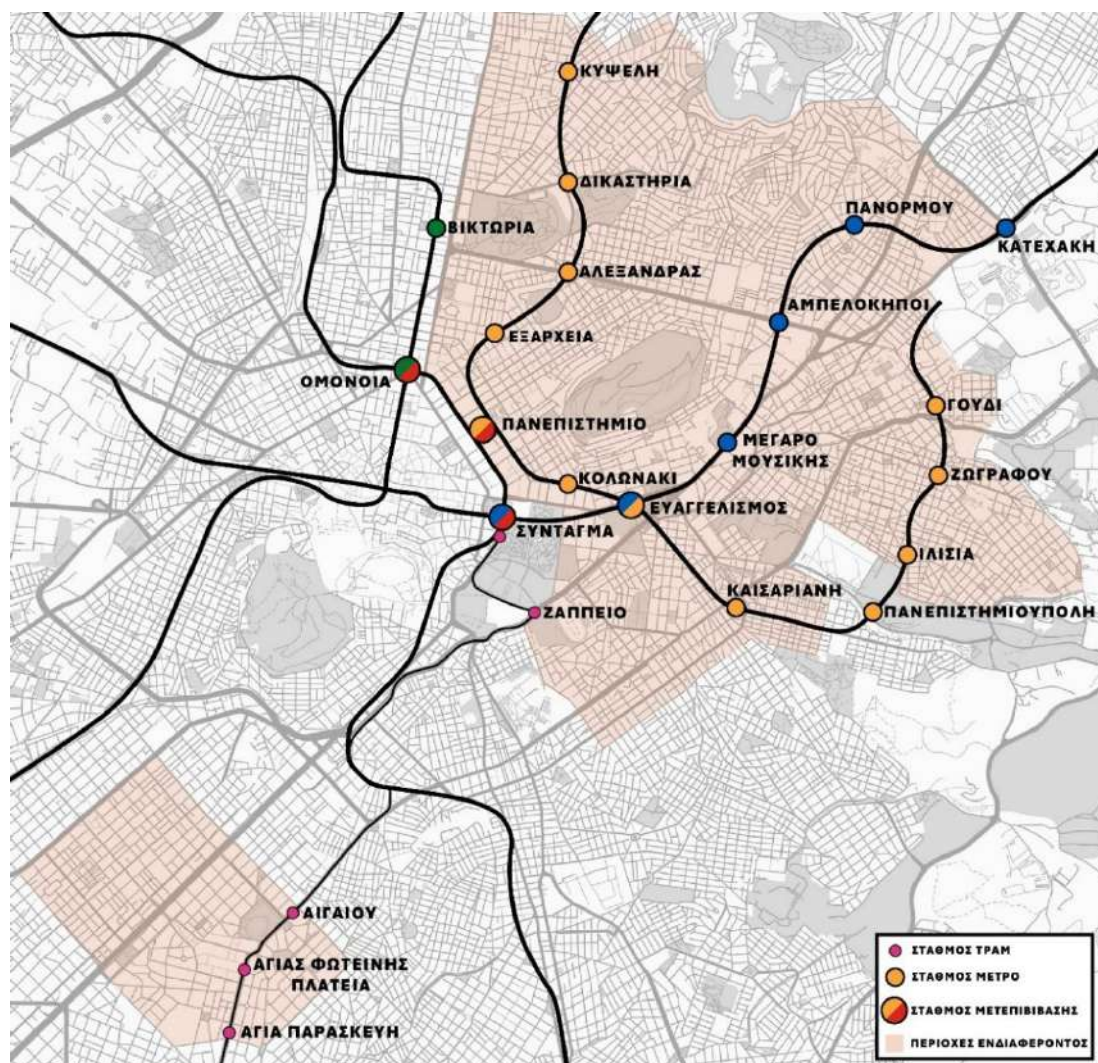


ΕΙΚΟΝΑ 1: ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ

Όταν η απόσταση θέσης και ο χρόνος αναζήτησης σε μία περιοχή είναι υψηλότεροι, τότε η προτίμηση του περιμετρικού σταθμού αυξάνεται, όπως προκύπτει από τα μοντέλα. Βάσει των αποτελεσμάτων του κεφαλαίου 4.3.7 Διάθεση Πληρωμής και Αξία Χρόνου και Απόστασης η αύξηση των δύο αυτών παραμέτρων οδηγεί και σε μεγαλύτερη διάθεση πληρωμής, το οποίο είναι πολύ σημαντικό. Εφαρμόζοντας την πολιτική σε περιοχές, όπου λόγω του κορεσμού οι κάτοικοι είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν μεγαλύτερο αντίτιμο, θα αποφέρει μεγαλύτερα έσοδα στον φορέα υλοποίησης του μέτρου και θα διασφαλίσει τη βιωσιμότητα της πολιτικής.

Σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα της πολιτικής παίζει και η εγγύτητα του περιμετρικού σταθμού σε Μ.Μ.Μ. Το στοιχείο αυτό προέκυψε ως εύρημα από την έρευνα ως η μόνη παράμετρος με στατιστική σημασία που αυξάνει την προτίμηση του περιμετρικού σταθμού. Άρα, η χωροθέτηση του περιμετρικού σταθμού κοντά σε Μ.Μ.Μ. θα αυξήσει περαιτέρω την αξία της πολιτικής και θα βοηθήσει στην ανάπτυξη συνδυασμένων μεταφορών. Με τις ήδη υπάρχουσες υποδομές και την ολοκλήρωση των έργων της Γραμμής 4 του Μετρό, οι σταθμοί Μετρό που θα εξυπηρετούν τις περιοχές που σημειώθηκαν ότι αντιμετωπίζουν σοβαρότερο πρόβλημα κορεσμού στάθμευσης είναι οι

Κατεχάκη, Πανόρμου, Αμπελόκηποι, Μέγαρο Μουσικής, Ευαγγελισμός, Σύνταγμα, Πανεπιστήμιο/ Ακαδημία, Ομόνοια, Βικτώρια, Ελικώνος, Κυψέλη, Δικαστήρια, Αλεξάνδρας, Εξάρχεια, Κολωνάκι, Καισαριανή, Πανεπιστήμιο, Ιλίσια, Ζωγράφου και Γουδί. Επίσης, την περιοχή της Νέας Σμύρνης εξυπηρετούν οι στάσεις του Τραμ Αιγαίου, Αγίας Φωτεινής και Αγία Παρασκευή. Η χωροθέτηση των περιμετρικών σταθμών κοντά στους συγκεκριμένους σταθμούς Μ.Μ.Μ. πρέπει να αποτελέσει προτεραιότητα, καθώς θα αυξήσει την αποτελεσματικότητα τους και θα βοηθήσει περαιτέρω στη βιωσιμότητα της πολιτικής.



ΕΙΚΟΝΑ 2: ΣΤΑΘΜΟΙ Μ.Μ.Μ. ΠΟΥ ΕΞΥΠΗΡΕΤΟΥΝ ΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ

Η ανάλυση, λοιπόν, επικεντρώνεται στις παραπάνω περιοχές, ώστε να προσδιοριστούν όσες συγκεντρώνουν ευνοϊκά κοινωνικά και χωρικά χαρακτηριστικά. Βάσει των συγκεντρωτικών χαρτών που παρουσιάζονται στην έρευνα “Ανισότητες και διαχωρισμοί στην Αθήνα” (2019), γίνεται δυνατή η δημογραφική ανάλυση των κατοίκων των συγκεκριμένων περιοχών της Αθήνας.

Υψηλή συγκέντρωση ηλικιών 15-34, οι οποίες είναι πιο ευνοϊκές προς το μέτρο, φαίνεται να υπάρχει στις περιοχές των Εξαρχείων, του Παγκρατίου, των Ιλισίων, της Καισαριανής, του Ζωγράφου, του Γουδί, των Αμπελοκήπων, του Γκύζη και της Καλλιθέας.

Στοιχεία εισοδήματος ανά περιοχή της Αθήνας δεν βρέθηκαν αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί το επίπεδο εκπαίδευσης, το οποίο στο δείγμα είχε μεγάλη συσχέτιση με το εισόδημα (Διάγραμμα 23), αλλά ήταν και από μόνο του ευνοϊκό για την προτίμηση των περιμετρικών σταθμών. Υψηλά ποσοστά κατόχων πτυχίων ανώτατης εκπαίδευσης ή μεταπτυχιακών και διδακτορικών τίτλων υπάρχουν στις περιοχές της Κυψέλης, του Ζωγράφου, των Εξαρχείων, του Κολωνακίου, του Παγκρατίου, των Ιλισίων και του Γουδι.

Κάτοχοι παραπάνω από ενός οχήματος, οι οποίοι είναι πιο δεκτικοί προς την πολιτική, φαίνεται να είναι οι κάτοικοι του Πολύγωνου, του Κολωνακίου, του Παγκρατίου, της Καισαριανής, του Ζωγράφου και της Νέας Σμύρνης. Μικρά νοικοκυριά συναντώνται κυρίως στα Εξάρχεια, στο Κολωνάκι, στο Παγκράτι, στα Ιλίσια, στο Γουδί, στους Αμπελόκηπους, στο Γκύζη και στην Κυψέλη.

Στοιχεία για απασχόληση, κίνηση με βιώσιμα μέσα, τύπο οχήματος, συχνότητα χρήσης οχήματος, μέση απόσταση μέσω ημερήσιο κόστος και μέσο χρόνο στάθμευσης δεν βρέθηκαν. Όλοι οι χάρτες της έρευνας “Ανισότητες και διαχωρισμοί στην Αθήνα” (2019) μπορούν να βρεθούν στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 25: ΕΥΝΟΪΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΕΤΡΟΥ ΑΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗ

Περιοχή	Ηλικία 15-34	Υψηλό Επίπεδο Εκπαίδευσης	>1 όχημα ανά νοικοκυριό	Μικρά νοικοκυριά
Δήμος Αθηναίων				
Κυψέλη		+		+
Πολύγωνο			+	
Γκύζη	+			+
Αμπελόκηποι	+	+		+
Εξάρχεια	+	+		+
Κολωνάκι		+	+	+
Παγκράτι	+	+	+	+
Ιλίσια	+	+		+
Γουδί	+	+		+
Εκτός Δήμου Αθηναίων				
Ζωγράφου	+	+	+	
Καισαριανή	+		+	
Νέα Σμύρνη			+	
Καλλιθέα	+			

Τα στοιχεία αυτά συνοψίζονται στον Πίνακα 25, όπου φαίνεται ότι η περιοχή που συγκεντρώνει τις περισσότερες ευνοϊκές παραμέτρους είναι το Παγκράτι, ενώ ακολουθούν τα Εξάρχεια, το Κολωνάκι, τα Ιλίσια, το Γουδί, οι Αμπελόκηποι και η Ζωγράφου.

5.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

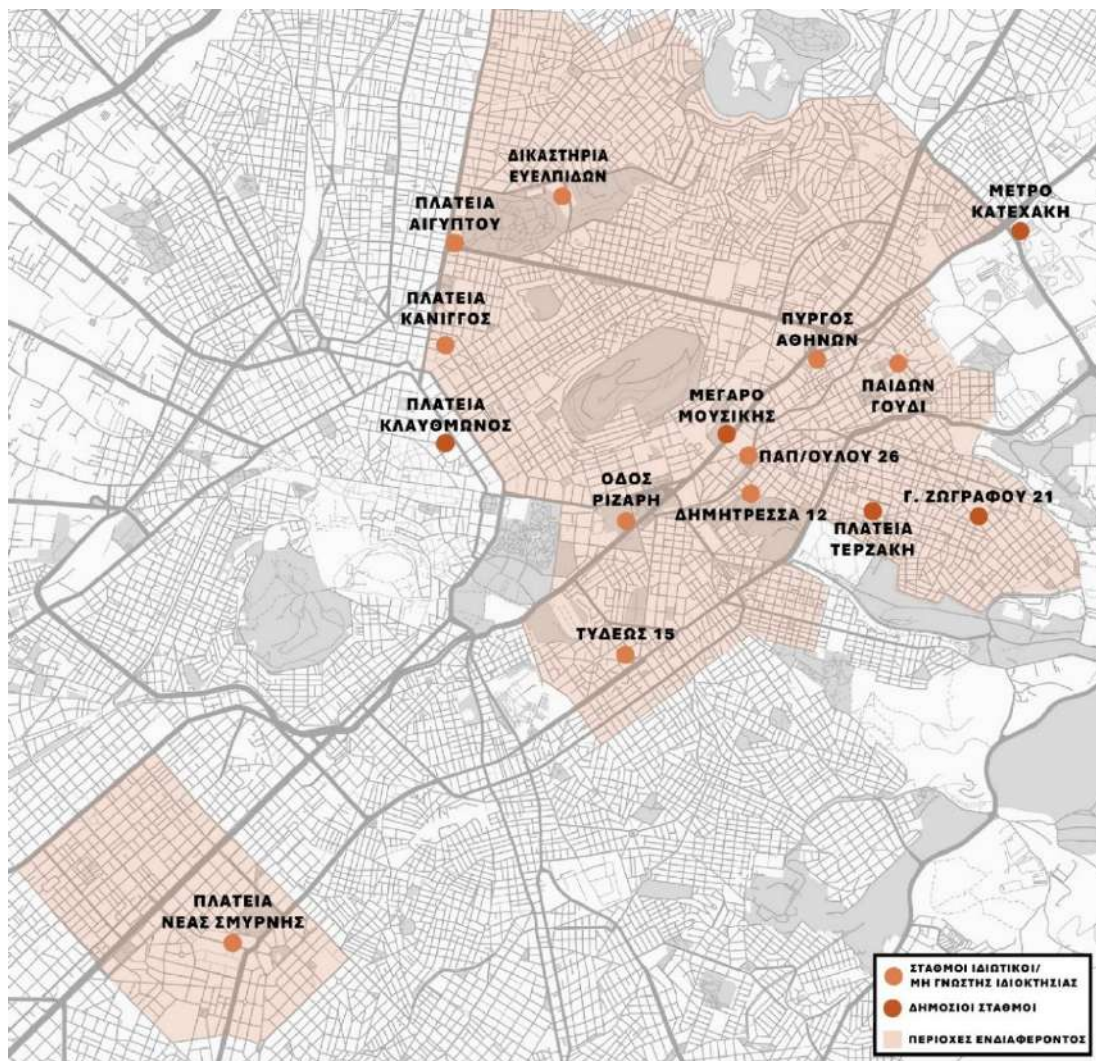
Δεδομένου ότι η κατασκευή νέων περιμετρικών σταθμών είναι δαπανηρή και η εύρεση χώρου κοστοβόρα και περίπλοκη με προβλήματα ιδιοκτησιακά, χωροθετικά και θέματα απαλλοτριώσεων, για να διασφαλισθεί η αποτελεσματικότητα της πολιτικής προτείνεται

να γίνει μία πιλοτική εφαρμογή της. Σε αυτό το πιλοτικό στάδιο μπορούν να αξιοποιηθούν δημόσιοι χώροι στάθμευσης , ώστε να περιοριστεί το αρχικό κόστος.

Τέτοιοι χώροι είναι το πάρκινγκ του μετρό Κατεχάκη, το δημοτικό πάρκινγκ στη Γεωργίου Ζωγράφου και το αντίστοιχο στην Πλατεία Τερζάκη, το δημοτικό πάρκινγκ της Πλατείας Κλαυθμώνος και ο σταθμός του Μεγάρου Μουσικής. Άλλοι μεγάλοι χώροι στάθμευσης που ήταν δύσκολο να βρεθεί το ιδιοκτησιακό τους καθεστώς ή είναι ιδιωτικοί είναι ο στεγασμένος χώρος επί της οδού Ριζάρη, ο σταθμός της Πλατείας Κάνιγγος, ο σταθμός της Πλατείας Αιγύπτου, ο χώρος έναντι του Παίδων στο Γουδί, ο χώρος στον Πύργο Αθηνών, ο χώρος κάτω από την Πλατεία Νέας Σμύρνης, ο πολυώροφος σταθμός στη διεύθυνση Παπαδιαμαντοπούλου 26, ο υπόγειος χώρος της Δημητρέςσα 12, ο σταθμός με διεύθυνση Τυδέως 15 στο Παγκράτι και ο υπόγειος χώρος στα δικαστήρια της Ευελπίδων (Πίνακας 26).

ΠΙΝΑΚΑΣ 26: ΜΕΓΑΛΟΙ ΧΩΡΟΙ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΠΛΗΣΙΟΝ ΚΟΡΕΣΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Χώρος	Θέσεις	Εξυπηρετούμενες περιοχές	Διαχείριση
Δημόσιο			
Μέγαρο Μουσικής	750	Κολωνάκι, Ιλίσια, Γουδί	Μέγαρο Μουσικής Αθηνών
Πλατεία Κλαυθμώνος	515	Εξάρχεια, Κολωνάκι	Δήμος Αθηναίων
Γ. Ζωγράφου 21	271	Ζωγράφου	Δήμος Ζωγράφου
Μετρό Κατεχάκη	240	Αμπελόκηποι	Ελληνικό Μετρό Α.Ε.
Πλατεία Τερζάκη	110	Ζωγράφου, Καισαριανή	Δήμος Ζωγράφου
Ιδιωτικοί/ Μη γνωστό ιδιοκτησιακό καθεστώς			
Πλατεία Νέας Σμύρνης	665	Νέα Σμύρνη, Καλλιθέα	
Οδός Ριζάρη	660	Κολωνάκι, Παγκράτι	
Παίδων Γουδί	651	Γουδί, Αμπελόκηποι, Ζωγράφου	
Δικαστήρια Ευελπίδων	626	Κυψέλη, Γκύζη	
Πλατεία Κάνιγγος	491	Εξάρχεια	
Παπαδιαμαντοπούλου 26	420	Ιλίσια, Γουδί, Κολωνάκι	
Πλατεία Αιγύπτου	361	Κυψέλη, Εξάρχεια	
Πύργος Αθηνών	340	Αμπελόκηποι, Γουδί	
Δημητρέςσα 12	173	Ιλίσια, Καισαριανή, Παγκράτι	
Τυδέως 15	165	Παγκράτι	

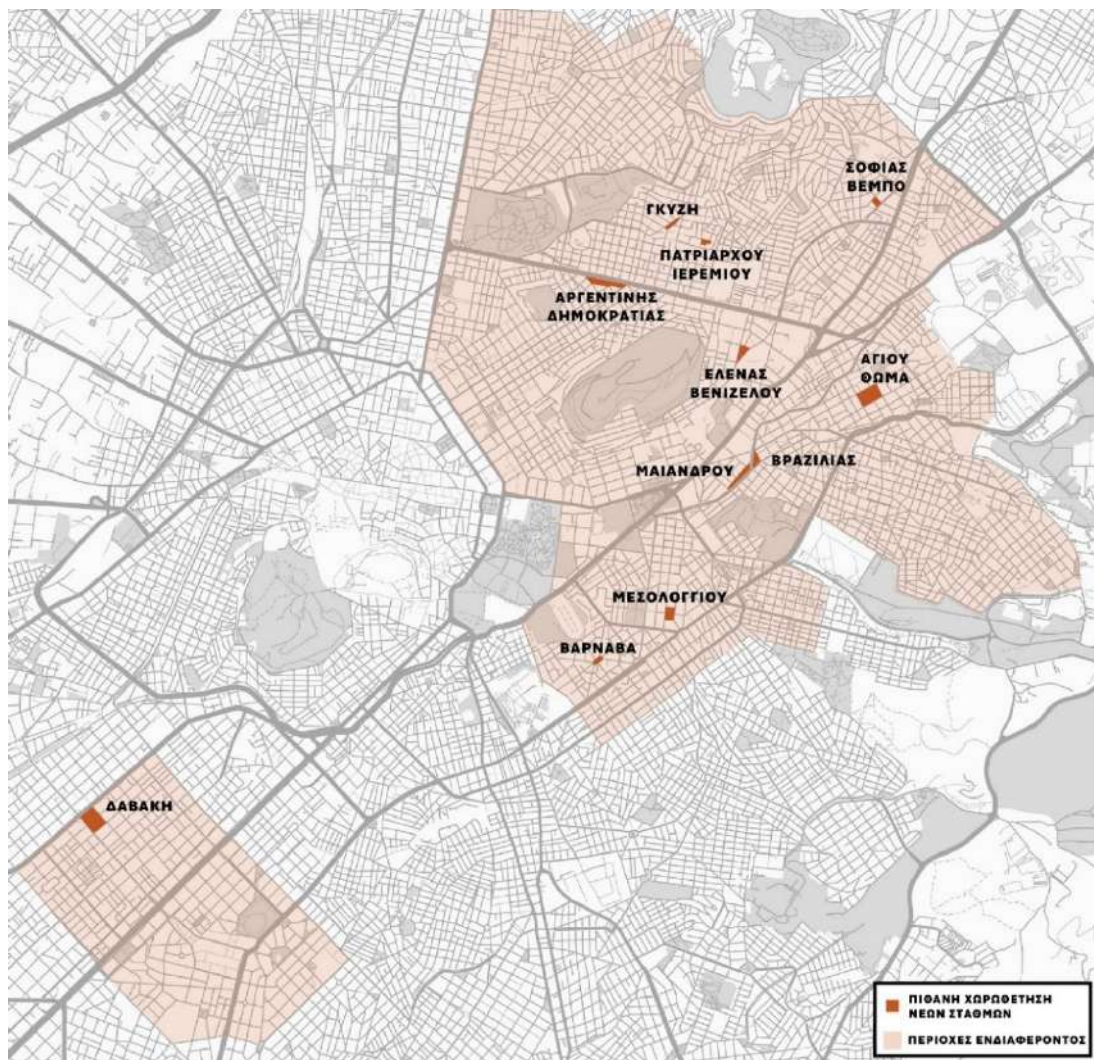


ΕΙΚΟΝΑ 3: ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΜΕΓΑΛΩΝ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΠΛΗΣΙΟΝ ΚΟΡΕΣΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Πιλοτικά, η εφαρμογή μπορεί να ξεκινήσει στον σταθμό του μετρό Κατεχάκη, ο οποίος είναι μικρός σε κλίμακα, δημόσιας ιδιοκτησίας και πλησίον περιοχής με έντονο πρόβλημα στάθμευσης. Με παραχώρηση των θέσεων έναντι αντιτίμου σε κατοίκους, θα μπορούσαν να εξυπηρετηθούν περίπου 240 οδηγοί. Αν θεωρηθεί ότι κάθε θέση καταλαμβάνει 5 μέτρα μήκος και 2.5 μέτρα μήκος, όλες οι θέσεις συγκεντρώνουν ένα συνολικό μήκος 1.2 χιλιόμετρα χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα γκαράζ και οι διασταυρώσεις που υπάρχουν σε κάθε δρόμο και μειώνουν ήδη τον χώρο παρόδιας στάθμευσης. Η απελευθέρωση 1.2 χιλιομέτρων παρόδιας στάθμευσης θα επέτρεπε τη μετατροπή του χώρου σε πεζοδρόμους, ή σε υποδομές μικροκινητικότητας.

Αν η εκτέλεση της πιλοτικής εφαρμογής είναι επιτυχής, το μέτρο θα μπορούσε σε δεύτερο στάδιο να επεκταθεί και στους υπόλοιπους σταθμούς που προαναφέρθηκαν. Συνολικά θα μπορούσαν να αποδοθούν σε κατοίκους 6,438 θέσεις, οι οποίες αντιστοιχούν σε 32.19 χιλιόμετρα. θέσεων σε πυκνοκατοικημένες περιοχές της Αθήνας. Σε τρίτο στάδιο, θα μπορούσε να σχεδιασθεί και η κατασκευή νέων χώρων κάτω από πλατείες, ώστε να αυξηθεί παραπάνω ο αποδιδόμενος δημόσιος χώρος. Πιθανές χωροθετήσεις είναι η Πλατεία Βαρνάβα και η Πλατεία Μεσολογγίου στο Παγκράτι, η Πλατεία Βραζιλίας και ο

χώρος ανάμεσα στις οδούς Μιχαλακοπούλου και Μαιάνδρου στα Ιλίσια, η Πλατεία Αγίου Θωμά στο Γουδί, οι Πλατείες Έλενας Βενιζέλου και Σοφίας Βέμπο στους Αμπελόκηπους, η Πλατεία Γκύζη και ο κενός χώρος στη διασταύρωση Πατριάρχου Ιερεμίου και Βεργοβίτσης στο Γκύζη, η Πλατεία Αργεντινής Δημοκρατίας κοντά στις περιοχές του Γκύζη και των Εξαρχείων και η Πλατεία Δαβάκη στην Καλλιθέα.



ΕΙΚΟΝΑ 4: ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΙΘΑΝΩΝ ΝΕΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΤΑΘΜΩΝ

Όλες οι παραπάνω προτάσεις είναι σχηματικές και αποσκοπούν στην ανάδειξη των βασικών κατευθύνσεων σχεδιασμού. Η αφαίρεση τόσων θέσεων στάθμευσης από τις γειτονιές της πόλης και η απόδοση του χώρου στους πεζούς και τους κινούμενους με βιώσιμα μέσα θα άλλαζε το αστικό τοπίο. Θα δημιουργούσε μία πόλη πολύ πιο προσβάσιμη και φιλική στους κατοίκους της.

5.2.1 ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΑ ΟΦΕΛΗ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

Για να γίνουν τα αναμενόμενα οφέλη της πολιτικής πιο ξεκάθαρα, θα θεωρηθεί πάλι η περίπτωση του μετρό της Κατεχάκη, το οποίο δυνητικά θα μπορούσε να εξυπηρετεί τους Αμπελόκηπους. Η συγκεκριμένη περιοχή της Αθήνας λόγω των πολλών γραφείων επί των Λεωφόρων Μεσογείων και Κηφισίας αντιμετωπίζει μεγάλο πρόβλημα συμφόρησης τις ώρες αιχμής. Η απόδοση του παρόδιου χώρου στάθμευσης 240 οχημάτων ισοδυναμεί με

περίπου 1.2 χιλιόμετρα ή λίγο λιγότερο από το συνολικό μήκος της οδού Σεβαστουπόλεως.



ΕΙΚΟΝΑ 5: ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΩΝ

Αποδίδοντας τον παρόδιο χώρο στάθμευσης ενός δρόμου, όπως η Σεβαστουπόλεως για διεύρυνση πεζοδρομίων και σε μέσα μικροκινητικότητας θα προέκυπταν πολλαπλά οφέλη. Αρχικά, λόγω της καλής συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης της περιοχής, οι εργαζόμενοι που καταλαμβάνουν τις θέσεις τις ώρες εργασίας θα ωθούνταν στη χρήση των μέσων μαζικής μετακίνησης (Feeney, 1989). Έτσι, θα μειωνόταν και η ηχορύπανση στην περιοχή και η κυκλοφοριακή συμφόρηση που αυξάνει τα επίπεδα αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και επιδεινώνει την υγεία των κατοίκων (Levy et al., 2010). Η απομάκρυνση 240 θέσεων στάθμευσης από την περιοχή θα μείωνε το πλήθος των οδηγών που αναζητούν στάθμευση ρυπαίνοντας περαιτέρω την ατμόσφαιρα. Με τη διεύρυνση των πεζοδρομίων θα βελτιωνόταν η προσβασιμότητα της περιοχής, επιτρέποντας σε χρήστες με κινητικές δυσκολίες να κινηθούν άνετα. Άλλωστε, βάσει της μελέτης ανάπτυξης του Μετρό της Αθήνας τις ώρες αιχμής το 45% των παρόδιων θέσεων στάθμευσης εντός δακτυλίου είναι παράνομες το οποίο δυσχεραίνει ακόμα παραπάνω τη προσβασιμότητα (Νάθενας et al., 2007). Σε συνδυασμό με τη βελτίωση της προσβασιμότητας, η κατασκευή υποδομών μικροκινητικότητας θα ενθάρρυνε τους κατοίκους να κινηθούν με πιο βιώσιμα μέσα και έτσι θα μειωνόταν περαιτέρω η χρήση του Ι.Χ. Εάν μάλιστα η απόσταση του περιμετρικού σταθμού είναι μεγαλύτερη από αυτή της παρόδιας θέσης – το οποίο είναι και πιθανό – οι οδηγοί θα χρησιμοποιούσαν το Ι.Χ. λιγότερο, στρεφόμενοι προς πιο βιώσιμους τρόπους μετακίνησης (Christiansen, Fearnley, et al., 2017). Επίσης, δημιουργώντας έναν άξονα πιο φιλικό προς τον πεζό, θα αυξανόταν η εμπορική αξία του δρόμου, ενισχύοντας την τοπική οικονομία.

Σοβαρές προκλήσεις για την υλοποίηση της πολιτικής, βάσει των αποτελεσμάτων της έρευνας θα είναι οι εργαζόμενοι της περιοχής και ορισμένοι κάτοικοι, οι οποίοι θα νιώσουν ζημιωμένοι από τη μείωση των παρόδων θέσεων. Η διοργάνωση ανοιχτού διαλόγου και διαβούλευσης με τους κατοίκους της περιοχής θα πρέπει να θεωρείται δεδομένο για μία πολιτική που αλλάζει τη μορφή της πόλης. Μέσα από τον διάλογο μπορούν να δημιουργηθούν νέες προτάσεις και τροποποιήσεις στην πολιτική που θα απαντούν στις ειδικές ανάγκες και τα αιτήματα των πολιτών, τα οποία δεν κατάφερε ίσως η συγκεκριμένη έρευνα να εντοπίσει. Η διαβούλευση πρέπει να γίνει με όρους ισότιμες και να περιλαμβάνει όλες τις ομάδες των κατοίκων, είτε βλέπουν την πολιτική ως ευκαιρία είτε ως ζημία, χωρίς να παρεκκλίνει βέβαια από τον στόχο της δημιουργίας ενός νέου αστικού περιβάλλοντος στο οποίο θα έχουν πρόσβαση όλοι οι πολίτες ανεξάρτητα από το μέσο μεταφοράς τους.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η στάθμευση αποτελεί έναν από τους πλέον καθοριστικούς παράγοντες της αστικής κινητικότητας και της ποιότητας ζωής σε πυκνοκατοικημένες πόλεις, όπως η Αθήνα. Η αναζήτηση ελεύθερης στάθμευσης αποτελεί σημαντικό ποσοστό της κυκλοφορίας στους δρόμους της πόλης, συμβάλλοντας στη συμφόρηση και στην επιδείνωση του περιβάλλοντος. Ο μεγάλος χώρος που αποδίδεται σε παρόδια στάθμευση διευκολύνει τη χρήση Ι.Χ., υποβαθμίζει το αστικό τοπίο, μειώνει τη προσβασιμότητα και δυσκολεύει τη ζωή πολλών συμπολιτών που έχουν κινητικά προβλήματα. Η αποσυμφόρηση, συνεπώς, των αστικών γειτονιών δεν μπορεί να γίνει χωρίς μια ενιαία και ολοκληρωμένη πολιτική που θα εξισορροπεί το δικαίωμα του κατοίκου σε στάθμευση και το δικαίωμα του πολίτη σε δημόσιο χώρο. Η πολιτική που ερευνήθηκε είναι η δημιουργία σταθμών στάθμευσης περιμετρικά των αστικών περιοχών της πόλης και η απόδοση μέρος του χώρου της παρόδιας στάθμευσης σε δημόσια χρήση.

Συγκεκριμένα, διερευνήθηκε η προθυμία των οδηγών να συμμετέχουν στο εν λόγω σχήμα και υπό ποιες προϋποθέσεις και οι τρόποι αξιοποίησης του απελευθερωμένου χώρου. Δημιουργήθηκαν ερωτηματολόγια με δημογραφικές ερωτήσεις, ερωτήσεις σχετικά με το προφίλ κινητικότητα και σενάρια δηλωμένης προτίμησης και συλλέχθηκαν δεδομένα. Τα σενάρια παρουσίαζαν δύο εναλλακτικές – δωρεάν στάθμευση επί της οδού ή επί πληρωμή σε περιμετρικό σταθμό – με τους αναμενόμενους χρόνους αναζήτησης και την απόσταση από τη θέση στάθμευσης. Τα δεδομένα εισήχθησαν σε μοντέλα κατηγοριοποίησης ώστε να βρεθούν οι μεταβλητές που αυξάνουν ή μειώνουν την προτίμηση του περιμετρικού σταθμού. Συγκεκριμένα, αναπτύχθηκαν ένα Δυναμικό Λογιστικό Μοντέλο και τρία Μοντέλα Μηχανικής Μάθησης - Decision Tree, Random Forest και XGBoost.

Μέσω της ανάπτυξης του Δυναμικού Λογιστικού Μοντέλου και των Μοντέλων Μηχανικής Μάθησης, προέκυψε ότι σημαντικότερες παράμετροι για την επιλογή θέσης στάθμευσης είναι ο χρόνος, το κόστος και δευτερευόντως η απόσταση της θέσης από την κατοικία. Συνεπώς, έγινε αντιληπτό ότι το μέτρο μπορεί να είναι αποτελεσματικό και αποδεκτό αν απαντάει στις ανάγκες των πολιτών, παρέχοντας εξασφαλισμένη στάθμευση (μειώνοντας τον χρόνο αναζήτησης), ορίζοντας λελογισμένο κόστος και διατηρώντας την εγγύτητα με την κατοικία του οδηγού.

Η σύγκριση των μοντέλων έδειξε ότι η αποδοχή δεν είναι τυχαία, αλλά εξαρτάται από συγκεκριμένες κοινωνικοοικονομικές και χωρικές παραμέτρους. Η επιλογή τύπου στάθμευσης φάνηκε ότι έχει να κάνει και με χαρακτηριστικά που αφορούν τον οδηγό, όπως το προφίλ κινητικότητα και στάθμευσης (συχνότητα χρήσης, μέση απόσταση, μέσος χρόνος και μέσο ημερήσιο κόστος στάθμευσης κ.α.), το εισόδημα, η ηλικία, ο τύπος οχήματός κ.α. Άρα, η εύρεση των περιοχών όπου οι οδηγοί είναι πιο δεκτικοί είναι ύψιστης σημασίας.

Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας, η επιτυχής εφαρμογή της πολιτικής των περιμετρικών σταθμών προϋποθέτει έναν συνδυασμό χωρικού σχεδιασμού, κοινωνικής

αποδοχής και σταδιακής υλοποίησης. Συνεπώς, έπρεπε να βρεθούν οι περιοχές που συγκεντρώνουν τις μεγαλύτερες τιμές κορεσμού στάθμευσης και τους πιο δεκτικούς προς το μέτρο κατοίκους. Με τη μείωση των θέσεων στάθμευσης σε αστικές οδούς, ο πολύτιμος δημόσιος χώρος θα μπορέσει να αποδοθεί στους κατοίκους της πόλης και να δημιουργήσει συνθήκες για μία πιο βιώσιμη καθημερινότητα χιλιάδων πολιτών.

Η διερεύνηση κατέδειξε ότι οι περιμετρικοί σταθμοί στάθμευσης αποτελούν μία ρεαλιστική και κοινωνικά δίκαιη λύση. Η συγκεκριμένη έρευνα έδειξε ότι οι πολίτες μπορούν να αντιληφθούν τα οφέλη ενός τέτοιου μέτρου, ειδικά όταν εξυπηρετούνται οι απαιτήσεις των οδηγών και τα οφέλη του μέτρου γίνονται ορατά σε όλους τους πολίτες. Η πολιτική των περιμετρικών σταθμών δεν είναι απλά μία τεχνική παρέμβαση στη διαχείριση της στάθμευσης, αλλά ένα δυναμικό εργαλείο αναδιαμόρφωσης της πόλης προς ένα πιο βιώσιμο και ισότιμο αστικό περιβάλλον. Αρκεί να σκεφτεί κανείς πως θα ήταν η πόλη αν μειωνόντουσαν τα παρκαρισμένα οχήματα στο μισό.

6.2 ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΈΡΕΥΝΑ

Στην παρούσα έρευνα έγινε μία προσπάθεια κατανόησης της αποδοχής των περιμετρικών σταθμών στάθμευσης στην Αθήνα. Παρά τα χρήσιμα συμπεράσματα που προέκυψαν, η εργασία παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς που θα μπορούσαν να αποτελέσουν την αρχή για μελλοντική έρευνα.

Παρόλο που βρέθηκε η αξία του χρόνου και της απόστασης, ήταν αδύνατο να δοθεί μία προτεινόμενη μηναία τιμή για θέση σε περιμετρικό σταθμό, καθώς δεν ενσωματώθηκε ετερογένεια των χρηστών. Μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να εξετάσει την ετερογένεια των προτιμήσεων μέσω κατανομών παραμέτρων και μικτών λογιστικών μοντέλων (mixed logit models) ή λανθανουσών κλάσεων (latent class), ώστε να αναδειχθούν διακριτές ομάδες οδηγών (π.χ. «οικονομικά ευαίσθητοι», «χρονικά ευαίσθητοι» κ.λπ.).

Επίσης, ήταν αδύνατο να γίνει οικονομική ανάλυση και μελέτη εφαρμογής σε μία τόσο μεγάλη περιοχή, όπως το κέντρο της Αθήνας. Μία μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να εξειδικεύσει το μέτρο και να παρατηρήσει τη διάθεση των πολιτών σε σχέση με ένα συγκεκριμένο σχήμα, με συγκεκριμένες τιμές, συγκεκριμένο σταθμό και δεδομένο ανταποδοτικό όφελος τους κατοίκους.

Επιπλέον, θα μπορούσε να υπολογιστεί και η πιθανή επιβάρυνση ή μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης από τη μετακίνηση θέσεων στάθμευσης εκτός οδού και η μετατροπή του χώρου που καταλαμβάνουν σε χρήσεις με εντονότερο δημόσιο χαρακτήρα, όπως διεύρυνση πεζοδρομίων, χώρους πρασίνου και υποδομές μικροκινητικότητας.

Τέλος, θα μπορούσε να γίνει επέκταση της μεθοδολογίας και σε μικτά σενάρια πολιτικής που συνδυάζουν περιμετρικούς σταθμούς με παρόδιες θέσεις κατοίκων. Επίσης, η μεθοδολογία μπορεί να επεκταθεί και στο πεδίο της στάθμευσης των επισκεπτών εξετάζοντας πολιτικές όπως η δυναμική ή η προοδευτική τιμολόγηση για στάθμευση επισκεπτών ή ακόμα και πολιτικές που συνδυάζουν τη στάθμευση των επισκεπτών και των κατοίκων. Επιπλέον, η προτεινόμενη πολιτική ή παρόμοιες με αυτή μπορούν να διερευνηθούν και σε άλλες πόλεις της Ελλάδας ή της Ευρώπης, ώστε να δημιουργηθεί

πεδίο σύγκρισης των αποτελεσμάτων και να εξεταστεί η πιθανή χωρική ή κοινωνική διαφοροποίηση της συμπεριφοράς στάθμευσης.

Όλα τα παραπάνω θέματα αποτελούν ενδιαφέροντα πεδία για περαιτέρω διερεύνηση του μηχανισμού της στάθμευσης και των επιπτώσεων που έχει στο αστικό τοπίο και τη ζωή των κατοίκων μίας πόλης.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Aho, K., Derryberry, D., & Peterson, T. (2014). Model selection for ecologists: The worldviews of AIC and BIC. *Ecology*, 95(3), 631–636. JSTOR.

Antonson, H., Hrelja, R., & Henriksson, P. (2017). People and parking requirements: Residential attitudes and day-to-day consequences of a land use policy shift towards sustainable mobility. *Land Use Policy*, 62, 213–222. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.12.022>

Bardenet, R., Brendel, M., Kégl, B., & Sebag, M. (2013). Collaborative hyperparameter tuning. *Proceedings of the 30th International Conference on Machine Learning*, 199–207. <https://proceedings.mlr.press/v28/bardenet13.html>

Baumgartner, A., & Lanzendorf, M. (2025). Where are parking policies most popular? Empirical findings about the influence of the residential neighbourhood and car parking characteristics on public acceptability. *Transport Policy*, 168, 263–278. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2025.04.006>

Berrar, D. (2019). *Cross-validation*.

Breaux, H. J. (1967). *ON STEPWISE MULTIPLE LINEAR REGRESSION* (No. BRL1369). Article BRL1369. <https://apps.dtic.mil/sti/html/tr/AD0658674/>

Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>

Breiman, L., Friedman, J., Olshen, R. A., & Stone, C. J. (1984). *Classification and Regression Trees*. Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9781315139470>

Brown, G., & Glanz, H. (2018). Identifying potential NIMBY and YIMBY effects in general land use planning and zoning. *Applied Geography*, 99, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.07.026>

Brudner, A. (2023). On the management of residential on-street parking: Policies and repercussions. *Transport Policy*, 138, 94–107. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.05.002>

Carte. (n.d.). Retrieved June 24, 2025, from https://www.saemes.fr/en/carte-de-nos-parkings?title=&field_type_de_vehicule_value=All&field_stationnement_courte_duree_value=All&field_abonnement_value=1

Chaniotakis, E., & Pel, A. J. (2015). Drivers' parking location choice under uncertain parking availability and search times: A stated preference experiment. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 82, 228–239. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.10.004>

Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 785–794. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>

Chicco, D., Warrens, M. J., & Jurman, G. (2021). The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. *PeerJ Computer Science*, 7, e623. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.623>

Christiansen, P. (2014). A case study of parking charges at work places – effects on travel behaviour and acceptance. *Selected Proceedings from the Annual Transport Conference at Aalborg University*, 9(1). <https://doi.org/10.5278/utd.v9i1.3812>

Christiansen, P., Engebretsen, Ø., Fearnley, N., & Usterud Hanssen, J. (2017). Parking facilities and the built environment: Impacts on travel behaviour. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 95, 198–206. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.10.025>

Christiansen, P., Fearnley, N., Hanssen, J. U., & Skollerud, K. (2017). Household parking facilities: Relationship to travel behaviour and car ownership. *Transportation Research Procedia*, 25, 4185–4195. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.366>

Duvanova, I., Simankina, T., Shevchenko, A., Musorina, T., & Yufereva, A. (2016). Optimize the Use of a Parking Space in a Residential Area. *Procedia Engineering*, 165, 1784–1793. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.923>

Feeney, B. P. (1989). A review of the impact of parking policy measures on travel demand. *Transportation Planning and Technology*, 13(4), 229–244. <https://doi.org/10.1080/03081068908717403>

Ferguson, E. (2004). Zoning for Parking as Policy Process: A Historical Review. *Transport Reviews*, 24(2), 177–194. <https://doi.org/10.1080/0144164032000080485>

Gonzalez, J. N., Gomez, J., & Vassallo, J. M. (2022). Do urban parking restrictions and Low Emission Zones encourage a greener mobility? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 107, 103319. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103319>

Greene, W. H., & Hensher, D. A. (2010). *Modeling ordered choices: A primer*. Cambridge University Press.

Guo, Z., & McDonnell, S. (2013). Curb parking pricing for local residents: An exploration in New York City based on willingness to pay. *Transport Policy*, 30, 186–198. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.09.006>

Hampshire, R. C., & Shoup, D. (2018). What Share of Traffic is Cruising for Parking? *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*, 52(3), 184–201.

Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons*. In *Classic Papers in Natural Resource Economics Revisited*. Routledge.

- Hardy, M. A. (1993). *Regression with dummy variables* (Issue 93). Sage.
- Hassan, M. H. (2023, November 25). Using Grid Search For Hyper-Parameter Tuning. *Medium*. <https://medium.com/@hammad.ai/using-grid-search-for-hyper-parameter-tuning-bad6756324cc>
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). Random Forests. In T. Hastie, R. Tibshirani, & J. Friedman (Eds.), *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction* (pp. 587–604). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-84858-7_15
- Heiss, F. (2002). Structural choice analysis with nested logit models. *The Stata Journal*, 2(3), 227–252.
- Hensher, D. A., & Greene, W. H. (2003). The Mixed Logit model: The state of practice. *Transportation*, 30(2), 133–176. <https://doi.org/10.1023/A:1022558715350>
- Ibeas, A., dell'Olio, L., Bordagaray, M., & Ortúzar, J. de D. (2014). Modelling parking choices considering user heterogeneity. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 70, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.10.001>
- Ibrahim, M. (2022). Evolution of Random Forest from Decision Tree and Bagging: A Bias-Variance Perspective. *Dhaka University Journal of Applied Science and Engineering*, 7(1), 66–71. <https://doi.org/10.3329/dujase.v7i1.62888>
- Imam, R. (2014). Measuring public transport satisfaction from user surveys. *International Journal of Business and Management*, 9(6), 106–114.
- Inci, E. (2015). A review of the economics of parking. *Economics of Transportation*, 4(1–2), 50–63. <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2014.11.001>
- James, R. N., Carswell, A. T., & Sweaney, A. L. (2009). Sources of Discontent: Residential Satisfaction of Tenants From an Internet Ratings Site. *Environment and Behavior*, 41(1), 43–59. <https://doi.org/10.1177/0013916507310031>
- Johansson, F., Henriksson, G., & Åkerman, J. (2017). Parking Benefit Districts – The transferability of a measure to reduce car dependency to a European context. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 56, 129–140. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.08.004>
- Kavzoglu, T., & Teke, A. (2022). Advanced hyperparameter optimization for improved spatial prediction of shallow landslides using extreme gradient boosting (XGBoost). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 81(5), 201. <https://doi.org/10.1007/s10064-022-02708-w>
- Kirschner, F., & Lanzendorf, M. (2020). Support for innovative on-street parking policies: Empirical evidence from an urban neighborhood. *Journal of Transport Geography*, 85, 102726. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102726>

- Levy, J. I., Buonocore, J. J., & von Stackelberg, K. (2010). Evaluation of the public health impacts of traffic congestion: A health risk assessment. *Environmental Health*, 9(1), 65. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-9-65>
- Lundberg, S. M., & Lee, S.-I. (2017). A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30. https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2017/hash/8a20a8621978632d76c43dfd28b67767-Abstract.html
- Mantouka, E. G., Fafoutellis, P., & Vlahogianni, E. I. (2021). Deep survival analysis of searching for on-street parking in urban areas. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 128, 103173. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103173>
- Mantovani, R. G., Horváth, T., Cerri, R., Junior, S. B., Vanschoren, J., & de Carvalho, A. de L. (2018). An empirical study on hyperparameter tuning of decision trees. *arXiv Preprint arXiv:1812.02207*.
- Mayowa, E. (2025, March 10). *Advanced XGBoost Techniques: Regularization and Early Stopping*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/390141447_Advanced_XGBoost_Techniques_Regularization_and_Early_Stopping
- McCahill, C. T., Garrick, N., Atkinson-Palombo, C., & Polinski, A. (2016). Effects of Parking Provision on Automobile Use in Cities: Inferring Causality. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2543(1), 159–165. <https://doi.org/10.3141/2543-19>
- McFadden, D. (1972). *Conditional logit analysis of qualitative choice behavior*.
- McFadden, D. (1977). Quantitative Methods for Analyzing Travel Behaviour of Individuals: Some Recent Developments. *Cowles Foundation Discussion Papers*. <https://elischolar.library.yale.edu/cowles-discussion-paper-series/707>
- Melia, S., & Clark, B. (2018). What happens to travel behaviour when the right to park is removed? *Transport Policy*, 72, 242–247. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.07.002>
- Messalas, A., Kanellopoulos, Y., & Makris, C. (2019). Model-Agnostic Interpretability with Shapley Values. *2019 10th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/IISA.2019.8900669>
- Millard-Ball, A. (2002). *Putting on Their Parking Caps*.
- Mingardo, G., van Wee, B., & Rye, T. (2015). Urban parking policy in Europe: A conceptualization of past and possible future trends. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 74, 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.02.005>
- Okashita, A., & Willson, R. (2019). Impact of Market-Rate Residential Parking Permit Fees on Low-Income Households. *Transportation Research Record: Journal of the*

Transportation Research Board, 2673(12), 644–654.
<https://doi.org/10.1177/0361198119878381>

Ostermeijer, F., Koster, H., Nunes, L., & van Ommeren, J. (2022). Citywide parking policy and traffic: Evidence from Amsterdam. *Journal of Urban Economics*, 128, 103418.
<https://doi.org/10.1016/j.jue.2021.103418>

Parking controls evidence on performance. (2001).
https://www.its.leeds.ac.uk/projects/konsult/private/level2/instruments/instrument015/l2_015c.htm?utm_source=chatgpt.com

Riswanto, U. (2025, January 21). Understanding Binary Logistic Regression in Simple Terms. *Medium*. <https://ujangriswanto08.medium.com/understanding-binary-logistic-regression-in-simple-terms-73385de61d86>

Ruder, S. (2017). *An overview of gradient descent optimization algorithms* (No. arXiv:1609.04747). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1609.04747>

Sah, S. (2020). *Machine Learning: A Review of Learning Types*. MATHEMATICS & COMPUTER SCIENCE. <https://doi.org/10.20944/preprints202007.0230.v1>

Sanko, N. (2001). *Guidelines for stated preference experiment design*.

Scheiner, J., Faust, N., Helmer, J., Straub, M., & Holz-Rau, C. (2020). What's that garage for? Private parking and on-street parking in a high-density urban residential neighbourhood. *Journal of Transport Geography*, 85, 102714.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102714>

Shoup, D. (1995). An Opportunity to Reduce Minimum Parking Requirements. *Journal of the American Planning Association*, 61(1), 14–28.
<https://doi.org/10.1080/01944369508975616>

Shoup, D. (2005). *High Cost of Free Parking*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781351179539>

Shoup, D. (2006). Cruising for parking. *Transport Policy*, 13(6), 479–486.
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2006.05.005>

Shoup, D. (2022). Parking Benefit Districts. *Journal of Planning Education and Research*, 44(4), 2154–2166. <https://doi.org/10.1177/0739456X221141317>

So, Y., & Kuhfeld, W. F. (1995). *Multinomial logit models*. 1995, 1227–1234.

Stevens, S. S. (1946). On the theory of scales of measurement. *Science*, 103(2684), 677–680.

Sutter, J. M., & Kalivas, J. H. (1993). Comparison of Forward Selection, Backward Elimination, and Generalized Simulated Annealing for Variable Selection. *Microchemical Journal*, 47(1), 60–66. <https://doi.org/10.1006/mchj.1993.1012>

- Terven, J., Cordova-Esparza, D. M., Ramirez-Pedraza, A., Chavez-Urbiola, E. A., & Romero-Gonzalez, J. A. (2025). Loss Functions and Metrics in Deep Learning. *Artificial Intelligence Review*, 58(7), 195. <https://doi.org/10.1007/s10462-025-11198-7>
- Togatoropa, P. R., Sianturia, M., Simamora, D., & Silaena, D. (2022). Optimizing random forest using genetic algorithm for heart disease classification. *Machine Learning*, 2(3), 4.
- Train, K. E. (2009). *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge university press.
- Tranmer, M., Vanchugova, D., & Elliot, M. (2023). *Binary Logistic Regression (2nd edition)*.
- van Ommeren, J., de Groote, J., & Mingardo, G. (2014). Residential parking permits and parking supply. *Regional Science and Urban Economics*, 45, 33–44. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2013.11.003>
- Van Ommeren, J. N., Wentink, D., & Rietveld, P. (2012). Empirical evidence on cruising for parking. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(1), 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.09.011>
- Veall, M. R., & Zimmermann, K. F. (1996). PSEUDO-R² MEASURES FOR SOME COMMON LIMITED DEPENDENT VARIABLE MODELS. *Journal of Economic Surveys*, 10(3), 241–259. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6419.1996.tb00013.x>
- Verma, V. (2024). Exploring Key XGBoost Hyperparameters: A Study on Optimal Search Spaces and Practical Recommendations for Regression and Classification. *International Journal of All Research Education and Scientific Methods (IJARESM)*, ISSN, 2455–6211.
- Wen, C.-H., & Koppelman, F. S. (2001). The generalized nested logit model. *Transportation Research Part B: Methodological*, 35(7), 627–641. [https://doi.org/10.1016/S0191-2615\(00\)00045-X](https://doi.org/10.1016/S0191-2615(00)00045-X)
- Wohlwend, B. (2023, July 23). *Decision Tree, Random Forest, and XGBoost: An Exploration into the Heart of Machine Learning*. Medium. <https://medium.com/@brandon93.w/decision-tree-random-forest-and-xgboost-an-exploration-into-the-heart-of-machine-learning-90dc212f4948>
- Yan, X., Levine, J., & Marans, R. (2019). The effectiveness of parking policies to reduce parking demand pressure and car use. *Transport Policy*, 73, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.10.009>
- Yousif, S., & Purnawan. (1999). A study into on-street parking: Effects on traffic congestion. *Traffic Engineering and Control*, 40(9). <https://salford-repository.worktribe.com/output/1461371/a-study-into-on-street-parking-effects-on-traffic-congestion>
- Ανισότητες και διαχωρισμοί στην Αθήνα. (2019, November). *Athens Social Atlas*. <https://www.athenssocialatlas.gr/άρθρο/ανισότητες-και-διαχωρισμοί-στην-αθήνα/>

Βλαχογιάννη, Ε., Vlahogianni, Ε., Κεπαπτσόγλου, Κ., & Κεραπτσόγλου, Κ. (2024). *Ποσοτικές Μέθοδοι στις Μεταφορές και στην Κυκλοφοριακή Τεχνική*. <https://doi.org/10.57713/kallipos-967>

Μόνιμος Πληθυσμός—ELSTAT. (2021). <https://www.statistics.gr/2021-census-res-pop-results>

Νάθενας, Γ., Κουρμπέλης, Α., Βλαστός, Θ., Κουρουζίδης, Σ., Κατσαρέας, Β., Καραμάνης, Π., Κλώνος, Α., & Κόκκινος, Ν. (2007). *Από τα Παμφορεία στο Μετρό*. ΤΡΟΙΑ.

Νόμος 960/1979—ΦΕΚ Α 194/25.08.1979. (1979). <https://www.kodiko.gr/nomothesia/document/305692/nomos-960-1979>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Το ερωτηματολόγιο που έχετε στα χέρια σας έχει συνταχθεί για τις ανάγκες διπλωματικής εργασίας που εκπονείται στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής ΕΜΠ με στόχο τη διερεύνηση της στάθμευσης στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας. Σας ενημερώνουμε ότι για τους σκοπούς της έρευνας δεν απαιτούνται προσωπικά στοιχεία και κάθε απάντηση θα αντιμετωπιστεί εμπιστευτικά.

ΜΕΡΟΣ Α: ΠΡΟΦΙΛ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ

A1. Κατοικείτε στο κέντρο της Αθήνας; ☐ ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ

A2. Ποιο μέσο χρησιμοποιείτε πιο συχνά για τις καθημερινές σας μετακινήσεις;

- | | |
|--------------------------------------|--|
| ☐ Ι.Χ. | ☐ Περπάτημα/ Ποδήλατο |
| ☐ Μοτοσικλέτα | ☐ Ταξί |
| ☐ Μ.Μ.Μ. | ☐ Συνδυασμό μέσων |

A2.1 (αν απαντήσατε «Συνδυασμό μέσων» στην ερώτηση A2) Ποια μέσα χρησιμοποιείτε πιο συχνά στις καθημερινές σας μετακινήσεις; (πολλαπλή απάντηση – συμπληρώστε όσα μέσα χρησιμοποιείτε)

- | | |
|--------------------------------------|--|
| ☐ Ι.Χ. | ☐ Περπάτημα/ Ποδήλατο |
| ☐ Μοτοσικλέτα | ☐ Ταξί |
| ☐ Μ.Μ.Μ. | |

A3. Πόσο συχνά χρησιμοποιείτε το όχημά σας για μετακινήσεις εντός της πόλης;

- | | |
|---|---|
| ☐ Πολύ σπάνια | ☐ 1-2 φορές την εβδομάδα |
| ☐ 1-2 φορές τον μήνα | ☐ Καθημερινά |

A4. Σε τι απόσταση από την οικία σας σταθμεύετε συνήθως το όχημα σας;

- ☐ Στο ίδιο τετράγωνο (έως και 200 μέτρα από την οικία)
☐ Σε διπλανό τετράγωνο (200 με 400 μέτρα από την οικία)
☐ Σε διπλανή περιοχή (400 με 800 μέτρα από την οικία)
☐ Σε άλλη περιοχή (πάνω από 800 μέτρα από την οικία)

A5. Πόσο χρόνο αφιερώνετε κατά μέσο όρο ανά μετακίνηση στην αναζήτηση ελεύθερης θέσης στάθμευσης στο κέντρο της Αθήνας;

- ☐ 0-5 λεπτά ☐ 5-10 λεπτά ☐ 10-20 λεπτά ☐ 20-30 λεπτά ☐ Πάνω από 30 λεπτά

A6. Ποιο είναι το μέσο καθημερινό σας κόστος για στάθμευση;

- ☐ Μηδέν ☐ Λιγότερο από 5€ ☐ 5 – 10€ ☐ Περισσότερο από 10€

A7. Προτιμάτε τη στάθμευση επί ή εκτός της οδού (σε ιδιωτικούς επί πληρωμή χώρους);

- ☐ Επί της οδού (Στον δρόμο) ☐ Εκτός της οδού (Σε ιδιωτικό πάρκινγκ, γκαράζ κτλ.)

A7.1 Ποιος είναι ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την προτίμησή σας;

- ☐ Οικονομικοί λόγοι ☐ Προσβασιμότητα ☐ Διαθεσιμότητα θέσεων ☐ Ασφάλεια
☐ Άλλο: _____

A7.2 (αν απαντήσατε «Επί της οδού» στην ερώτηση A7) Για ποια τιμή της στάθμευσης (€/μήνα) εκτός της οδού, θα σταθμεύατε εκτός της οδού ως πρώτη σας επιλογή;

ΜΕΡΟΣ Β: ΑΠΟΔΟΧΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ

Στο πλαίσιο της ενίσχυσης του συστήματος στάθμευσης στο κέντρο της Αθήνας, εξετάζεται η κατασκευή **περιμετρικών σταθμών στάθμευσης για τους κατοίκους**, με στόχο την **επαναδιάθεση δημοσίου χώρου για την αναβάθμιση της αστικής κινητικότητας**. Οι κάτοικοι θα μπορούν να σταθμεύουν σε αυτούς τους σταθμούς και να μεταβαίνουν στην κατοικία τους με τα πόδια, με ΜΜΜ, με μέσα μικροκινητικότητας (π.χ. ποδήλατο ή πατίνι) ή άλλο μέσο. Στο παρόν μέρος του ερωτηματολογίου, εξετάζεται η άποψή σας για μία τέτοια πιθανή αλλαγή.

B1. Πόσο θετικά θα βλέπατε τη δημιουργία περιμετρικών σταθμών στάθμευσης αποκλειστικά για κατοίκους γύρω από το κέντρο της Αθήνας;

- ☐ Πολύ θετικά
☐ Μάλλον θετικά
☐ Ούτε θετικά ούτε αρνητικά
☐ Μάλλον αρνητικά
☐ Πολύ αρνητικά

B2. Ποια χαρακτηριστικά θα σας ενθάρρυναν να χρησιμοποιήσετε κάποιο περιμετρικό σταθμό; (πολλαπλή απάντηση)

- ☐ Μειωμένο ή μηδενικό κόστος
☐ Εγγύτητα στα Μ.Μ.Μ
☐ Ασφάλεια/ Φωτισμός
☐ Διαθεσιμότητα θέσεων
☐ Απόσταση από την οικία
☐ Άλλο: _____

B3. Πώς θα θέλατε να αξιοποιηθεί ο ελευθερωμένος από σταθμευμένα οχήματα χώρος;

- ☐ Δενδροφύτευση και αστικός εξοπλισμός (παγκάκια, φωτισμός κ.λπ.)
☐ Δημιουργία υποδομών μικροκινητικότητας (π.χ. ποδηλατοδρόμοι)
☐ Διεύρυνση πεζοδρομίων και βελτίωση προσβασιμότητας
☐ Άλλο: _____

B4. Σενάρια Δεδηλωμένης Προτίμησης:

Στο πλαίσιο της προσπάθειας για αποσυμφόρηση του κέντρου της Αθήνας και αναβάθμιση της ποιότητας του δημόσιου χώρου, προτείνεται η δημιουργία περιμετρικών σταθμών στάθμευσης αποκλειστικά για κατοίκους. Η πρόσβαση από τον σταθμό στην κατοικία μπορεί να γίνεται με περπάτημα, με μέσα μικροκινητικότητας ή με δημοτική συγκοινωνία.

Παρακάτω παρουσιάζονται πιθανά σενάρια στάθμευσης. Κάθε σενάριο περιλαμβάνει **δύο εναλλακτικές**:

- **Εναλλακτική 1:** Διατήρηση της υφιστάμενης στάθμευσης επί της οδού.
- **Εναλλακτική 2:** Στάθμευση σε περιμετρικό σταθμό με πρόσβαση στην κατοικία με τα πόδια, με δημοτική συγκοινωνία (χωρίς έξτρα κόστος) ή με μέσα μικροκινητικότητας.

Κάθε εναλλακτική διαφέρει ως προς την **απόσταση από την κατοικία**, το **μηνιαίο κόστος** και στον **χρόνο αναζήτησης**.

Παρακαλείστε να επιλέξετε την εναλλακτική που θα προτιμούσατε σε κάθε περίπτωση.

Σενάριο 1:

	Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 2
Επιλογή στάθμευσης	Επί της οδού	Περιμετρικός σταθμός
Απόσταση από κατοικία	800 μέτρα	1000 μέτρα
Χρόνος αναζήτησης στάθμευσης	10 λεπτά	5 λεπτά
Μηνιαίο κόστος	0€	30€
	☐	☐

Σενάριο 2:

	Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 2
Επιλογή στάθμευσης	Επί της οδού	Περιμετρικός σταθμός
Απόσταση από κατοικία	1000 μέτρα	800 μέτρα
Χρόνος αναζήτησης στάθμευσης	25 λεπτά	2 λεπτά
Μηνιαίο κόστος	0€	90€
	☐	☐

Σενάριο 3:

	Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 2
Επιλογή στάθμευσης	Επί της οδού	Περιμετρικός σταθμός
Απόσταση από κατοικία	600 μέτρα	800 μέτρα
Χρόνος αναζήτησης στάθμευσης	40 λεπτά	5 λεπτά
Μηνιαίο κόστος	0€	60€
	☐	☐

Σενάριο 4:

	Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 2
Επιλογή στάθμευσης	Επί της οδού	Περιμετρικός σταθμός
Απόσταση από κατοικία	800 μέτρα	600 μέτρα
Χρόνος αναζήτησης στάθμευσης	10 λεπτά	7 λεπτά
Μηνιαίο κόστος	0€	30€
	☐	☐

Σενάριο 5:

	Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 2
Επιλογή στάθμευσης	Επί της οδού	Περιμετρικός σταθμός
Απόσταση από κατοικία	1000 μέτρα	600 μέτρα
Χρόνος αναζήτησης στάθμευσης	25 λεπτά	2 λεπτά
Μηνιαίο κόστος	0€	90€
	☐	☐

Σενάριο 6:

	Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 2
Επιλογή στάθμευσης	Επί της οδού	Περιμετρικός σταθμός
Απόσταση από κατοικία	600 μέτρα	1000 μέτρα
Χρόνος αναζήτησης στάθμευσης	40 λεπτά	7 λεπτά
Μηνιαίο κόστος	0€	60€
	☐	☐

ΜΕΡΟΣ Γ: ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Γ1. Φύλο:

☐ Άνδρας ☐ Γυναίκα ☐ Άλλο/Προτιμώ να μην απαντήσω

Γ2. Ηλικία:

☐ 18-24 ☐ 25-34 ☐ 35-44 ☐ 45-54 ☐ 55-64 ☐ >65

Γ3. Ετήσιο Προσωπικό Εισόδημα:

☐ Χαμηλό (<10.000€) ☐ Μεσαίο (10.000 – 20.000€) ☐ Υψηλό (>20.000€)

Γ4. Απασχόληση:

☐ Δημόσιος Υπάλληλος ☐ Άνεργος
☐ Ιδιωτικός Υπάλληλος ☐ Συνταξιούχος
☐ Ελεύθερος Επαγγελματίας ☐ Φοιτητής

Γ5. Από πόσα άτομα αποτελείτε το νοικοκυριό σας, συμπεριλαμβανομένου και του εαυτού σας; _____

Γ6. Ποιο είναι το υψηλότερο επίπεδο εκπαίδευσης που έχετε ολοκληρώσει;

☐ Πρωτοβάθμια εκπαίδευση
☐ Δευτεροβάθμια εκπαίδευση
☐ Τριτοβάθμια εκπαίδευση
☐ Μεταπτυχιακές/Διδακτορικές σπουδές

Γ7. Για την πιο τυπική καθημερινή σας διαδρομή από ποια περιοχή έρχεστε; _____ Και σε ποια περιοχή καταλήγετε; _____

Γ8. Είστε ιδιοκτήτης οχήματος; ☐ ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ

Γ8.1 (αν απαντήσατε ΝΑΙ στην ερώτηση Γ8) Τι είδος οχήματος κατέχετε;

☐ Μοτοσυκλέτα
☐ Μικρό/Αυτοκίνητο πόλης
☐ Μεσαίο/ Οικογενειακό όχημα
☐ SUV/ 4x4

Γ8.2 (αν απαντήσατε ΝΑΙ στην ερώτηση Γ8) Πόσα οχήματα έχετε στο νοικοκυριό σας, συμπεριλαμβανομένου και του δικού σας; _____

ΕΙΚΟΝΑ Α.1: ΈΝΤΥΠΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

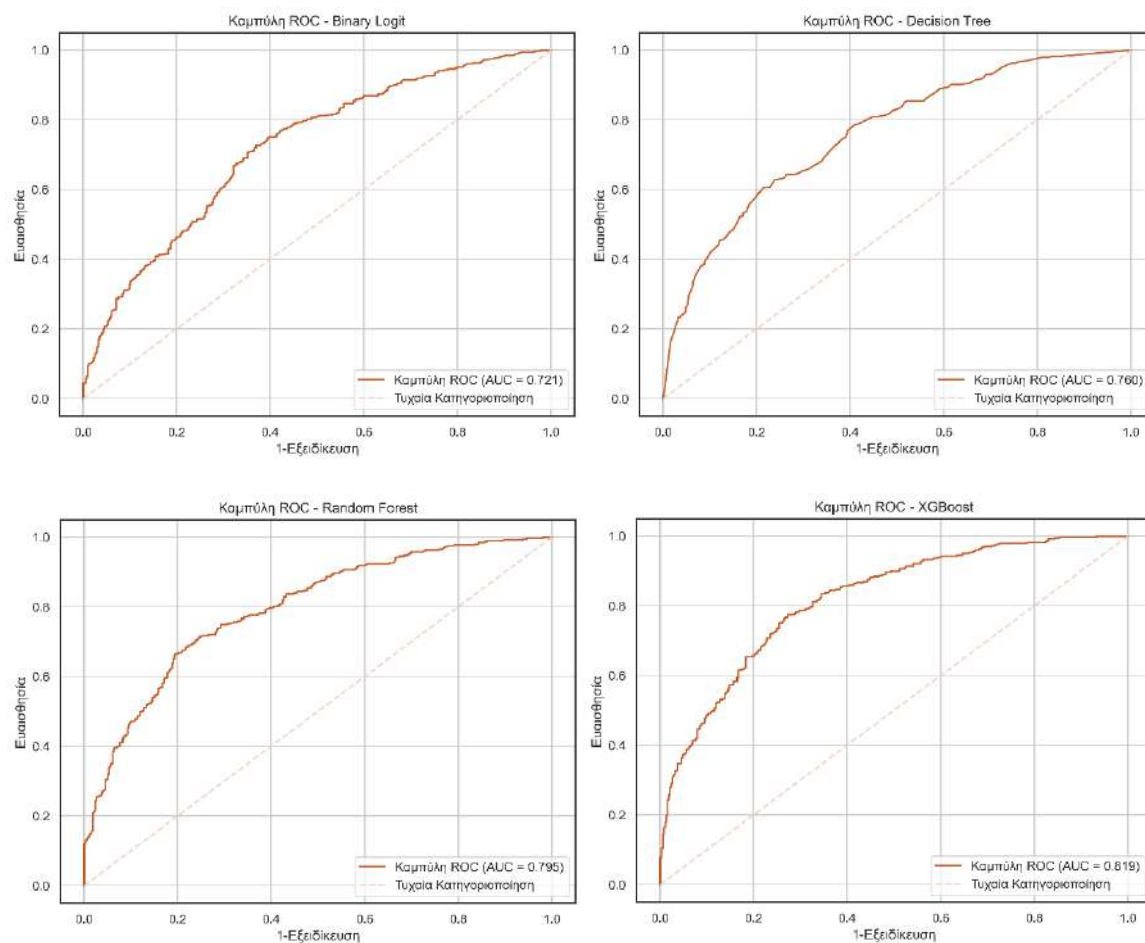
ΠΙΝΑΚΑΣ Β.1: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΑΤΤΙΚΗΣ (ΜΟΝΙΜΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ - ELSTAT, 2021)

Γ. Κ.	Σύνολο	Φύλο		Ηλικία					
		Άνδρας	Γυναίκα	18-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65+
351 Περιφέρεια Αττικής	3,814,065	1,837,344	1,976,723	255,172	428,387	578,187	610,143	518,175	809,589
35145 Π.Ε. Κεντρικού Τομέα Αθηνών	1,002,210	480,844	521,369	68,691	132,836	156,665	155,978	136,101	218,609
35146 Π.Ε. Βόρειου Τομέα Αθηνών	601,163	283,333	317,833	35,730	57,528	90,303	97,271	80,639	136,488
35147 Π.Ε. Δυτικού Τομέα Αθηνών	478,885	232,873	246,010	33,927	55,738	72,203	77,997	66,995	92,819
35148 Π.Ε. Νότιου Τομέα Αθηνών	529,455	249,417	280,041	33,186	56,319	79,253	84,957	74,171	117,830
35149 Π.Ε. Ανατολικής Αττικής	518,753	256,004	262,751	36,693	48,871	76,453	86,336	68,394	103,592
35150 Π.Ε. Δυτικής Αττικής	165,540	83,493	82,049	13,076	19,602	25,425	25,046	20,315	27,760
35151 Π.Ε. Πειραιώς	448,053	216,822	231,229	29,945	51,174	68,853	71,738	61,142	93,742
35152 Π.Ε. Νήσων	70,008	34,561	35,444	3,922	6,305	9,042	10,809	10,427	18,788
Πολεοδομικό συγκρότημα Αθηνών-Πειραιώς	3,059,766	47,822	52,182	7,782	13,662	18,052	18,852	16,192	25,472
Κεντρικός Τομέας Αθηνών	1,002,210	47,982	52,022	7,912	15,292	18,032	17,952	15,662	25,162

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ - ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ Γ.1: ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΔΥΑΔΙΚΩΝ ΚΑΙ ΙΕΡΑΡΧΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

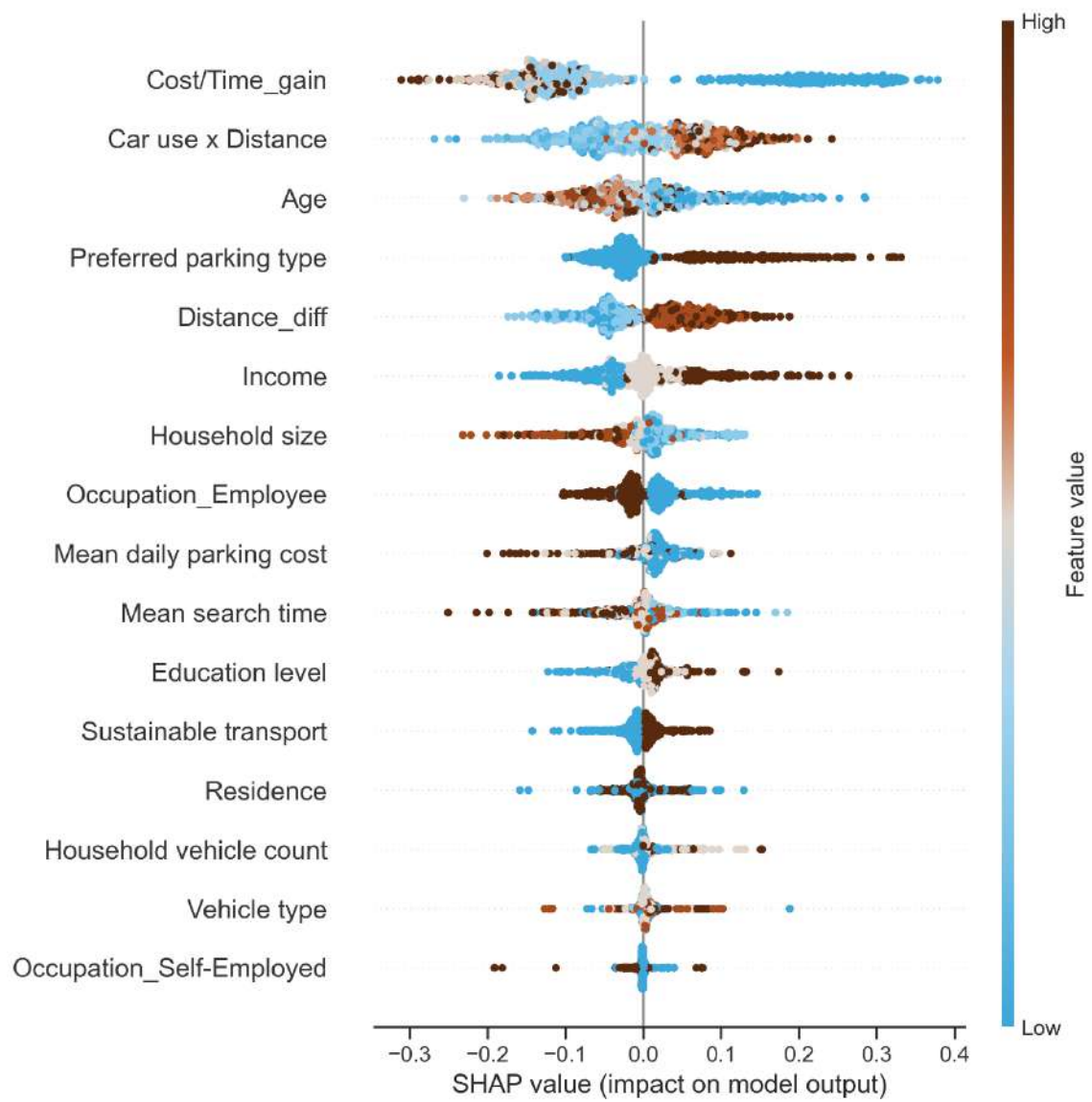
Στήλη	Αρχική Τιμή	Κωδ. Τιμή
Residence	Όχι	0
Residence	Ναι	1
Preferred parking type	Επί της οδού (Στον δρόμο)	0
Preferred parking type	Εκτός της οδού (Σε ιδιωτικό πάρκινγκ, γκαράζ κτλ.)	1
Scenario 1	Εναλλακτική 1	0
Scenario 1	Εναλλακτική 2	1
Scenario 2	Εναλλακτική 1	0
Scenario 2	Εναλλακτική 2	1
Scenario 3	Εναλλακτική 1	0
Scenario 3	Εναλλακτική 2	1
Scenario 4	Εναλλακτική 1	0
Scenario 4	Εναλλακτική 2	1
Scenario 5	Εναλλακτική 1	0
Scenario 5	Εναλλακτική 2	1
Scenario 6	Εναλλακτική 1	0
Scenario 6	Εναλλακτική 2	1
Gender	Ανδρας	0
Gender	Γυναίκα	1
Vehicle ownership	Όχι	0
Vehicle ownership	Ναι	1
Car use frequency	Πολύ σπάνια	1
Car use frequency	1-2 φορές τον μήνα	2
Car use frequency	1-2 φορές την εβδομάδα	3
Car use frequency	Καθημερινά	4
Mean parking distance	Στο ίδιο τετράγωνο (έως και 200 μέτρα από την οικία)	1
Mean parking distance	Σε διπλανό τετράγωνο (200 με 400 μέτρα από την οικία)	2
Mean parking distance	Σε διπλανή περιοχή (400 με 800 μέτρα από την οικία)	3
Mean parking distance	Σε άλλη περιοχή (πάνω από 800 μέτρα από την οικία)	4
Mean search time	0-5 λεπτά	1
Mean search time	5-10 λεπτά	2
Mean search time	10-20 λεπτά	3
Mean search time	20-30 λεπτά	4
Mean search time	Πάνω από 30 λεπτά	5
Mean daily parking cost	Μηδέν	1
Mean daily parking cost	Λιγότερο από 5€	2
Mean daily parking cost	5 - 10€	3
Mean daily parking cost	Περισσότερο από 10€	4
Policy acceptance	Πολύ αρνητικά	1
Policy acceptance	Μάλλον αρνητικά	2
Policy acceptance	Ούτε θετικά ούτε αρνητικά	3
Policy acceptance	Μάλλον θετικά	4
Policy acceptance	Πολύ θετικά	5
Age	18-24	1
Age	25-34	2
Age	35-44	3
Age	45-54	4
Age	55-64	5
Age	>65	6
Income	Χαμηλό (<10.000€)	1
Income	Μεσαίο (10.000 - 20.000€)	2
Income	Υψηλό (>20.000€)	3
Education level	Πρωτοβάθμια εκπαίδευση	1
Education level	Δευτεροβάθμια εκπαίδευση	2
Education level	Τριτοβάθμια εκπαίδευση	3
Education level	Μεταπτυχιακές/ Διδακτορικές σπουδές	4
Vehicle type	Μοτοσυκλέτα	1
Vehicle type	Μικρό/ Αυτοκίνητο πόλης	2
Vehicle type	Μεσαίο/ Οικογενειακό όχημα	3
Vehicle type	SUV/ 4x4	4



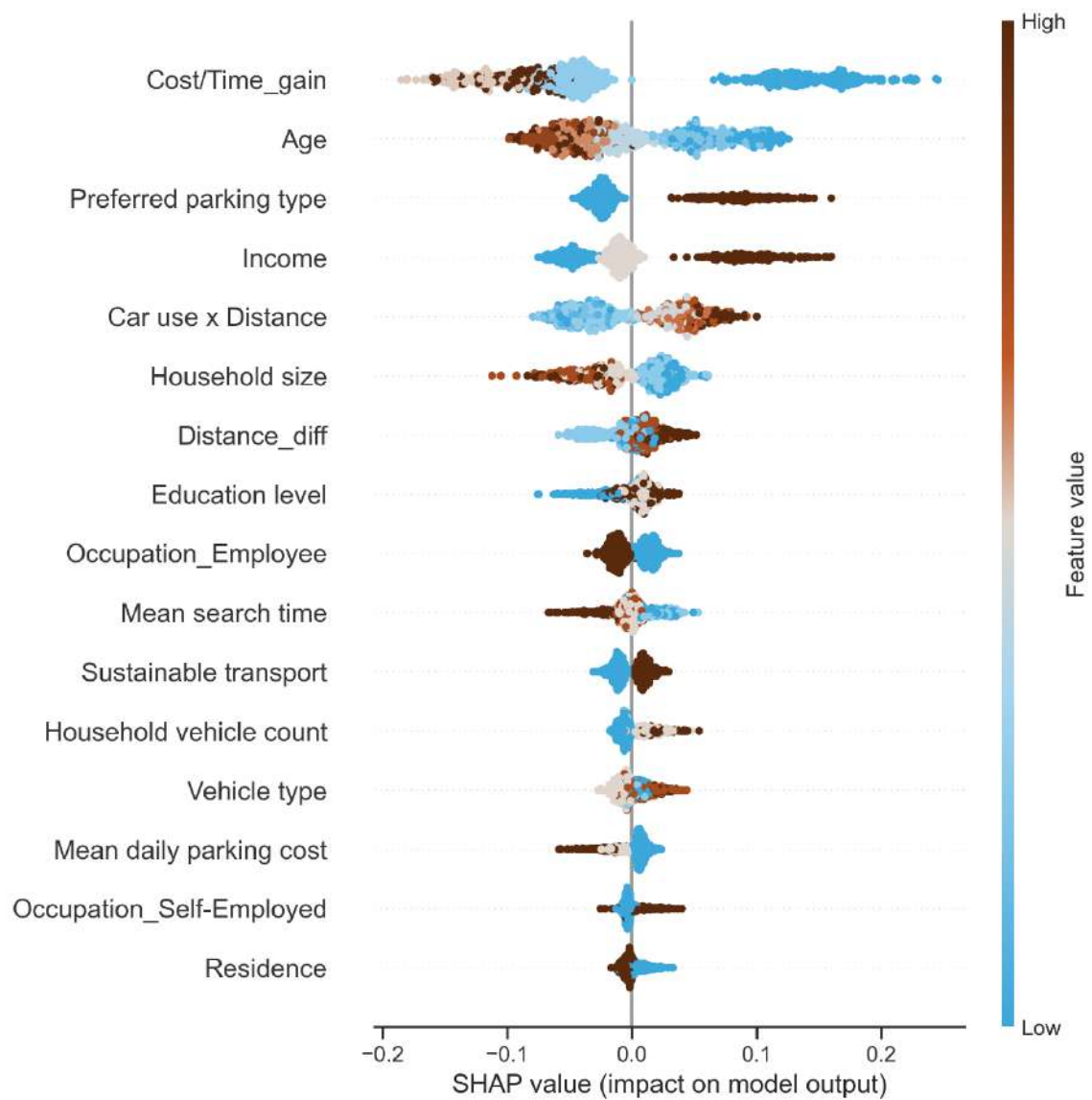
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.1: ΚΑΜΠΥΛΕΣ ROC ΜΟΝΤΕΛΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ Γ.2: ΚΑΛΥΤΕΡΕΣ ΥΠΕΡΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

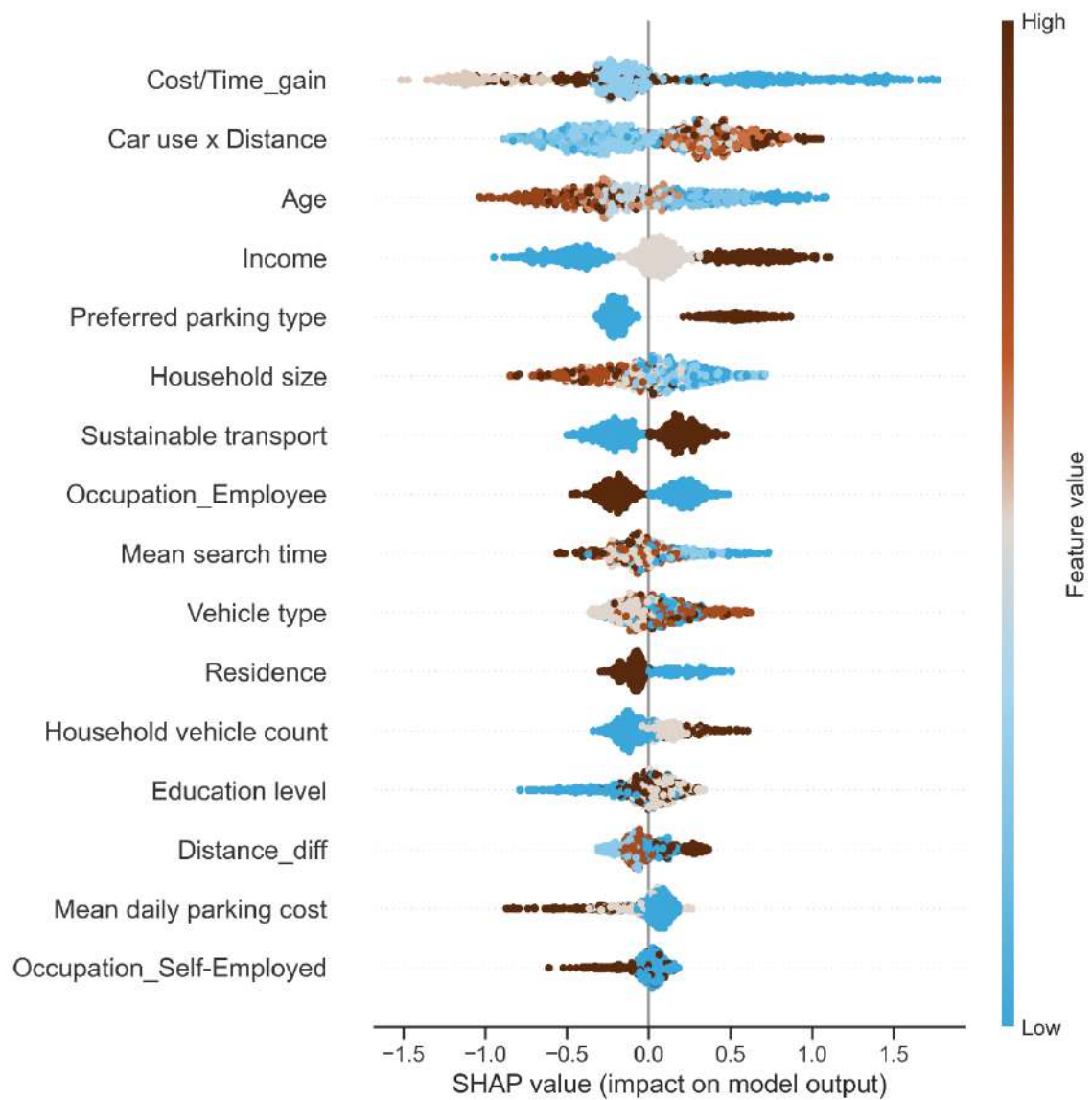
Decision Tree	Τιμές	Random Forest	Τιμές	XGBoost	Τιμές
max_depth	10	n_estimators	35	n_estimators	450
min_samples_split	15	max_depth	13	max_depth	6
min_samples_leaf	10	min_samples_leaf	10	learning_rate	0.08
		max_features	sqrt	subsample	0.72
				colsample_bytree	0.5
				gamma	0.5
				min_child_weight	10
				reg_alpha	0.7
				reg_lambda	6



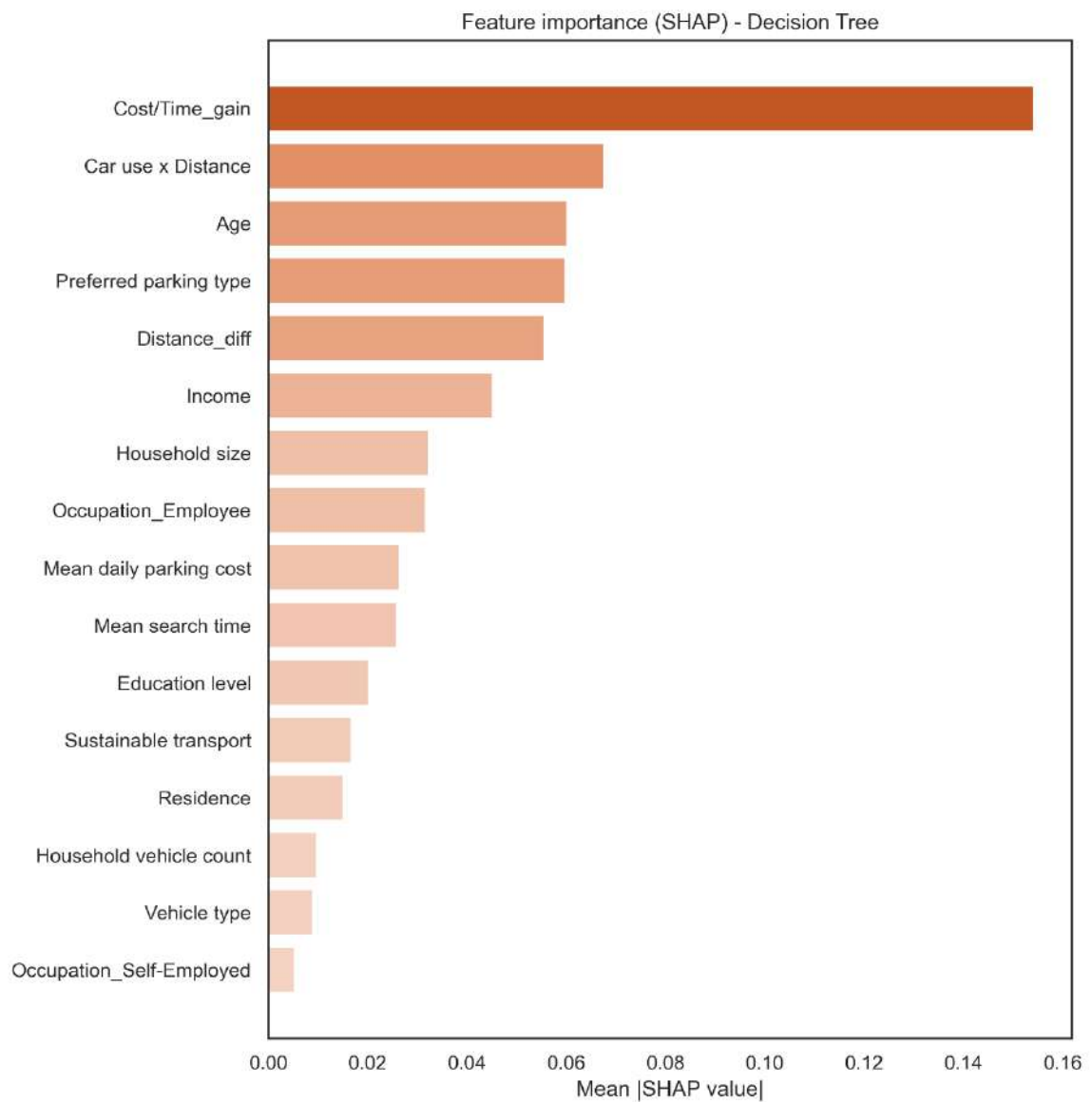
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.2: SHAP VALUES DECISION TREE



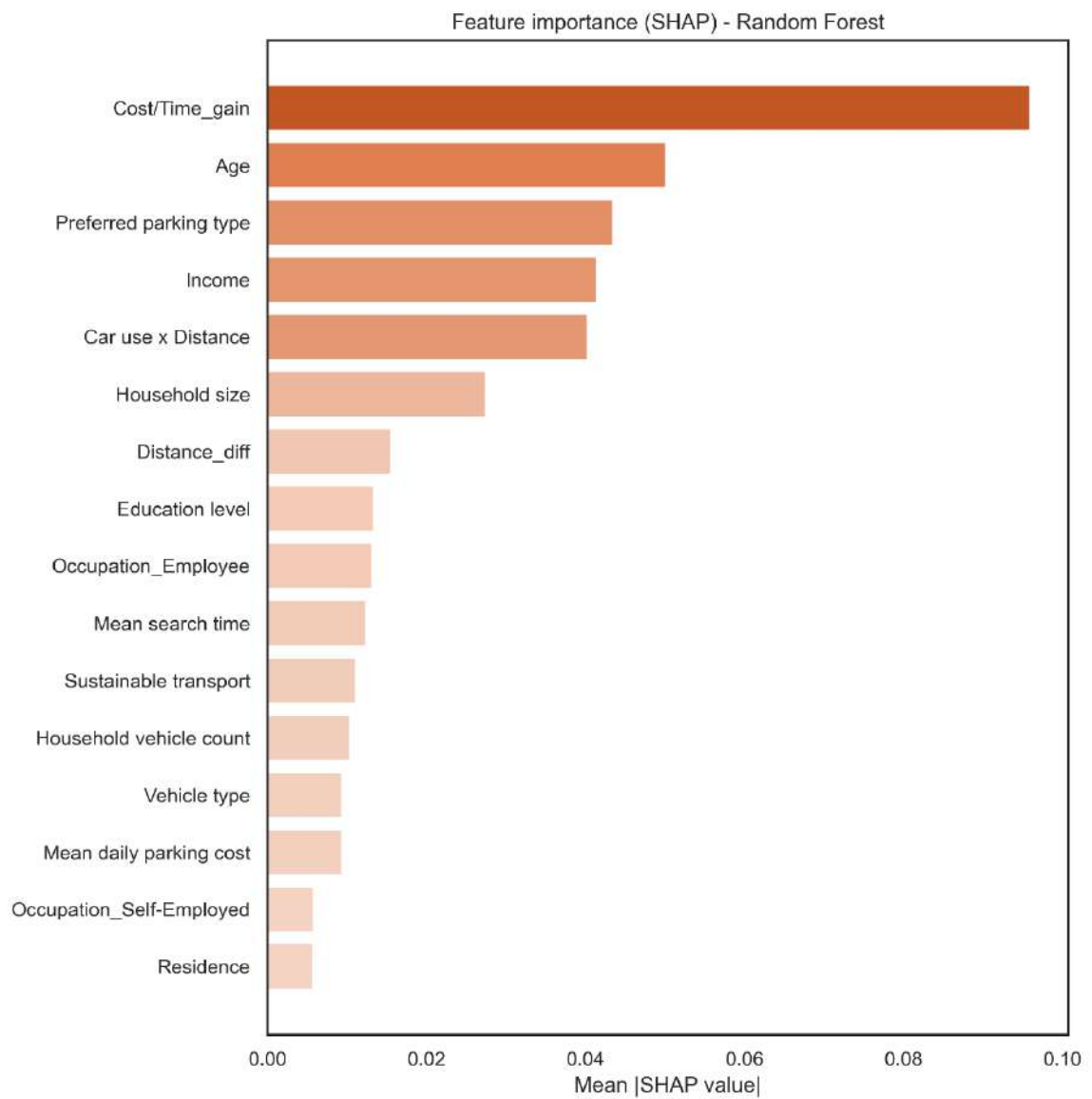
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3: SHAP VALUES RANDOM FOREST



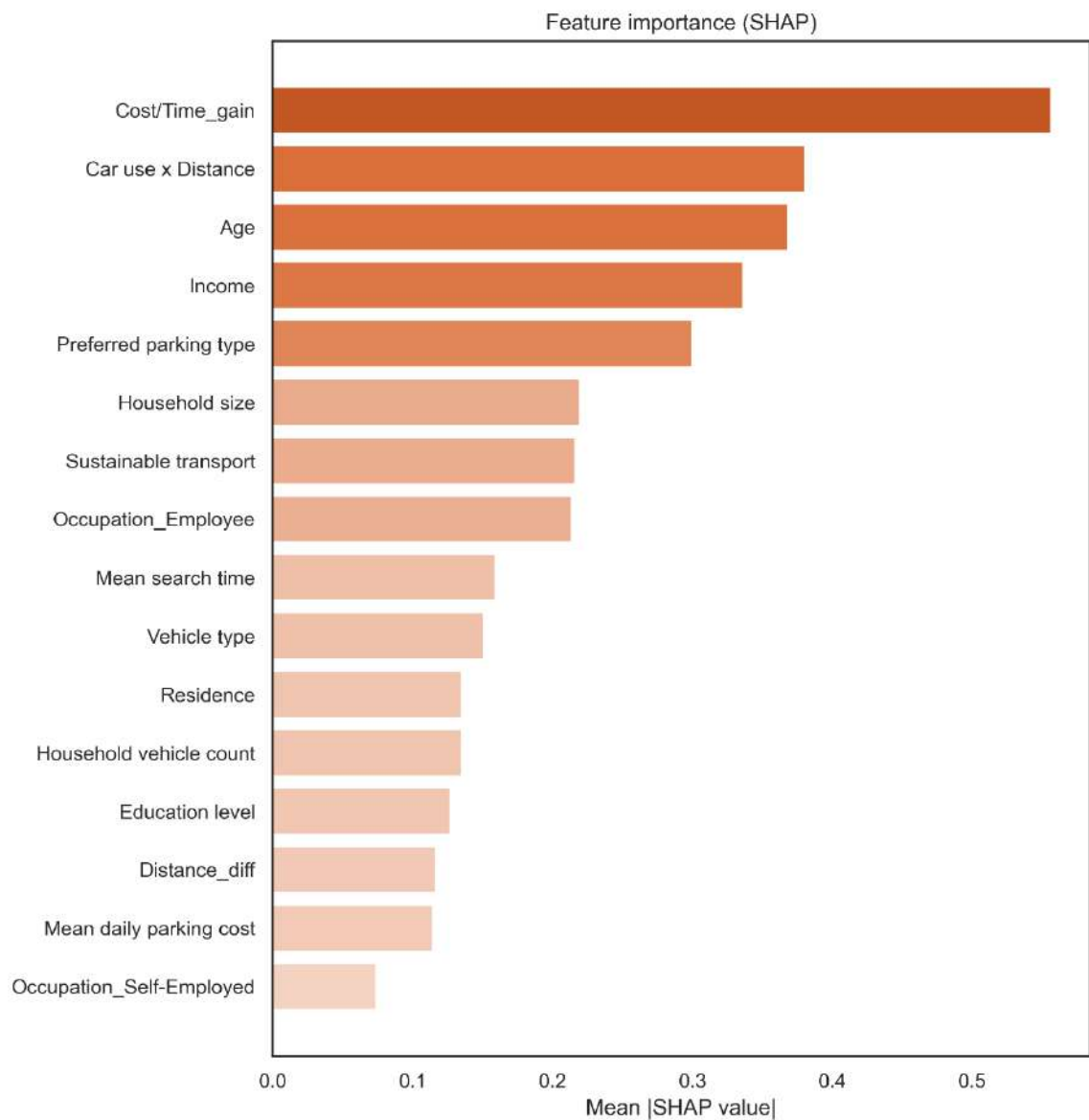
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.4: SHAP VALUES XGBOOST



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.5: ΑΠΟΛΥΤΕΣ SHAP DECISION TREE



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.6: ΑΠΟΛΥΤΕΣ SHAP RANDOM FOREST



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.7: ΑΠΟΛΥΤΕΣ SHAP XGBOOST

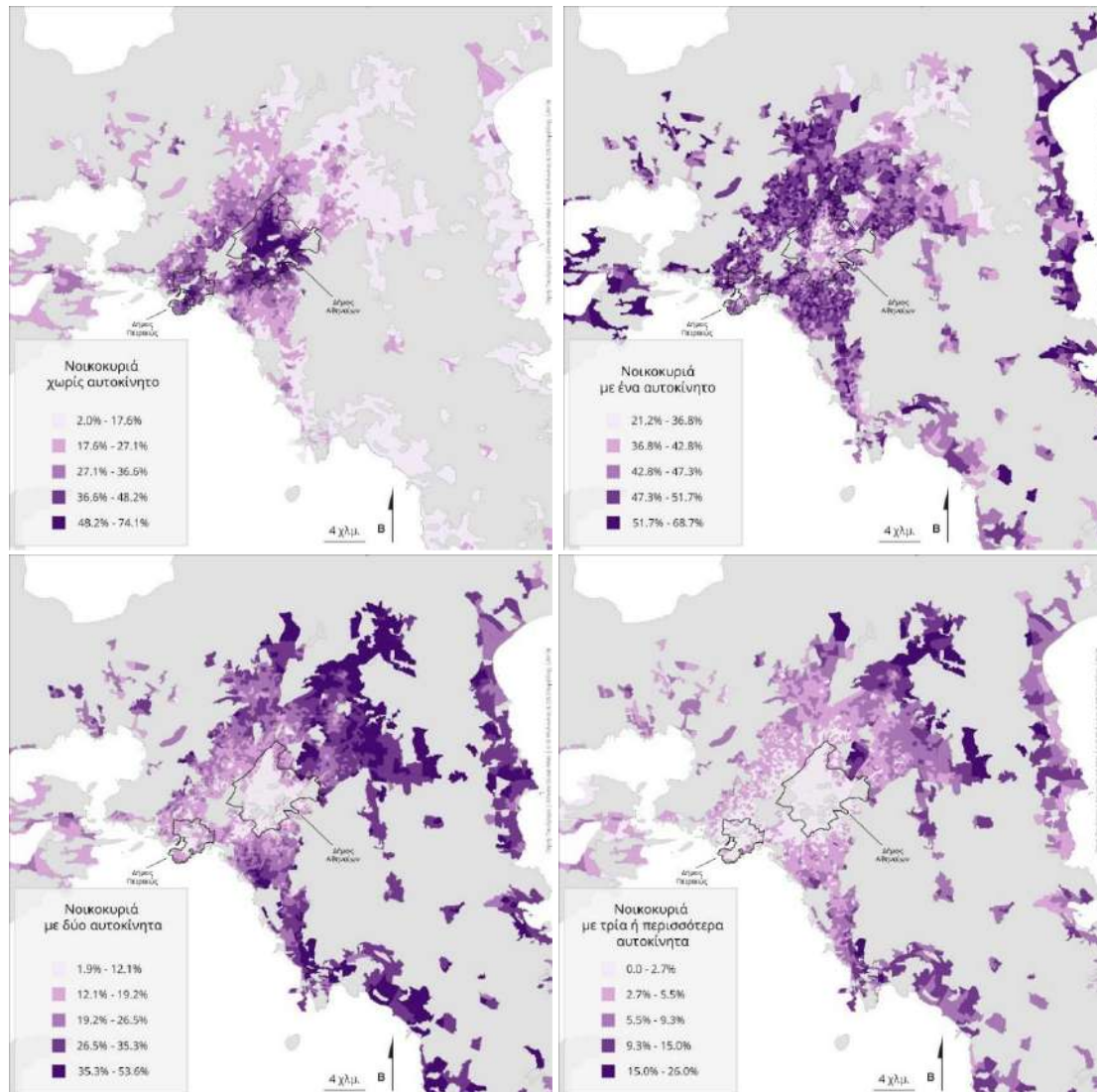
ΠΙΝΑΚΑΣ Γ.3: ΜΗΤΡΩΑ ΣΥΓΧΥΣΗΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

Decision Tree				Random Forest				XGBoost			
Σύνολο εκπαίδευσης		Πρόβλεψη		Σύνολο εκπαίδευσης		Πρόβλεψη		Σύνολο εκπαίδευσης		Πρόβλεψη	
Αληθές	Εναλλακτική 1	1157	352	Εναλλακτική 1	1204	305	Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 1
	Εναλλακτική 2	376	1235	Εναλλακτική 2	330	1281	Εναλλακτική 2	Εναλλακτική 2	Εναλλακτική 2	Εναλλακτική 2	
Ορθότητα 76.67%				Ορθότητα 79.65%				Ορθότητα 82.69%			
Σύνολο δοκιμής				Σύνολο δοκιμής				Σύνολο δοκιμής			
Αληθές	Εναλλακτική 1	260	117	Εναλλακτική 1	271	106	Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 1	Εναλλακτική 1
	Εναλλακτική 2	138	265	Εναλλακτική 2	112	291	Εναλλακτική 2	Εναλλακτική 2	Εναλλακτική 2	Εναλλακτική 2	Εναλλακτική 2
Ορθότητα 67.31%				Ορθότητα 72.05%				Ορθότητα 74.74%			

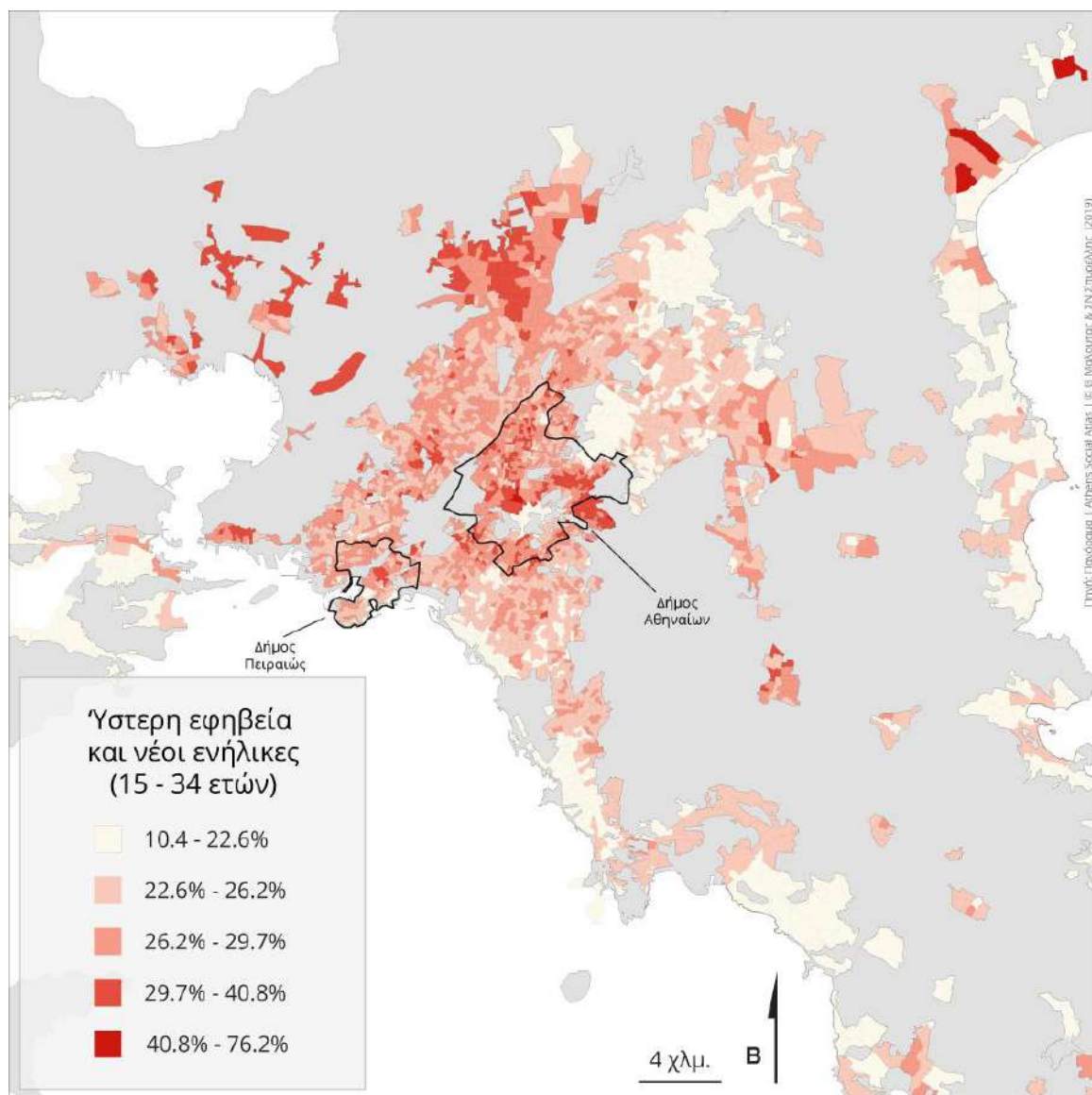
ΠΙΝΑΚΑΣ Γ.4: ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

Σύνολο Εκπαίδευσης (Decision Tree)					Σύνολο Εκπαίδευσης (Random Forest)					Σύνολο Εκπαίδευσης (XGBoost)				
	Ακρίβεια		F1	Πλήθος		Ακρίβεια		F1	Πλήθος		Ακρίβεια		F1	Πλήθος
	Ευαισθησία	Ευαισθησία				Ευαισθησία	Ευαισθησία				Ευαισθησία	Ευαισθησία		
0	0.755	0.767	0.761	1509	0	0.785	0.798	0.791	1509	0	0.811	0.838	0.824	1509
1	0.778	0.767	0.772	1611	1	0.808	0.795	0.801	1611	1	0.843	0.817	0.83	1611
Ορθότητα			0.767	3120	Ορθότητα			0.796	3120	Ορθότητα			0.827	3120
Μ.Μ.Ο.	0.766	0.767	0.767	3120	Μ.Μ.Ο.	0.796	0.797	0.796	3120	Μ.Μ.Ο.	0.827	0.827	0.827	3120
Σ.Μ.Ο.	0.767	0.767	0.767	3120	Σ.Μ.Ο.	0.797	0.796	0.796	3120	Σ.Μ.Ο.	0.827	0.827	0.827	3120
Σύνολο Δοκιμής (Decision Tree)					Σύνολο Δοκιμής (Random Forest)					Σύνολο Δοκιμής (XGBoost)				
	Ακρίβεια		F1	Πλήθος		Ακρίβεια		F1	Πλήθος		Ακρίβεια		F1	Πλήθος
	Ευαισθησία	Ευαισθησία				Ευαισθησία	Ευαισθησία				Ευαισθησία	Ευαισθησία		
0	0.653	0.690	0.671	377	0	0.708	0.719	0.713	377	0	0.736	0.745	0.74	377
1	0.694	0.658	0.675	403	1	0.733	0.722	0.728	403	1	0.759	0.749	0.754	403
Ορθότητα			0.673	780	Ορθότητα			0.721	780	Ορθότητα			0.747	780
Μ.Μ.Ο.	0.673	0.674	0.673	780	Μ.Μ.Ο.	0.720	0.720	0.720	780	Μ.Μ.Ο.	0.747	0.747	0.747	780
Σ.Μ.Ο.	0.674	0.673	0.673	780	Σ.Μ.Ο.	0.721	0.721	0.721	780	Σ.Μ.Ο.	0.748	0.747	0.747	780

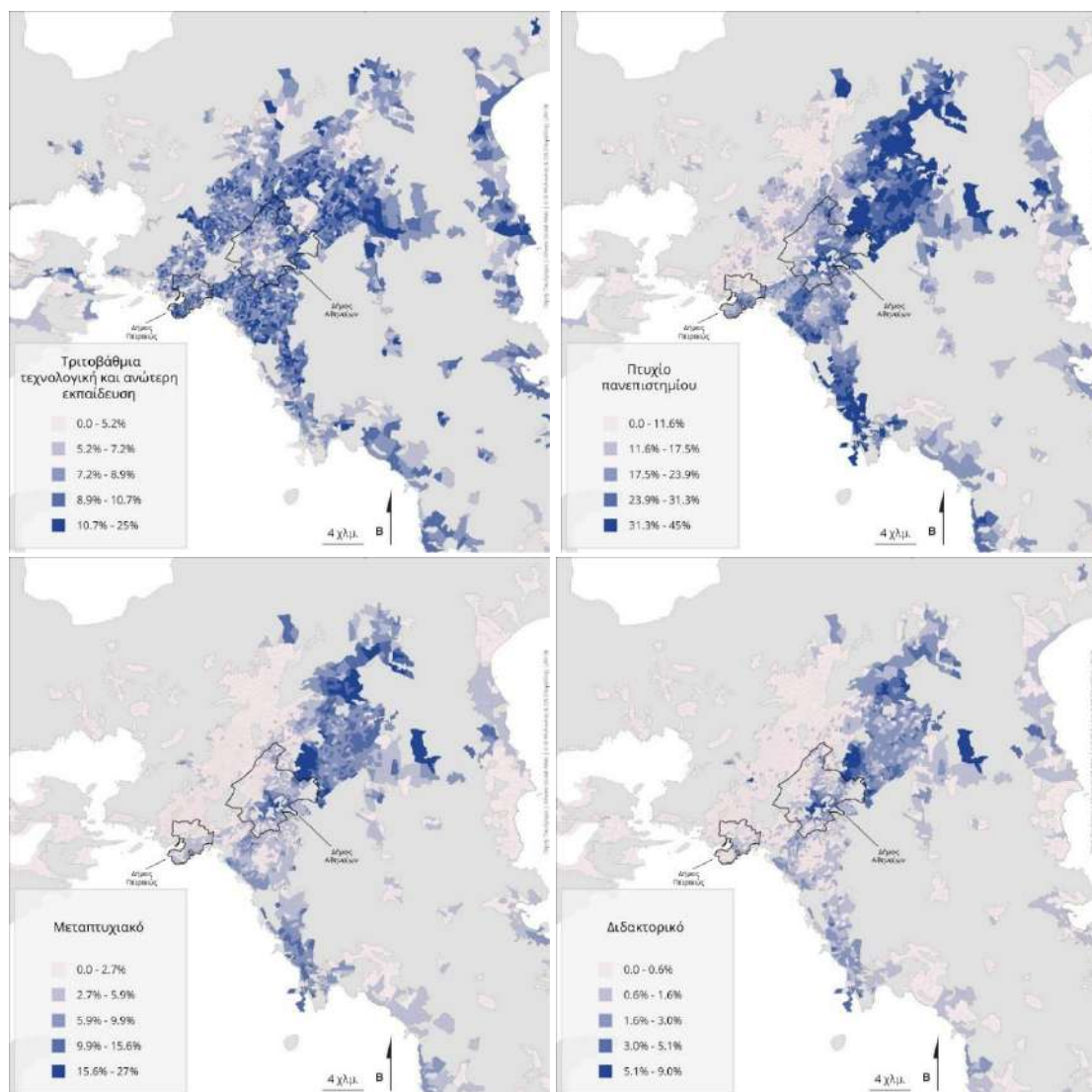
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ - ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ



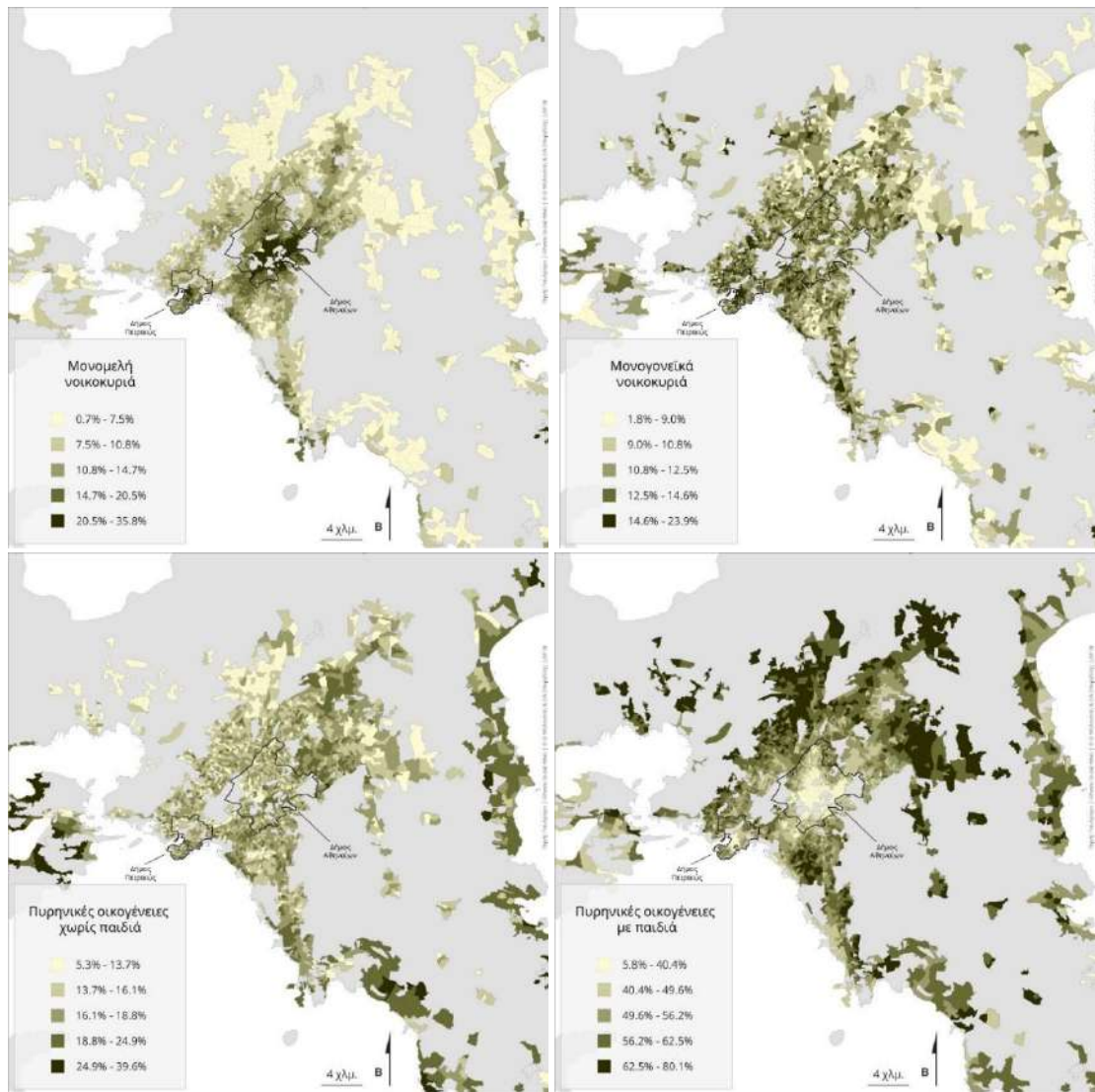
ΕΙΚΟΝΑ Δ.1: ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ ΒΑΣΕΙ ΑΡΙΘΜΟΥ ΟΧΗΜΑΤΩΝ



ΕΙΚΟΝΑ Δ.2: ΚΑΤΟΙΚΟΙ ΗΛΙΚΙΩΝ 15-34



ΕΙΚΟΝΑ Δ.3: ΚΑΤΟΙΚΟΙ ΒΑΣΕΙ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ



ΕΙΚΟΝΑ Δ.4: ΤΥΠΟΙ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΩΝ (ΒΑΣΕΙ ΑΡΙΘΜΟΥ ΜΕΛΩΝ)