



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Τομέας Μεταφορών & Συγκοινωνιακής Υποδομής

Διπλωματική Εργασία

**Διερεύνηση της επίδρασης των διαφημιστικών πινακίδων  
στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια των οδηγών  
στο υπεραστικό οδικό δίκτυο**



**Κυρατζής Αλέξανδρος**

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2026



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Γιώργο Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για την επιλογή του θέματος, την πολύτιμη καθοδήγησή του και την πολύ δημιουργική συνεργασία κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας.

Εξίσου θερμά ευχαριστώ τους κ. Δημοσθένη Παύλου και κ. Παναγιώτη Παπαντωνίου, για τη πολύτιμη στήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης του πειράματος, για τις υποδείξεις σε καίρια ζητήματα καθώς και για τη βοήθεια σε θέματα που αφορούσαν στη λειτουργία του προσομοιωτή.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Διδάκτορα κα. Αρμίρα Κονταξή για την υποστήριξη, τις καίριες υποδείξεις κατά την ανάπτυξη των μοντέλων και τις χρήσιμες παρατηρήσεις που συνέβαλαν ουσιαστικά στην εξέλιξη της εργασίας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ χρωστώ σε όσους συμμετείχαν στην πειραματική διαδικασία, καθώς ο ρόλος τους ήταν καταλυτικός στην υλοποίηση αυτής της έρευνας, καθώς και την Αναστασία Γκούσκου για την ευχάριστη και εξαιρετική συνεργασία κατά την πειραματική διαδικασία.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τα αγαπημένα μου πρόσωπα για τη διαρκή στήριξη, την ενθάρρυνση και την κατανόηση σε κάθε στάδιο αυτής της διαδρομής.

# Διερεύνηση της επίδρασης των διαφημιστικών πινακίδων στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια των οδηγών στο υπεραστικό οδικό δίκτυο

Κυρατζής Αλέξανδρος  
Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

## ΣΥΝΟΨΗ

Ο στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της επιρροής των διαφημιστικών πινακίδων στη συμπεριφορά και την ασφάλεια των οδηγών στο υπεραστικό οδικό δίκτυο. Για την επίτευξη του στόχου αυτού πραγματοποιήθηκε πειραματική διαδικασία σε προσομοιωτή οδήγησης όπου όλοι οι συμμετέχοντες οδήγησαν σε διάφορα σενάρια οδήγησης. Αναπτύχθηκαν στατιστικά μοντέλα παλινδρόμησης για τον προσδιορισμό της επιρροής των διαφημιστικών πινακίδων παραπλεύρως της οδού στη μέση ταχύτητα οδήγησης και στην πλευρική απόσταση του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή (λογαριθμοκανονική) και στο μέσο χρόνο αντίδρασης των οδηγών σε απρόσμενο συμβάν καθώς και στην μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα (γραμμική). Από την εφαρμογή των μοντέλων προκύπτει ότι, η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων παραπλεύρως της οδού οδηγεί σε στατιστικά σημαντική αύξηση του μέσου χρόνου αντίδρασης, της πλευρικής απόστασης από τη δεξιά οριογραμμή, καθώς και της μέσης απόστασης από προπορευόμενο όχημα ενώ ταυτόχρονα οδηγεί σε στατιστικά σημαντική μείωση της μέσης ταχύτητας, ενδεχομένως ως αντιστάθμιση του κινδύνου, με τελικό αποτέλεσμα η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων να μην είχε καμία επιρροή στην πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα.

**Λέξεις-Κλειδιά:** οδική ασφάλεια, οδηγική συμπεριφορά, διαφημιστικές πινακίδες, προσομοιωτής οδήγησης, πλευρική απόσταση, χρόνος αντίδρασης, ταχύτητα, απόσταση από προπορευόμενο όχημα, γραμμική παλινδρόμηση, λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση

# **Investigation of the impact of advertising signs to driver behaviour and safety at the interurban network**

**Alexandros Kiratzis**

Supervisor: George Yannis, Professor, NTUA

## **ABSTRACT**

The objective of this diploma thesis is to investigate the influence of roadside billboards on driver behaviour and safety on the interurban road network. To achieve this objective, an experimental procedure was conducted using a driving simulator, in which all participants drove under different driving scenarios. Statistical regression models were developed in order to determine the effect of roadside billboards on several key driving behaviour indicators, including mean driving speed and the lateral distance of the vehicle from the right lane marking (lognormal regression), as well as the mean driver reaction time in an unexpected event and the mean following distance from the preceding vehicle (linear regression). The results of the developed models indicate that the presence of roadside billboards leads to a statistically significant increase in drivers' reaction time, the lateral distance from the right lane marking, and the mean following distance from the preceding vehicle, while at the same time it leads to a statistically significant decrease in mean driving speed, perhaps as risk compensation, with final result that the presence of roadside billboards does not appear to have any significant influence on the probability of involvement in a traffic crash.

**Keywords:** road safety, driver behaviour, roadside billboards, driving simulator, lateral position, reaction time, driving speed, following distance, linear regression, lognormal regression.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση του βαθμού στον οποίο επηρεάζει η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων τη συμπεριφορά των νέων οδηγών με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης σε υπεραστικό οδικό περιβάλλον.**

Για τη **συλλογή των απαραίτητων στοιχείων** πραγματοποιήθηκε πείραμα σε 31 νέους οδηγούς στον προσομοιωτή οδήγησης (Driving Simulator FPF) του Εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Επιπλέον, συμπληρώθηκαν από τους οδηγούς αυτούς ερωτηματολόγια που αφορούσαν στα χαρακτηριστικά τους και κάποια στοιχεία πάνω στην πειραματική διαδικασία.

Για τη **στατιστική επεξεργασία των στοιχείων** καθώς και την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων σε ότι αφορά στη μέση ταχύτητα οδήγησης, τη μέση πλευρική απόσταση του οχήματος στο οδόστρωμα και τη μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, μετά από σειρά δοκιμών επιλέχθηκε η εφαρμογή της μεθόδου της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης. Σε ότι αφορά στο μέσο χρόνο αντίδρασης σε απρόοπτο συμβάν και την μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα, επιλέχθηκε η εφαρμογή της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης. Τέλος, σε ότι αφορά στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα, επιλέχθηκε εξ αρχής η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης. Αξίζει να αναφερθεί ότι πραγματοποιήθηκε μία στατιστική ανάλυση, που να αντιστοιχεί στον προσδιορισμό ενός μοντέλου για καθένα από τα παραπάνω μεγέθη, ενώ τελικά δεν επιτεύχθηκε προσδιορισμός μοντέλου για την πιθανότητα να συμβεί ατύχημα.

Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψαν **τα τελικά μαθηματικά μοντέλα** που αποτυπώνουν τη συσχέτιση μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών και των παραγόντων που τις επηρεάζουν. Επισημαίνεται ότι η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών κάθε μοντέλου στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή προσδιορίστηκε μέσω του μεγέθους της ελαστικότητας. Η σχετική επιρροή χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση της επιρροής της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών του ίδιου μοντέλου.

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα και των τεσσάρων μοντέλων και περιλαμβάνονται οι **συντελεστές β<sub>i</sub>** και οι τιμές της σχετικής επιρροής **e<sub>i</sub>** και **e<sub>i</sub><sup>\*</sup>** των ανεξάρτητων μεταβλητών.

**Πίνακας I:** Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων των τεσσάρων στατιστικών μοντέλων

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Πλευρική απόσταση				Χρόνος αντίδρασης σε απρόσμενο συμβάν				Μέση ταχύτητα οδήγησης				Μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα			
	$\beta_1$	t	$e_1$	$e_1^*$	$\beta_1$	t	$e_1$	$e_1^*$	$\beta_1$	t	$e_1$	$e_1^*$	$\beta_1$	t	$e_1$	$e_1^*$
Διαφημιστικές πινακίδες	0.048	2.050	0.058	1.61	138.200	2.100	0.150	1.00	-0.012	-1.950	-0.004	1.00	0.023	2.050	0.052	4.33
Ηλικία	-0.034	-2.450	-0.890	24.72					0.005	2.150	0.058	14.50	-0.011	-2.200	-0.140	11.67
Φύλο									0.032	4.200	0.010	2.50				
Κυκλοφοριακές συνθήκες									-0.028	-4.050	-0.008	2.00	-0.040	-2.050	-0.012	1.00
Μέση εβδομαδιαία διανυόμενη απόσταση σε υπεραστική οδό					152.400	2.950	0.710	4.73								
Εμπλοκή του συμμετέχοντα σε ατύχημα στο παρελθόν	0.075	2.100	0.069	1.92					-0.017	-2.100	-0.005	1.25				
Βαθμός στον οποίο ο συμμετέχων θεωρεί επικίνδυνες τις διαφημιστικές πινακίδες σε υπεραστική οδό					105.800	2.600	0.490	3.27	-0.010	-2.200	-0.015	3.75				
Αν ο συμμετέχων θεωρεί ότι η ύπαρξη των διαφημιστικών πινακίδων επηρέασε την οδηγική του συμπεριφορά στο πείραμα	-0.058	-2.050	-0.036	1.00												
Μέση ταχύτητα οδήγησης	0.012	2.300	0.620	17.22												
Μέση ταχύτητα στο κιβώτιο των ταχυτήτων													-0.310	-13.200	-0.080	6.67
Μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα					-4.120	-3.100	-0.590	3.93								
Ποσοστό της διαδρομής που ο οδηγός πατούσε φρένο					-61.700	-2.550	-0.360	2.40	0.017	6.100	0.028	7.00				
Μέση απόσταση από τον άξονα της οδού									-0.011	-2.050	-0.022	5.50				
<b>R-squared</b>	<b>0.47</b>				<b>0.52</b>				<b>0.44</b>				<b>0.51</b>			

Από τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης και την ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων προκύπτουν συνολικά τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. **Η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων παραπλεύρως της οδού επηρεάζει την οδηγική συμπεριφορά**, καθώς εμφανίζεται να σχετίζεται στατιστικά σημαντικά με βασικούς δείκτες οδηγικής συμπεριφοράς, όπως η πλευρική τοποθέτηση στη λωρίδα, ο χρόνος αντίδρασης και (οριακά) η μέση ταχύτητα οδήγησης.
2. Παρά το ότι η μεταβλητή που αποτυπώνει την ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων (**Distractor**) εισέρχεται στα τελικά μοντέλα, **η σχετική επιρροή της είναι γενικά μικρότερη σε σχέση με άλλες μεταβλητές** (π.χ. ηλικία, μέση ταχύτητα, χρήση φρένου, συνθήκες κυκλοφορίας ή δείκτες αντίληψης επικινδυνότητας), κάτι που υποδηλώνει ότι ο παράγοντας “διαφημιστικές πινακίδες” δρα περισσότερο ως πρόσθετος επιβαρυντικός παράγοντας, και λιγότερο ως ο κυρίαρχος διαμορφωτής της συμπεριφοράς.
3. **Πλευρική απόσταση από τη δεξιά οριογραμμή**: Η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων συνδέεται με **αύξηση της πλευρικής απόστασης**, δηλαδή οι οδηγοί τείνουν να κινούνται πιο μακριά από τη δεξιά οριογραμμή όταν υπάρχει παράγοντας απόσπασης. Παράλληλα, η **ηλικία** και η **μέση ταχύτητα** αποτελούν τους ισχυρότερους παράγοντες (μεγαλύτερη σχετική επιρροή), ενώ η εμπλοκή σε ατύχημα και η υποκειμενική αντίληψη αλλαγής συμπεριφοράς λόγω πινακίδων επηρεάζουν επίσης σημαντικά το μέγεθος.
4. **Χρόνος αντίδρασης σε απρόσμενο συμβάν**: Η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων οδηγεί σε **αύξηση του χρόνου αντίδρασης**, κάτι που είναι συμβατό με τη θεωρία της απόσπασης προσοχής και του αυξημένου γνωστικού φόρτου. Παράλληλα, μεταβλητές που σχετίζονται με την έκθεση/συμπεριφορά (όπως εβδομαδιαία διανυόμενη απόσταση, αντίληψη επικινδυνότητας, μέση απόσταση από προπορευόμενο και ποσοστό φρεναρίσματος) παρουσιάζουν ισχυρότερη συνολικά επίδραση, γεγονός που υποδηλώνει ότι ο χρόνος αντίδρασης είναι πολυπαραγοντικό μέγεθος και επηρεάζεται έντονα από τον τρόπο οδήγησης.
5. **Μέση ταχύτητα οδήγησης**: Η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων εμφανίζεται να σχετίζεται με **μείωση της μέσης ταχύτητας** (οριακά στατιστικά σημαντικό), γεγονός που μπορεί να ερμηνευτεί ως αντισταθμιστική συμπεριφορά σε περιβάλλον με περισσότερα ερεθίσματα. Ωστόσο, μεγαλύτερο ρόλο στη διαμόρφωση της ταχύτητας φαίνεται να έχουν δημογραφικοί και συμπεριφορικοί παράγοντες (ηλικία, φύλο, κυκλοφοριακές συνθήκες, ποσοστό χρήσης φρένου, εμπλοκή σε ατύχημα, αντίληψη επικινδυνότητας των πινακίδων και θέση ως προς τον άξονα της οδού).
6. **Μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα**: Η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων συνδέεται με **αύξηση της μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα**, κάτι που μπορεί να ερμηνευτεί ως αύξηση του περιθωρίου ασφαλείας σε περιβάλλον απόσπασης προσοχής. Ωστόσο, η **ηλικία** και η **μέση ταχύτητα στο κιβώτιο ταχυτήτων** εμφανίζουν μεγαλύτερη σχετική επιρροή, δείχνοντας ότι η απόσταση από προπορευόμενο επηρεάζεται ισχυρά από χαρακτηριστικά οδηγού και δυναμικά χαρακτηριστικά της κίνησης.

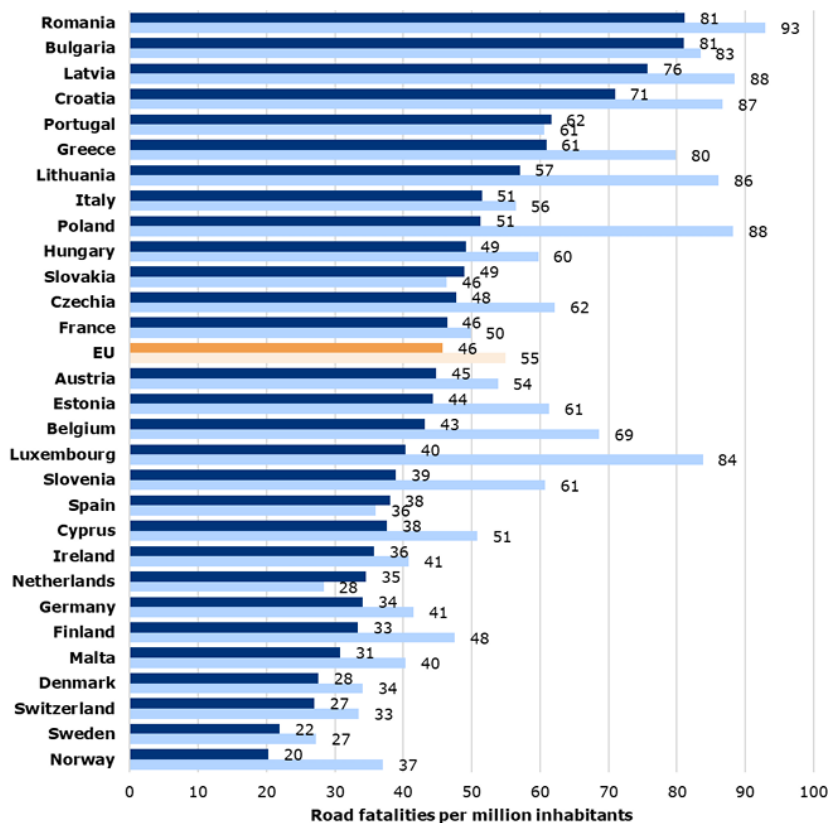
7. **Πιθανότητα ατυχήματος:** Η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων δεν προέκυψε να έχει καμία επιρροή στην πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα, ενδεχομένως διότι οι επιβαρυντικοί παράγοντες (χρονοαπόσταση από το προπορευόμενο όχημα, χρόνος αντίδρασης, πλευρική απόσταση) αντισταθμίζονται από τη μείωση της μέσης ταχύτητας.
8. Συνολικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι διαφημιστικές πινακίδες επηρεάζουν την οδηγική συμπεριφορά, όχι όμως απαραίτητα και την επικινδυνότητα της οδήγησης. Πάντως, η ισχύς της επιρροής των διαφημιστικών πινακίδων διαφοροποιείται ανά εξεταζόμενο δείκτη και είναι συχνά μικρότερη σε σχέση με μεταβλητές που σχετίζονται με την εμπειρία, την αντίληψη κινδύνου και το οδηγικό στυλ.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

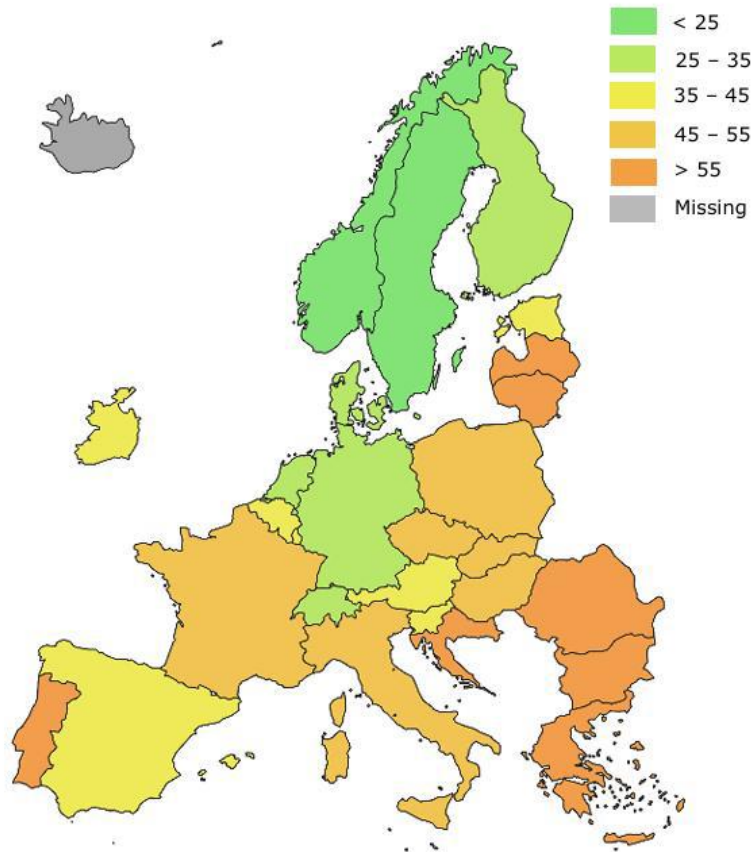
1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η **οδική ασφάλεια** αποτελεί έναν από τους πιο κρίσιμους τομείς έρευνας στο πεδίο των μεταφορών, καθώς τα τροχαία ατυχήματα προκαλούν σοβαρές κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις, αλλά και σημαντικό βάρος στη δημόσια υγεία. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, περισσότεροι από 1,19 εκατομμύρια άνθρωποι χάνουν τη ζωή τους ετησίως σε τροχαία δυστυχήματα, ενώ 20 έως 50 εκατομμύρια τραυματίζονται, πολλοί εκ των οποίων υφίστανται μόνιμες αναπηρίες. Τα τροχαία αποτελούν τη **12η κύρια αιτία θανάτου παγκοσμίως** και την 1η αιτία θανάτου στην ηλικιακή ομάδα 5–29 ετών, με το 90% των θανάτων να σημειώνεται σε χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος [WHO, 2023].

Στην **Ευρωπαϊκή Ένωση**, το 2023 σημειώθηκαν 20.400 θάνατοι από τροχαία ατυχήματα και 1.500.000 τραυματίες. Στην **Ελλάδα**, καταγράφηκαν 621 θάνατοι το 2023, με τον δείκτη θνησιμότητας να ανέρχεται σε 61 νεκρούς ανά εκατομμύριο κατοίκων, κατατάσσοντας τη χώρα στην 22η θέση μεταξύ των 27 κρατών-μελών της Ε.Ε. (Εικόνα 1.1, 1.2).



**Εικόνα 1.1:** Αριθμός θανάτων από τροχαία ανά εκατομμύριο κατοίκους ανά χώρα, το 2023 σε σύγκριση με το 2013 [Πηγή: ERSO, 2025].



**Εικόνα 1.2:** Χάρτης Ευρώπης με κατανομή των θανάτων από τροχαία το 2023 [Πηγή: ERSO, 2025].

Οι **κοινωνικοοικονομικές συνέπειες** των τροχαίων ατυχημάτων είναι ιδιαίτερα σημαντικές, καθώς το οικονομικό τους βάρος εκτιμάται ότι αντιστοιχεί στο 1–3% του ΑΕΠ κάθε χώρας [WHO, 2023].

Η διεθνής έρευνα έχει αναδείξει ένα ευρύ φάσμα παραγόντων που επηρεάζουν την οδική ασφάλεια, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται η ποιότητα και η κατάσταση του οδικού δικτύου, η τεχνική κατάσταση των οχημάτων και, πρωτίστως, η ανθρώπινη συμπεριφορά. Παράγοντες όπως η απόσπαση προσοχής και η υπερβολική ταχύτητα συνδέονται άμεσα με την πρόκληση τροχαίων συμβάντων.

Σύμφωνα με στοιχεία του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, η ποσοτική επεξεργασία δεδομένων δείχνει ότι ο **ανθρώπινος παράγοντας εμπλέκεται σε περίπου 95% των τροχαίων ατυχημάτων**, είτε ως κύρια αιτία είτε σε συνδυασμό με χαρακτηριστικά του οδικού περιβάλλοντος ή την κατάσταση του οχήματος.

Οι έρευνες που σχετίζονται με την οδική ασφάλεια πραγματοποιούνται μέσω ερωτηματολογίων, μετρήσεων σε πραγματικό περιβάλλον με τη βοήθεια καταγραφικού εξοπλισμού (π.χ. καμερών), με χρήση βάσεων δεδομένων ατυχημάτων, αλλά και με τη χρήση προσομοιωτών οδήγησης. Οι προσομοιωτές οδήγησης αποτελούν στις μέρες μας ένα σημαντικό εργαλείο

που έχει στη διάθεσή της η επιστήμη για να διερευνήσει τους παράγοντες που επηρεάζουν την οδική συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού.

Η **απόσπαση προσοχής και η μειωμένη συγκέντρωση** συνδέονται με περισσότερο από το 25% των καταγεγραμμένων τροχαίων ατυχημάτων (Stutts et al., 2005). Ιδιαίτερα οι νεαροί οδηγοί εμφανίζουν αυξημένη πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα σε σύγκριση με άλλες ηλικιακές ομάδες (Jonah et al., 2001), τόσο σε θανατηφόρα περιστατικά όσο και σε ατυχήματα με ελαφρούς τραυματισμούς. Η υψηλότερη συχνότητα εμπλοκής τους αποδίδεται σε περιορισμένη οδηγική εμπειρία, μεγαλύτερη τάση για ριψοκίνδυνη συμπεριφορά και αυξημένη ευαισθησία σε περισπασμούς.

Στο πλαίσιο αυτό, οι **διαφημιστικές πινακίδες** αποτελούν έναν επιμέρους αλλά σημαντικό παράγοντα απόσπασης της προσοχής. Ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά την οδική ασφάλεια, ιδίως όταν δεν λαμβάνονται επαρκώς υπόψη τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού και η χωροθέτησή τους. Τα ερευνητικά ευρήματα διαφοροποιούνται ανάλογα με τη μεθοδολογία που εφαρμόζεται, ωστόσο συγκλίνουν στο ότι η επίδρασή τους εξαρτάται από το είδος, το ύψος, το περιεχόμενο, τη θέση τοποθέτησης και τα γενικότερα χαρακτηριστικά τους (Chattington et al., 2009), γεγονός που καθιστά αναγκαία την κατά περίπτωση αξιολόγηση.

Ορισμένες μελέτες έχουν διαπιστώσει **αυξημένη πιθανότητα ατυχήματος** όταν οι πινακίδες είναι τοποθετημένες σε σημεία όπου γίνονται ορατές κατά την έξοδο από καμπύλη (Crundall et al., 2006). Επιπλέον, πινακίδες που μοιάζουν με τη ρυθμιστική ή πληροφοριακή σήμανση της οδού ενδέχεται να προκαλέσουν σύγχυση (SWOV, 2009). Έχει επίσης παρατηρηθεί ότι σε διασταυρώσεις με παρουσία διαφημιστικών πινακίδων οι οδηγοί τείνουν να κινούνται με μειωμένη προσοχή (Bendak et al., 2009).

Οι περισσότερες έρευνες συμφωνούν ότι οι διαφημιστικές πινακίδες προσελκύουν το βλέμμα της πλειονότητας των οδηγών, συχνά για αξιοσημείωτο ποσοστό του χρόνου οδήγησης (Wallace, 2003, Regan et al., 2005). Σε διαδρομές όπου υπάρχουν πινακίδες παρατηρείται **αυξημένη οφθαλμική δραστηριότητα** (Lee et al., 2007) και μεγαλύτερος χρόνος εκτός της λωρίδας κυκλοφορίας (Young, 2007· Bendak et al., 2009). Ιδιαίτερα οι πινακίδες με δυναμικά στοιχεία (κίνηση, εναλλασσόμενο ή αναδυόμενο κείμενο) συγκεντρώνουν περισσότερες και μεγαλύτερης διάρκειας ματιές σε σχέση με τις στατικές (Beijer, 2004). Παρά ταύτα, σύμφωνα με τους Lee et al. (2007), ο μέσος χρόνος παρατήρησης ακόμη και των ηλεκτρονικών πινακίδων είναι μικρότερος του 1 δευτερολέπτου, χρονικό διάστημα που θεωρείται γενικά αποδεκτό ως προς την ασφάλεια.

Συνολικά, η υφιστάμενη βιβλιογραφία καταδεικνύει ότι η αποτίμηση της επίδρασης των διαφημιστικών πινακίδων στην οδική ασφάλεια **παραμένει σύνθετη και δεν οδηγεί σε απολύτως σαφή συμπεράσματα**. Η συχνότητα ατυχημάτων χρησιμοποιείται συχνά ως δείκτης επιπέδου ασφάλειας, ωστόσο οι μεταβολές της είναι συνήθως μικρές και δύσκολα αποδίδονται με βεβαιότητα σε έναν και μόνο παράγοντα.

## 1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως, στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση της επίδρασης των διαφημιστικών πινακίδων στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια των οδηγών στο υπεραστικό οδικό δίκτυο με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης.**

Συγκεκριμένα θα **εξεταστούν** ο βαθμός στον οποίο η ύπαρξη των διαφημιστικών πινακίδων και μόνο, διατηρώντας τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του οδικού περιβάλλοντος σταθερά (οδήγηση υπό ευμενείς καιρικές συνθήκες, υπεραστικό οδικό δίκτυο) αλλά σε συνάρτηση με ορισμένα χαρακτηριστικά του οδηγού (π.χ. ετησίως διανυόμενα χιλιόμετρα, ηλικία, φύλο κλπ.) και του τρόπου οδήγησής του (π.χ. μέσος αριθμός στροφών κινητήρα) συμβάλλουν στη μεταβολή της πλευρικής απόστασης του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή, της ταχύτητας της διαδρομής, της μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, του μέσου χρόνου αντίδρασης καθώς και της συνεπαγόμενης πιθανότητας εμπλοκής σε ατύχημα.

Προκειμένου να γίνει ποσοτικοποίηση αυτών των επιρροών, απαιτείται η **εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων ανάλυσης** των δεδομένων. Επομένως, επιμέρους στόχο της Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου, που θα αποτυπώνει επαρκώς τη σχέση μεταξύ εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών που θα συλλεγούν μέσω της πειραματικής διαδικασίας σε προσομοιωτή οδήγησης.

**Τα μοντέλα που θα αναπτυχθούν**, μέσα από τη διαδικασία της ανάλυσης, θα περιγράφουν τη μεταβολή της πλευρικής απόστασης του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή, της ταχύτητας οδήγησης, της μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, του μέσου χρόνου αντίδρασης καθώς και της πιθανότητας να συμβεί ένα ατύχημα ως συνέπεια της ύπαρξης διαφημιστικών πινακίδων παραπλεύρως της οδού.

**Εκτιμάται** ότι, τα αποτελέσματα που θα προκύψουν με το τέλος της Διπλωματικής Εργασίας, θα επιτρέψουν την κατανόηση του βαθμού και του τρόπου με τον οποίο η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων παραπλεύρως της υπεραστικής οδού, σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά του οδηγού, επηρεάζουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά της οδηγικής συμπεριφοράς τους και την πιθανότητα εμπλοκής του οδηγού σε οδικό ατύχημα.

## 1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο υποκεφάλαιο αυτό περιγράφεται συνοπτικά η μέθοδος που ακολουθήθηκε για την επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας.

Αρχικά, καθορίστηκε το αντικείμενο που θα εξέταζε η παρούσα Διπλωματική Εργασία καθώς και ο επιδιωκόμενος στόχος. Για την υλοποίηση του στόχου πραγματοποιήθηκε ευρεία **βιβλιογραφική ανασκόπηση**. Αναζητήθηκαν, δηλαδή, έρευνες με θέμα συναφές με εκείνο της Διπλωματικής Εργασίας, τόσο

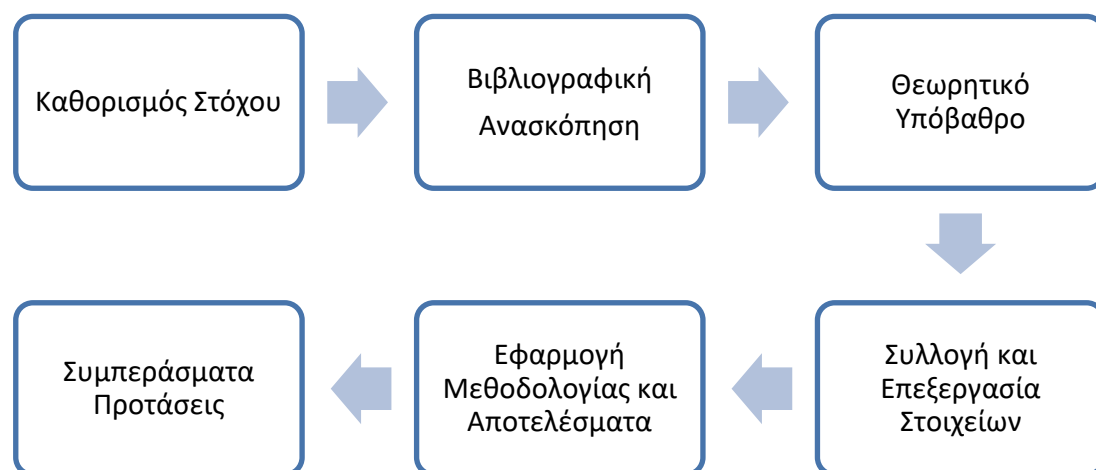
σε ελληνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Οι έρευνες αυτές θα φαίνονταν χρήσιμες τόσο στην επιλογή μεθόδου συλλογής στοιχείων, όσο και στην επιλογή μεθόδου ανάλυσης αυτών.

Μετά την ολοκλήρωση της αναζήτησης βιβλιογραφικών αναφορών, σειρά είχε η εύρεση του τρόπου **συλλογής των στοιχείων**. Στο στάδιο αυτό αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί πείραμα στον προσομοιωτή που διέθετε το εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Ο συνδυασμός της μεθόδου των ερωτηματολογίων και της συλλογής στοιχείων μέσω του λειτουργικού συστήματος του προσομοιωτή, αποτέλεσε την πηγή προέλευσης των στοιχείων.

Στη συνέχεια, τα στοιχεία καταχωρήθηκαν σε ηλεκτρονική βάση δεδομένων, η οποία βελτιώθηκε σταδιακά, έως ότου αποκτήσει την τελική της μορφή. Ακολούθησε η **επιλογή της μεθόδου** στατιστικής επεξεργασίας των στοιχείων και η εισαγωγή της βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό προγραμματισμού (R Studio ).

Την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου διαδέχτηκε η ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων και η **παρουσίαση των αποτελεσμάτων**, στο πλαίσιο της οποίας πραγματοποιήθηκε περιγραφή της επιρροής της ύπαρξης διαφημιστικών πινακίδων παραπλεύρως της οδού στην ταχύτητα διαδρομής, στο μέσο χρόνο αντίδρασης, στη μέση ταχύτητα, την απόσταση από προπορευόμενο όχημα και στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα. Τέλος, προέκυψαν τα συμπεράσματα για τα συνολικά ερωτήματα της έρευνας.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται υπό μορφή διαγράμματος ροής, τα διαδοχικά στάδια που ακολουθήθηκαν κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας (Διάγραμμα 1.4).



**Διάγραμμα 1.1:** Βήματα μεθοδολογίας διπλωματικής εργασίας.

#### 1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η δομή της διπλωματικής εργασίας, μέσω της συνοπτικής αναφοράς στο περιεχόμενο των κεφαλαίων της.

Το **πρώτο κεφάλαιο** είναι **εισαγωγικό** και αποτελεί τη βάση για την κατανόηση του αντικειμένου της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Αρχικά αναφέρονται κάποια γενικά στατιστικά στοιχεία σχετικά με το θέμα της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα αλλά και διεθνώς. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται μια γενική ανασκόπηση σχετικά με τη διάσπαση της προσοχής του οδηγού και αναφέρονται κάποια σημαντικά συμπεράσματα που έχουν προκύψει διεθνώς από τη διερεύνηση της επιρροής των διαφημιστικών πινακίδων στην οδική συμπεριφορά και στην ασφάλεια του οδηγού. Επίσης, αναφέρονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα χρήσης των προσομοιωτών οδήγησης σε πειραματικές διαδικασίες που αφορούν την οδική ασφάλεια. Εν συνεχεία, καταγράφεται με μεγαλύτερη σαφήνεια ο στόχος που πρόκειται να επιτευχθεί μέσα από την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Τέλος, περιγράφεται συνοπτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την αντιμετώπιση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο**, της **βιβλιογραφικής ανασκόπησης**, παρουσιάζονται μεθοδολογίες και αποτελέσματα ερευνών με αντικείμενο συναφές με εκείνο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Περιγράφεται περιληπτικά ένα πλήθος ερευνών που εντοπίστηκαν και που έχουν πραγματοποιηθεί είτε με τη χρήση προσομοιωτή είτε σε πειράματα υπό πραγματικές συνθήκες. Στο τέλος του κεφαλαίου συνοψίζονται οι μεθοδολογίες όλων των ερευνών που εξετάστηκαν, καταγράφονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματά τους και γίνεται μια συνολική συγκριτική αξιολόγησή τους.

Στο  **τρίτο κεφάλαιο** , που αφορά στο **θεωρητικό υπόβαθρο**, αναλύεται η επιλεγείσα μέθοδος και περιγράφεται η οικογένεια στην οποία ανήκει. Αρχικά, περιγράφονται βασικές μαθηματικές και στατιστικές έννοιες και στη συνέχεια αναλύονται οι προϋποθέσεις εφαρμογής και τα επιμέρους στοιχεία της γραμμικής και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης καθώς και της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης. Ακολούθως, παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης μοντέλου και οι απαραίτητοι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους υποβάλλονται.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** γίνεται παρουσίαση των διαδικασιών της **συλλογής και επεξεργασίας** των στοιχείων, στα οποία στηρίχθηκε η Διπλωματική Εργασία. Αρχικά, περιγράφεται ο σχεδιασμός και η εφαρμογή της πειραματικής διαδικασίας και δίνεται μια σύντομη περιγραφή του προσομοιωτή οδήγησης. Στη συνέχεια, περιγράφεται η διαδικασία διαμόρφωσης της βάσης δεδομένων έως την απόκτηση της τελικής μορφής της. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον τρόπο εισαγωγής της βάσης δεδομένων στο ειδικό στατιστικό λογισμικό. Τέλος παρατίθενται και κάποια περιγραφικά στατιστικά από την βάση δεδομένων.

Το **πέμπτο κεφάλαιο** είναι ένα από τα σημαντικότερα της Διπλωματικής Εργασίας, καθώς περιλαμβάνει την αναλυτική **περιγραφή της μεθόδου** που εφαρμόστηκε ως την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων. Αρχικά, περιγράφονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την εφαρμογή της μεθόδου και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης μαθηματικού μοντέλου. Παρουσιάζονται, δηλαδή, τα δεδομένα εισόδου και εξόδου με ιδιαίτερη έμφαση στους στατιστικούς ελέγχους αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Τα τελικά

αποτελέσματα συνοδεύονται από τις αντίστοιχες μαθηματικές σχέσεις που τα περιγράφουν και από την ανάλυση ευαισθησίας, για την καλύτερη κατανόησή τους.

Το **έκτο κεφάλαιο** αποτελεί το τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Σε αυτό περιλαμβάνονται τα **συνολικά συμπεράσματα** που προέκυψαν ύστερα από τη ερμηνεία των μαθηματικών μοντέλων, τα οποία αποτελούν μία σύνθεση αρκετών ποσοτικοποιημένων στοιχείων σε συνδυασμό με τα επιμέρους αποτελέσματα του προηγούμενου κεφαλαίου. Επιπρόσθετα, καταγράφονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας είτε με άλλες μεθόδους είτε με εξέταση πρόσθετων παραμέτρων και μεταβλητών.

Στο **κεφάλαιο 7** παρατίθεται ο κατάλογος των **βιβλιογραφικών αναφορών**. Ο κατάλογος αυτός περιλαμβάνει αναφορές, που αφορούν τόσο σε έρευνες που παρουσιάστηκαν στα κεφάλαια της εισαγωγής και της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, όσο και σε στατιστικές έννοιες και μεθόδους, που αναλύθηκαν στο θεωρητικό υπόβαθρο.

## 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

### 2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το κεφάλαιο αυτό αφορά στη **βιβλιογραφική ανασκόπηση** και περιλαμβάνει έρευνες στον τομέα της οδικής ασφάλειας, το αντικείμενο και η μεθοδολογία των οποίων παρουσιάζει συνάφεια με το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται έρευνες που αναφέρονται στην επιρροή των διαφημιστικών πινακίδων στην κυκλοφορία και την οδική ασφάλεια. Για κάθε επιστημονική εργασία παρουσιάζεται σύντομη σύνοψη, με έμφαση στη μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε και τα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν. Μέσω της ανασκόπησης των μεθοδολογιών των ερευνών αυτών, επιχειρήθηκε ο προσδιορισμός μια κατάλληλης μεθόδου για την αντιμετώπιση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας.

### 2.2 ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

Στην ενότητα αυτή συνοψίζονται τα κύρια ευρήματα ερευνών που εξετάζουν πώς οι διαφημιστικές πινακίδες επηρεάζουν την οδηγική συμπεριφορά και, κατ' επέκταση, την οδική ασφάλεια μέσω της απόσπασης προσοχής. Οι μελέτες βασίζονται είτε σε πραγματικές συνθήκες είτε σε προσομοιωτές οδήγησης και αξιολογούν μεταβολές σε δείκτες κυκλοφορίας και ασφάλειας.

#### 2.2.1 Διερεύνηση απόσπασης προσοχής: συμβατικές και πινακίδες προβολής βίντεο

Οι Chattington et al. (2009) διερεύνησαν την απόσπαση προσοχής που προκαλούν οι διαφημιστικές πινακίδες σε αστικό περιβάλλον, μέσω πειράματος σε προσομοιωτή οδήγησης στο Λονδίνο. Οι πινακίδες στον αστικό χώρο αποτελούν ένα συχνό στοιχείο του οδικού περιβάλλοντος και έχουν ως στόχο να προσελκύουν την προσοχή. Ωστόσο, ακριβώς λόγω αυτού του χαρακτηριστικού, μπορούν να λειτουργήσουν ως εξωτερικός περισπασμός για τον οδηγό, αυξάνοντας δυνητικά τον κίνδυνο ατυχήματος.

Στη συγκεκριμένη μελέτη εξετάστηκαν τρεις παράγοντες: (α) το είδος της πινακίδας (συμβατική ή προβολής βίντεο), (β) η θέση της ως προς την οδό, και (γ) ο χρόνος έκθεσης, δηλαδή η διάρκεια για την οποία είναι ορατή από τον οδηγό. Πέρα από τα δεδομένα οδήγησης που καταγράφηκαν από τον προσομοιωτή (π.χ. αλλαγές σε χειρισμούς και αντιδράσεις), χρησιμοποιήθηκε και σύστημα καταγραφής κίνησης των ματιών για να μετρηθεί η οπτική διάσπαση προσοχής. Παράλληλα, επιδιώχθηκε το δείγμα να καλύπτει ευρύ φάσμα οδηγών, ώστε να προσεγγίζει καλύτερα τα χαρακτηριστικά του οδηγικού πληθυσμού της πόλης.

Συνολικά συμμετείχαν 34 άτομα (16 γυναίκες και 18 άνδρες), στους οποίους παρουσιάστηκαν 14 συμβατικές και 14 πινακίδες προβολής βίντεο. Κάθε συμμετέχων οδήγησε τέσσερις διαδρομές (δύο διαδρομές προς δύο κατευθύνσεις), χωρίς να γνωρίζει τον πραγματικό σκοπό του πειράματος μέχρι το τέλος. Οι διαδρομές είχαν μήκος περίπου 13 km, με ταχύτητα γύρω στα 30 km/h, και στόχευαν να προσομοιώσουν συνθήκες κέντρου Λονδίνου (π.χ.

φωτεινή σηματοδότηση, λεωφορειολωρίδες). Οι διαφημίσεις τοποθετήθηκαν σε κτίρια στα πλάγια της οδού αλλά και σε κατασκευές πάνω από τον δρόμο. Στην αντίστροφη κατεύθυνση οι πινακίδες δεν ήταν ορατές, ώστε να είναι δυνατή η άμεση σύγκριση «με» και «χωρίς» έκθεση σε διαφημιστικά ερεθίσματα (Εικόνα 2.1).

Οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν ερωτηματολόγια μετά από κάθε διαδρομή και ένα τελικό ερωτηματολόγιο στο τέλος, σχετικά με την παρατηρητικότητα τους, την αντιλαμβανόμενη κόπωση, τον βαθμό απόσπασης προσοχής και την εκτίμησή τους για πιθανές επιπτώσεις στην ασφάλεια. Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι πινακίδες προβολής βίντεο προσέλκυαν συχνότερα και για μεγαλύτερη διάρκεια το βλέμμα των οδηγών. Παράλληλα, συνδέθηκαν με πιο έντονες μεταβολές στη θέση των οχημάτων εντός της λωρίδας, με πιο απότομη χρήση φρένου κατά την προσέγγιση, και με χαμηλότερη ταχύτητα κατά τη διέλευση.

Τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων ήταν σε συμφωνία με τα πειραματικά δεδομένα, καθώς οι οδηγοί ανέφεραν ότι οι βίντεο-πινακίδες έκαναν την οδήγηση πιο «κουραστική» και απαιτητική. Συνολικά, η μελέτη κατέληξε ότι τα δυναμικά διαφημιστικά μέσα τείνουν να επηρεάζουν εντονότερα τη συμπεριφορά σε σχέση με τις στατικές πινακίδες, παρέχοντας μία από τις πιο αναλυτικές μέχρι τότε εικόνες για τις επιπτώσεις τους.



*Εικόνα 2.1: Παράδειγμα από το περιβάλλον του προσομοιωτή οδήγησης που περιέχει διαφημιστική πινακίδα προβολής βίντεο*

### **2.2.2 Ο ρόλος των πινακίδων παραπλεύρωσ της οδού στην απόσπαση προσοχής**

Οι Bendak και Al-Sale (2009) προσέγγισαν επίσης το ζήτημα με χρήση προσομοιωτή οδήγησης, θεωρώντας ότι η οδήγηση γίνεται ολοένα πιο σύνθετη λόγω της αύξησης των εσωτερικών και εξωτερικών πηγών απόσπασης. Στο πλαίσιο αυτό, οι πινακίδες παραπλεύρωσ της οδού αναγνωρίζονται ως ένας από τους πιο χαρακτηριστικούς εξωτερικούς περισπασμούς. Σκοπός της μελέτης ήταν να αξιολογήσει τις επιπτώσεις τους τόσο μέσα από αντικειμενικά

δεδομένα οδήγησης όσο και μέσα από τις αντιλήψεις των οδηγών, όπως αποτυπώνονται σε ερωτηματολόγια.

Χρησιμοποιήθηκε προσομοιωτής με ρεαλιστικά χειριστήρια και δυνατότητα δημιουργίας διαφορετικών σεναρίων και επικίνδυνων συμβάντων. Καταγράφονταν δείκτες συμπεριφοράς όπως αποκλίσεις από τη λωρίδα, εσφαλμένες ενέργειες σε διασταυρώσεις, μη τήρηση αποστάσεων ασφαλείας και άλλα σφάλματα χειρισμού. Στο πείραμα συμμετείχαν 12 άνδρες οδηγοί, ηλικίας 23–28 ετών, με τουλάχιστον πέντε χρόνια εμπειρίας και καθημερινή οδήγηση. Επιλέχθηκαν δύο ίδιες διαδρομές μήκους 9,3 km, εκ των οποίων η μία περιλάμβανε πινακίδες και η άλλη όχι, υπό καλές συνθήκες ημέρας.

Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε ξεχωριστή έρευνα ερωτηματολογίων με 1248 οδηγούς, με ερωτήσεις σχετικά με την προσοχή στις πινακίδες, το αν αυτές αποσπούν την προσοχή και αν δημιουργούν αίσθηση κινδύνου. Τα αποτελέσματα από τον προσομοιωτή έδειξαν ότι η μέση διάρκεια διαδρομής (και συνεπώς η μέση ταχύτητα) δεν άλλαξε ουσιαστικά μεταξύ των δύο σεναρίων και δεν σημειώθηκε ατύχημα. Ωστόσο, καταγράφηκαν διαφοροποιήσεις σε επιμέρους συμπεριφορές: στις διαδρομές με πινακίδες οι οδηγοί παρουσίαζαν συχνότερες αποκλίσεις από τη λωρίδα και τάση να διασχίζουν διασταυρώσεις με μειωμένη προσοχή. Η ερμηνεία που δίνεται είναι ότι η απόσπαση προσοχής αυξάνει τον χρόνο αντίδρασης σε πιθανές επικίνδυνες καταστάσεις και μειώνει τη δυνατότητα σταθερής παρακολούθησης κρίσιμων στοιχείων του οδοστρώματος (π.χ. διαγραμμίσεις).

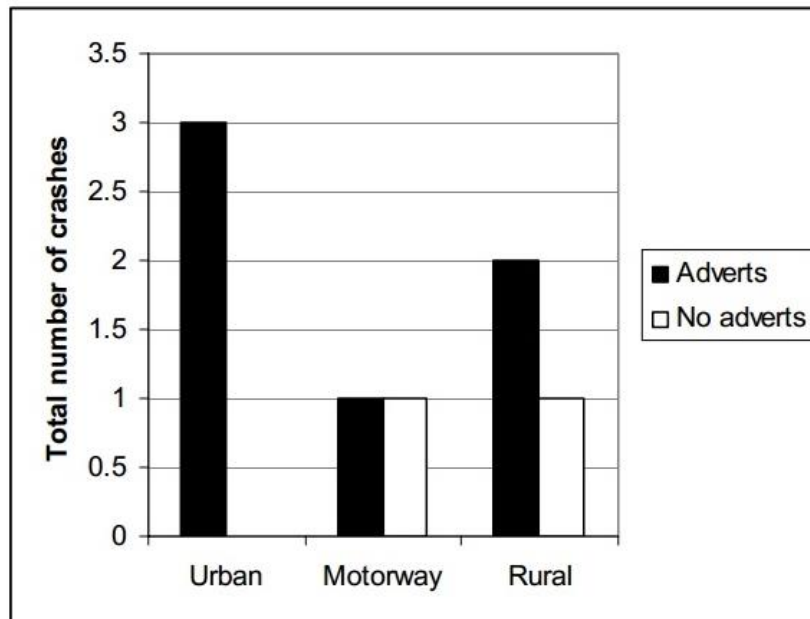
### **2.2.3 Προσδιορίζοντας τις επιπτώσεις των διαφημιστικών πινακίδων στην προσοχή και την απόδοση**

Η αυξανόμενη ανησυχία ότι οι διαφημιστικές πινακίδες ενδέχεται να αποτελούν ουσιαστικό παράγοντα κινδύνου για την οδική ασφάλεια οδήγησε τον Young (2007) στη διερεύνηση των επιδράσεών τους μέσω προσομοιωτή οδήγησης. Με βάση εκτιμήσεις που αποδίδουν έως και 10% των ατυχημάτων σε εξωτερικά ερεθίσματα απόσπασης προσοχής, η μελέτη στόχευσε να αξιολογήσει την επίδραση των πινακίδων στην προσοχή, τον ψυχικό φόρτο και την οδηγική απόδοση.

Συμμετείχαν 48 οδηγοί (29 άνδρες και 19 γυναίκες), με μέση ηλικία 32,5 έτη και σημαντική οδηγική εμπειρία. Οι συμμετέχοντες οδήγησαν σε τρία διαφορετικά περιβάλλοντα – αστικό, υπεραστικό και αυτοκινητόδρομο – τόσο με όσο και χωρίς την παρουσία διαφημιστικών πινακίδων. Καταγράφηκαν δείκτες όπως ο χρόνος αντίδρασης (Time to Collision – TTC), οι αποκλίσεις από τη λωρίδα, ο αριθμός ατυχημάτων και η ικανότητα ανάκλησης πρόσφατων οδικών σημάτων ή διαφημίσεων. Παράλληλα, έγινε χρήση συσκευής καταγραφής κινήσεων ματιών για την αξιολόγηση της οπτικής προσοχής.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η παρουσία πινακίδων συνδέθηκε με αυξημένη οφθαλμική δραστηριότητα, μεγαλύτερο χρόνο εκτός λωρίδας και μικρή αύξηση στον αριθμό ατυχημάτων (Διάγραμμα 2.1). Τα ευρήματα αυτά διαφοροποιούνται από προηγούμενες μελέτες που δεν εντόπισαν σαφή συσχέτιση, ωστόσο επισημαίνεται ότι η χρήση προσομοιωτή ενδέχεται να

επηρεάζει τη ρεαλιστικότητα της συμπεριφοράς, καθώς οι συμμετέχοντες γνωρίζουν ότι βρίσκονται σε ελεγχόμενο περιβάλλον.



**Διάγραμμα 2.1:** Παράδειγμα από το περιβάλλον του προσομοιωτή οδήγησης που περιέχει διαφημιστική πινακίδα προβολής βίντεο

#### 2.2.4 Προσέλκυση και απόσπαση προσοχής ανάλογα με τη θέση τοποθέτησης

Οι Crundall, Van Loon και Underwood (2006) διερεύνησαν την επίδραση της θέσης των πινακίδων, συγκρίνοντας διαφημίσεις τοποθετημένες στο επίπεδο του οδοστρώματος με ανυψωμένες πινακίδες. Το πείραμα βασίστηκε σε προβολή βιντεοσκοπημένων διαδρομών και σε καταγραφή κινήσεων ματιών.

Συμμετείχαν 32 οδηγοί με σημαντική εμπειρία οδήγησης. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: η πρώτη επικεντρωνόταν στον εντοπισμό επικίνδυνων περιστατικών και η δεύτερη στην αναγνώριση διαφημιστικών πινακίδων. Μετά από κάθε διαδρομή αξιολογούσαν την επικινδυνότητα, ενώ υποβλήθηκαν και σε δοκιμασία μνήμης για τις διαφημίσεις που είχαν δει.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι πινακίδες στο επίπεδο της οδού προκαλούσαν μεγαλύτερη απόσπαση προσοχής, ιδιαίτερα όταν οι οδηγοί είχαν ως κύριο στόχο τον εντοπισμό κινδύνων. Παρά το γεγονός ότι αφιέρωναν περισσότερο χρόνο παρατήρησης σε αυτές, εμφάνισαν χαμηλότερη επίδοση στη μνημονική ανάκληση. Το συμπέρασμα ήταν ότι οι χαμηλά τοποθετημένες πινακίδες παρεμβαίνουν εντονότερα στη διαδικασία επεξεργασίας κρίσιμων πληροφοριών οδήγησης.

#### 2.2.5 Εντός οχήματος παράγοντες, πολυπλοκότητα περιβάλλοντος και ηλικία

Η έρευνα των Horberry et al. (2005) εστίασε στη συνδυασμένη επίδραση εσωτερικών και εξωτερικών παραγόντων απόσπασης προσοχής, λαμβάνοντας υπόψη και την ηλικία των οδηγών. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε

προσομοιωτή του Monash University και συμμετείχαν 31 οδηγοί διαφορετικών ηλικιακών ομάδων (νεότεροι, μέσης ηλικίας και ηλικιωμένοι).

Μελετήθηκαν δύο βασικοί εσωτερικοί περισπασμοί: η χρήση κινητού τηλεφώνου hands-free και η εκτέλεση χειρισμών στο σύστημα ψυχαγωγίας/πληροφόρησης. Ταυτόχρονα, δημιουργήθηκαν δύο τύποι περιβάλλοντος: απλό και σύνθετο, με το σύνθετο να περιλαμβάνει αυξημένα οπτικά ερεθίσματα όπως διαφημιστικές πινακίδες, κτίρια και αντίθετη ροή οχημάτων.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι οδηγοί μείωναν την ταχύτητά τους όταν αντιλαμβάνονταν αυξημένες απαιτήσεις, πιθανώς ως μηχανισμό αντιστάθμισης του ψυχικού φόρτου. Οι μεγαλύτερης ηλικίας οδηγοί παρουσίασαν πιο προσεκτική συμπεριφορά στο σύνθετο περιβάλλον. Ωστόσο, τα ερωτηματολόγια έδειξαν ότι οι συμμετέχοντες δεν αναγνώριζαν πάντα τον επιπλέον γνωστικό φόρτο που υφίσταντο.

### 2.3 ΣΥΝΟΨΗ

Από τη σύνθεση των σημαντικότερων ερευνών σχετικά με την επίδραση των διαφημιστικών πινακίδων στην οδηγική συμπεριφορά και την οδική ασφάλεια προκύπτουν τα ακόλουθα βασικά συμπεράσματα:

- **Οι διαφημιστικές πινακίδες επιφέρουν μετρήσιμες μεταβολές στην οδηγική συμπεριφορά.**
- Παρότι τα αριθμητικά αποτελέσματα διαφοροποιούνται μεταξύ μελετών, καταγράφεται σταθερή τάση αλλαγής σε κρίσιμες παραμέτρους οδήγησης.
- **Οι δυναμικές ή προβολής βίντεο πινακίδες προκαλούν εντονότερη απόσπαση προσοχής** σε σύγκριση με τις συμβατικές στατικές πινακίδες, καθώς προσελκύουν συχνότερα και για μεγαλύτερη διάρκεια το βλέμμα των οδηγών.
- **Συχνότερη παρατηρούμενη μεταβολή είναι η αστάθεια στη θέση εντός λωρίδας.** Συγκεκριμένα:
  - Αυξάνεται ο χρόνος παραμονής εκτός λωρίδας.
  - Παρατηρούνται εντονότερες πλευρικές αποκλίσεις.
  - Η αδυναμία διατήρησης σταθερής πορείας συνδέεται με αυξημένη οφθαλμική δραστηριότητα.
- **Καταγράφονται μεταβολές στην ταχύτητα οδήγησης.**
  - Συχνά παρατηρείται μείωση ταχύτητας, πιθανώς ως αντισταθμιστικός μηχανισμός λόγω αυξημένου γνωστικού φόρτου.
  - Η μείωση είναι εντονότερη όταν οι πινακίδες είναι δυναμικές ή ιδιαίτερα εντυπωσιακές.

- **Παρατηρούνται ενδείξεις καθυστερημένης αντίδρασης.**
  - Πιο απότομη χρήση φρένου κατά την προσέγγιση πινακίδων.
  - Λιγότερο προσεκτική διέλευση διασταυρώσεων.
  - Αύξηση του χρόνου αντίδρασης σε επικίνδυνες καταστάσεις.
  
- **Η θέση τοποθέτησης επηρεάζει το επίπεδο απόσπασης.**  
Πινακίδες στο επίπεδο του οδοστρώματος φαίνεται να αποσπούν περισσότερο την προσοχή σε σχέση με ανυψωμένες κατασκευές.
  
- **Η άμεση συσχέτιση με την πιθανότητα ατυχήματος παραμένει μη σαφής.**  
Αν και καταγράφονται συμπεριφορικές μεταβολές που δυνητικά αυξάνουν τον κίνδυνο, τα εμπειρικά δεδομένα δεν οδηγούν ακόμη σε οριστικό συμπέρασμα για σταθερή και καθολική αύξηση της συχνότητας ατυχημάτων.

### 3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

#### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό, που αφορά στο θεωρητικό υπόβαθρο, παρουσιάζεται η θεωρία στην οποία βασίζεται η στατιστική ανάλυση της Διπλωματικής Εργασίας. Η μέθοδος που αρχικά επιλέχθηκε για την ανάλυση των στοιχείων ήταν η γραμμική παλινδρόμηση (linear regression). Ο κύριος λόγος στον οποίο στηρίχθηκε η επιλογή της μεθόδου αυτής συνίσταται στο ότι η εξαρτημένη μεταβλητή του προβλήματος (ταχύτητα διαδρομής) αφενός λαμβάνει συνεχείς τιμές και αφετέρου ακολουθεί κανονική κατανομή. Ένας πρόσθετος λόγος που οδήγησε στη χρήση της μεθόδου αυτής είναι ότι πρόκειται περί μίας απλής, ευρέως χρησιμοποιούμενης μεθόδου πρόβλεψης κάποιας μεταβλητής.

Στην πορεία αναζήτησης μιας καλύτερης συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών επιλέχθηκε η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση (lognormal regression). Σχετικά με το αν θα συμβεί τελικά κάποιο ατύχημα, επιλέχθηκε η μέθοδος της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης (binary logistic regression). Αυτό έγινε διότι η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή και λαμβάνει μόνο δύο τιμές. Στη συνέχεια του κεφαλαίου αυτού, και αφού γίνει αναφορά σε κάποιες βασικές στατιστικές έννοιες, αναλύονται τα επιμέρους θεωρητικά στοιχεία που αφορούν στη γραμμική και στη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση, στη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης, καθώς και στα κριτήρια αποδοχής ενός προτύπου. Τέλος, αναπτύσσονται κάποιες βασικές λειτουργίες του ειδικού στατιστικού λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε.

#### 3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

Ο όρος **πληθυσμός** (population) αναφέρεται στο σύνολο των παρατηρήσεων του χαρακτηριστικού που ενδιαφέρει τη στατιστική έρευνα. Πρόκειται για ένα σύνολο στοιχείων που είναι τελείως καθορισμένα. Ένας πληθυσμός μπορεί να είναι πραγματικός ή θεωρητικός.

Ο όρος **δείγμα** (sample) αναφέρεται σε ένα υποσύνολο του πληθυσμού. Οι περισσότερες στατιστικές έρευνες στηρίζονται σε δείγματα, αφού οι ιδιότητες του πληθυσμού είναι συνήθως αδύνατον να καταγραφούν. Όλα τα στοιχεία που ανήκουν στο δείγμα ανήκουν και στον πληθυσμό, χωρίς να ισχύει το αντίστροφο. Τα συμπεράσματα που θα προκύψουν από τη μελέτη του δείγματος θα ισχύουν με ικανοποιητική ακρίβεια για ολόκληρο τον πληθυσμό μόνο εάν το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού.

Με τον όρο **μεταβλητές** (variables) εννοούνται τα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν να μετρηθούν και να καταγραφούν σε ένα σύνολο ατόμων. Οι μεταβλητές διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

**(α) Ποιοτικές μεταβλητές** (qualitative variables). Είναι οι μεταβλητές των οποίων οι δυνατές τιμές είναι κατηγορίες διαφορετικές μεταξύ τους. Η χρήση αριθμών για την παράσταση των τιμών μιας τέτοιας μεταβλητής είναι καθαρά συμβολική και δεν έχει την έννοια της μέτρησης. Η οικογενειακή κατάσταση είναι μια τέτοια μεταβλητή.

**(β) Ποσοτικές μεταβλητές** (quantitative variables). Είναι οι μεταβλητές με τιμές αριθμούς, που όμως έχουν τη σημασία της μέτρησης. Η ηλικία και ο αριθμός παιδιών μιας οικογένειας συνιστούν τέτοιες μεταβλητές. Οι ποσοτικές μεταβλητές διακρίνονται με τη σειρά τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις **διακριτές (ή ασυνεχείς)** και τις **συνεχείς**.

Σε μια διακριτή μεταβλητή η μικρότερη μη μηδενική διαφορά που μπορούν να έχουν δύο τιμές της είναι σταθερή ποσότητα. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο αριθμός των μελών της οικογένειας. Αντίθετα, σε μία συνεχή μεταβλητή δύο τιμές θα μπορούσε να είναι χρόνια, μήνες, ημέρες, ώρες, λεπτά, δευτερόλεπτα. Στην πράξη, συνεχής θεωρείται μια μεταβλητή όταν μπορεί να πάρει όλες τις τιμές σε ένα διάστημα, διαφορετικά θεωρείται διακριτή.

**Μέτρα κεντρικής τάσης** (measures of central tendency): Σε περίπτωση ανάλυσης ενός δείγματος  $x_1, x_2, \dots, x_n$  η μέση τιμή υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = (1/n) \times \sum_{i=1}^n (x_i)$$

**Μέτρα διασποράς και μεταβλητότητας** (measures of variability): Στην περίπτωση όπου τα δεδομένα αποτελούν ένα δείγμα, η διακύμανση συμβολίζεται με  $s^2$  και διαιρείται με  $(n-1)$ :

$$s^2 = [1/(n-1)] \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Όπου  $\bar{x}$  ο δειγματικός μέσος, δηλαδή η μέση τιμή των παρατηρήσεων στο δείγμα.

Η μαθηματική σχέση που δίνει την **τυπική απόκλιση** του δείγματος είναι:

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)}$$

Για την περίπτωση συμμετρικά κατανομημένου δείγματος δεδομένων, σύμφωνα με έναν εμπειρικό κανόνα προκύπτει ότι το διάστημα:

- $(-s, +s)$  περιέχει περίπου το 68% των δεδομένων
- $(-2s, +2s)$  περιέχει περίπου το 95% των δεδομένων
- $(-3s, +3s)$  περιέχει περίπου το 99% των δεδομένων

**Συνδιακύμανση** (covariance of the two variables): Αποτελεί ένα μέτρο της σχέσης μεταξύ δύο περιοχών δεδομένων.

$$cov(X, Y) = [1/(n-1)] \times \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})]$$

**Μέτρα αξιοπιστίας:**

- **Επίπεδο εμπιστοσύνης:** η αναλογία των περιπτώσεων που μια εκτίμηση θα είναι σωστή.
- **Επίπεδο σημαντικότητας:** η αναλογία των περιπτώσεων που ένα συμπέρασμα είναι εσφαλμένο.

### 3.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ – ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ

Στη συνέχεια θεωρούνται δύο τυχαίες και συνεχείς μεταβλητές  $X, Y$ . Ο βαθμός της γραμμικής συσχέτισης των δύο αυτών μεταβλητών  $X$  και  $Y$  με διασπορά  $\sigma_x^2$  και  $\sigma_y^2$  αντίστοιχα και συνδιασπορά  $\sigma_{XY} = \text{cov}(X, Y)$  καθορίζεται με το

**συντελεστή συσχέτισης** (correlation coefficient)  $\rho$  ο οποίος ορίζεται ως:

$$\rho = (\sigma_{XY} / \sigma_X) \times (1 / \sigma_Y)$$

Ο συντελεστής συσχέτισης  $\rho$  εκφράζει το βαθμό και τον τρόπο που οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται. Δεν εξαρτάται από τη μονάδα μέτρησης των  $X$  και  $Y$  και παίρνει τιμές στο διάστημα  $[-1, 1]$ . Τιμές κοντά στο 1 δηλώνουν ισχυρή θετική συσχέτιση, τιμές κοντά στο -1 δηλώνουν ισχυρή αρνητική συσχέτιση και τιμές κοντά στο 0 δηλώνουν γραμμική ανεξαρτησία των  $X$  και  $Y$ .

Η εκτίμηση του συντελεστή συσχέτισης  $\rho$  γίνεται με την αντικατάσταση στην ανωτέρω εξίσωση της συνδιασποράς  $\sigma_{XY}$  και των διασπορών  $\sigma_X, \sigma_Y$  από όπου προκύπτει τελικά η έκφραση της εκτιμήτριας  $r$ :

$$r(X, Y) = \left[ \sum_{i=1}^v (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y}) \right] / \left[ \left( \sum_{i=1}^v (x_i - \bar{x})^2 \right)^{1/2} \times \left( \sum_{i=1}^v (y_i - \bar{y})^2 \right)^{1/2} \right]$$

### 3.4 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Όπως είναι γνωστό από τη θεωρία της στατιστικής, για τη μελέτη των διαφόρων στατιστικών μεγεθών πρέπει να είναι γνωστή η μορφή της κατανομής που ακολουθούν οι τιμές τους. Μια από τις πιο σημαντικές κατανομές πιθανότητας για συνεχείς μεταβλητές είναι η κανονική κατανομή ή κατανομή του Gauss. Η συνάρτηση πυκνότητας της κατανομής αυτής είναι:

$$F(x) = (1/\sigma \times \sqrt{2\pi}) \times e^{[-(x-\mu)^2/(2\sigma^2)]}$$

όπου  $\mu$  και  $\sigma$  είναι σταθερές ίσες με τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση, αντιστοίχως.

### 3.5 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

#### 3.5.1 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

Ο κλάδος της στατιστικής, ο οποίος εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη της μιας από τις υπόλοιπες, ονομάζεται **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis). Με τον όρο εξαρτημένη μεταβλητή εννοείται η μεταβλητή της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ με τον όρο ανεξάρτητη γίνεται αναφορά σε εκείνη τη μεταβλητή, η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν θεωρείται τυχαία, αλλά παίρνει καθορισμένες τιμές. Η εξαρτημένη μεταβλητή θεωρείται τυχαία και

«καθοδηγείται» από την ανεξάρτητη μεταβλητή. Προκειμένου να προσδιοριστεί αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή ή συνδυασμός ανεξαρτήτων μεταβλητών προκάλεσε τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων.

Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου αποτελεί μια στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην **ανάπτυξη εξισώσεων** που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης. Επισημαίνεται ότι η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές ή διακριτό μέγεθος.

Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές μέγεθος και ακολουθεί κανονική κατανομή χρησιμοποιείται η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης. Η απλούστερη περίπτωση γραμμικής παλινδρόμησης είναι η **απλή γραμμική παλινδρόμηση** (simple linear regression).

Στην απλή γραμμική παλινδρόμηση υπάρχει μόνο μια ανεξάρτητη μεταβλητή  $X$  και μια εξαρτημένη μεταβλητή  $Y$ , που προσεγγίζεται ως μια γραμμική συνάρτηση του  $X$ . Η τιμή  $y_i$  της  $Y$ , για κάθε τιμή της  $x_i$  της  $X$ , δίνεται από τη σχέση:

$$y_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i$$

Το πρόβλημα της παλινδρόμησης είναι η εύρεση των παραμέτρων  $\alpha$  και  $\beta$  που εκφράζουν καλύτερα τη γραμμική συνάρτηση της  $Y$  από τη  $X$ . Κάθε ζεύγος τιμών  $(\alpha, \beta)$  καθορίζει μια διαφορετική γραμμική σχέση που εκφράζεται γεωμετρικά από ευθεία γραμμή και οι δύο παράμετροι ορίζονται ως εξής:

- Ο σταθερός όρος  $\alpha$  είναι η τιμή του  $y$  για  $x=0$ .
- Ο συντελεστής  $\beta$  του  $x$  είναι η κλίση (slope) της ευθείας ή αλλιώς ο **συντελεστής παλινδρόμησης** (regression coefficient). Εκφράζει τη μεταβολή της μεταβλητής  $Y$  όταν η μεταβλητή  $X$  μεταβληθεί κατά μία μονάδα .

Η τυχαία μεταβλητή  $\varepsilon_i$  λέγεται **σφάλμα παλινδρόμησης** (regression error) και ορίζεται ως η διαφορά της  $y_i$  από τη δεσμευμένη μέση τιμή  $E(Y|X= x_i)$  όπου  $E(Y|X= x_i) = \alpha + \beta x_i$ .

Για την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης γίνονται οι παρακάτω υποθέσεις:

- Η μεταβλητή  $X$  είναι ελεγχόμενη για το πρόβλημα υπό μελέτη, δηλαδή είναι γνωστές οι τιμές της χωρίς καμία αμφιβολία.
- Η εξάρτηση της  $Y$  από τη  $X$  είναι γραμμική.
- Το σφάλμα παλινδρόμησης έχει μέση τιμή μηδέν για κάθε τιμή της  $X$  και η διασπορά του είναι σταθερή και δεν εξαρτάται από τη  $X$ , δηλαδή  $E(\varepsilon_i) = 0$  και  $\text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma_\varepsilon^2$

Οι παραπάνω υποθέσεις για γραμμική σχέση και σταθερή διασπορά αποτελούν χαρακτηριστικά πληθυσμών με κανονική κατανομή. Συνήθως, λοιπόν, σε προβλήματα γραμμικής παλινδρόμησης γίνεται υπόθεση ότι η δεσμευμένη κατανομή της  $Y$  είναι κανονική.

Στην περίπτωση που η τυχαία μεταβλητή  $Y$  εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία μεταβλητές  $X$  ( $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ ), γίνεται αναφορά στην **πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση** (multiple linear regression). Η εξίσωση που περιγράφει τη σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών είναι η εξής:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i.$$

Οι **υποθέσεις της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης** είναι ίδιες με εκείνες της απλής γραμμικής παλινδρόμησης δηλαδή υποθέτει κανείς ότι τα σφάλματα  $\varepsilon_i$  της παλινδρόμησης (όπως και η τυχαία μεταβλητή  $Y$  για κάθε τιμή της  $X$ ) ακολουθούν κανονική κατανομή με σταθερή διασπορά. Γενικά το πρόβλημα και η εκτίμηση της πολλαπλής παλινδρόμησης δεν διαφέρει ουσιαστικά από εκείνο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Ένα καινούργιο στοιχείο στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση είναι ότι πριν προχωρήσει κανείς στην εκτίμηση των παραμέτρων πρέπει να ελέγξει αν πράγματι πρέπει να συμπεριληφθούν όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο. Εκείνο που απαιτείται να εξασφαλιστεί είναι η μηδενική συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών ( $\rho(x_i, x_j) \forall i \neq j \rightarrow 0$ )

### 3.5.2 ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

Στην πορεία αναζήτησης μιας καταλληλότερης μεθόδου επιλέχθηκε η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση** (lognormal regression). Μέσω της μεθόδου αυτής δίνεται η δυνατότητα ανάπτυξης ενός μοντέλου που συσχετίζει δύο ή περισσότερες μεταβλητές. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται για την έρευνα της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης είναι ίδιο με εκείνο που εφαρμόζεται για την εκτέλεση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Η σχέση που συνδέει την εξαρτημένη με τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι και αυτή γραμμική. Στη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση (lognormal regression) οι συντελεστές των μεταβλητών του μοντέλου είναι οι συντελεστές της γραμμικής παλινδρόμησης. Υπολογίζεται από την ανάλυση παλινδρόμησης με βάση **την αρχή των ελαχίστων τετραγώνων** δηλαδή υπολογίζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται το άθροισμα:

$$\sum (Y - (\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i))^2$$

Η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση** βασίζεται στην υπόθεση ότι ο φυσικός λογάριθμος της εξαρτημένης μεταβλητής ακολουθεί μια **κανονική κατανομή** με αριθμητικό μέσο  $\mu$  και τυπική απόκλιση  $\sigma^2$ . Με άλλα λόγια η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση αποτελεί χρήσιμο εργαλείο όταν τα στοιχεία που περιέχονται στη βάση δεδομένων είναι μη αρνητικά, ο φυσικός λογάριθμος της ανεξάρτητης μεταβλητής ακολουθεί την κανονική κατανομή και ο αριθμητικός μέσος είναι σχετικά μεγάλος. Με τη διαδικασία της παλινδρόμησης συσχετίζεται μια **εξαρτημένη μεταβλητή** με άλλες, τις **ανεξάρτητες μεταβλητές**. Βρίσκει εφαρμογή στη μελλοντική πρόβλεψη μιας μεταβλητής σε σχέση με μια άλλη ή στον προσδιορισμό μιας συναρτησιακής σχέσης  $\log(\mu_i) = f(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq})$  μεταξύ των παρατηρημένων τιμών  $\mu_i$  ( $i=1, 2, \dots, q$ ) της εξαρτημένης μεταβλητής και των τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών (Bauer, Harwood, 1998).

Η μαθηματική σχέση που περιγράφει τη μέθοδο αυτή είναι η εξής:

$$\text{Log}(y_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i$$

όπου:

$y$ : είναι η εξαρτημένη μεταβλητή και

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_k$ : είναι οι συντελεστές μερικής παλινδρόμησης

$x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}$ : είναι οι ανεξάρτητες μεταβλητές

Εναλλακτικά μπορεί να διατυπωθεί με την παρακάτω πολύπλοκη μορφή:

$$\mu_i = \exp(\beta_0) \exp(\beta_1 x_{i1}) \dots \exp(\beta_k x_{ik})$$

όπου το  $\log(\mu_i)$  ακολουθεί κανονική κατανομή με μέσο  $\mu_i$  και τυπική απόκλιση  $\sigma^2$ .

### 3.5.3 ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Στα μοντέλα γραμμικής και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης που περιγράφονται στο κεφάλαιο αυτό ισχύει η προϋπόθεση ότι η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής. Εντούτοις, στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή (όπως το ενδεχόμενο να συμβεί κάποιο ατύχημα) χρησιμοποιείται η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης. Η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης και ταξινόμησης. Είναι δυνατή η έκβαση μιας κατηγορικής μεταβλητής με δυο κατηγορίες με τη χρήση ενός συνόλου συνεχών και διακριτών μεταβλητών. Σε αντίθεση με τη γραμμική παλινδρόμηση, η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η πιθανότητα η έκβαση του αποτελέσματος να ισούται με 1. Χρησιμοποιείται ο νεπέριος λογάριθμος για την **πιθανότητα** ή το **λόγο πιθανοφάνειας** (likelihood ratio), η εξαρτημένη μεταβλητή να είναι 1, σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$Y = \text{logit}(P) = \text{LN}(P_i / (1 - P_i)) = B_0 + B_i X_i$$

όπου:

$B_0$ : είναι η σταθερά του μοντέλου

$B_i$ : είναι παραμετρικές εκτιμήτριες για τις ανεξάρτητες μεταβλητές ( $X_{ii}=1, \dots, n$  το σύνολο των εξαρτημένων μεταβλητών)

Η πιθανότητα κυμαίνεται από 0 έως 1, ενώ ο νεπέριος λογάριθμος  $\text{LN}(P/(1-P))$  κυμαίνεται από μείον άπειρο ως συν άπειρο. Τα μοντέλα λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης υπολογίζουν την καμπυλόγραμμη σχέση ανάμεσα στην κατηγορική επιλογή  $Y$  και στις μεταβλητές  $X_i$  οι οποίες μπορεί να είναι συνεχείς ή διακριτές. Η καμπύλη της λογιστικής παλινδρόμησης είναι προσεγγιστικά γραμμική στις μεσαίες τιμές και λογαριθμική στις ακραίες τιμές. Με απλό μετασχηματισμό της παραπάνω σχέσης οδηγούμαστε στην εξής νέα σχέση:

$$(P_i / (1 - P_i)) = e^{B_0 + B_i X_i} = e^{B_0} e^{B_i X_i}$$

Η θεμελιώδης εξίσωση για τη λογιστική παλινδρόμηση δείχνει ότι όταν η τιμή μιας ανεξάρτητης μεταβλητής αυξηθεί κατά μια μονάδα και όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές παραμένουν σταθερές ο νέος λόγος πιθανοφάνειας  $P_i / (1 - P_i)$  δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$(P_i / (1 - P_i)) = e^{B_0} e^{B_i(X_i+1)} = e^{B_0} e^{B_i X_i} e^{B_i}$$

Έτσι παρατηρείται ότι όταν η ανεξάρτητη μεταβλητή  $X_i$  αυξηθεί κατά μια μονάδα, με όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές να παραμένουν σταθερές, η πιθανότητα  $P_i/(1-P_i)$  αυξάνεται κατά ένα συντελεστή  $e^{B_i}$ .

### 3.5.4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Η εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου τόσο της πολλαπλής γραμμικής όσο και της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης γίνεται με τη **μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων** (method of least squares).

Ο προσδιορισμός των  $\beta_i$ , δίνει μια προσεγγιστική ευθεία, που συνδέει τις τιμές της μεταβλητής  $Y$  δοθεισών των τιμών της  $X$ .

Η ευθεία που προκύπτει λέγεται **ευθεία παλινδρόμησης της  $Y$  πάνω στη  $X$** . Σκοπός είναι το άθροισμα των τετραγώνων των κατακόρυφων αποστάσεων των σημείων  $(X, Y)$  από την ευθεία να είναι ελάχιστο.

### 3.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο εδάφιο, οι **βασικές προϋποθέσεις** που εξετάζονται **πριν την ανάπτυξη ενός μοντέλου** αφορούν καταρχήν στην κανονικότητα. Βάσει της προϋπόθεσης αυτής, απαιτείται οι τιμές της μεταβλητής  $Y$  να ακολουθούν κανονική κατανομή.

Η **συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών** αποτελεί τη δεύτερη βασική προϋπόθεση. Σύμφωνα με αυτή, οι ανεξάρτητες μεταβλητές πρέπει να είναι γραμμικώς ανεξάρτητες μεταξύ τους ( $\rho(X_i, X_j) = 0 \forall i \neq j$ ), γιατί σε αντίθετη περίπτωση δεν είναι δυνατή η εξακρίβωση της επιρροής της κάθε μεταβλητής στο αποτέλεσμα. Αν, δηλαδή, σε ένα μοντέλο εισάγονται δύο μεταβλητές που σχετίζονται μεταξύ τους εμφανίζονται προβλήματα μεροληψίας και επάρκειας. Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση ενός μοντέλου **μετά τη διαμόρφωσή του** είναι τα πρόσημα και οι τιμές των συντελεστών  $\beta_i$  της εξίσωσης, η στατιστική σημαντικότητα, η ποιότητα του μοντέλου και το σφάλμα της εξίσωσης.

Όσον αφορά στους **συντελεστές της εξίσωσης**, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα λογικής ερμηνείας των προσήμων τους. Το θετικό πρόσημο του συντελεστή δηλώνει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντίθετα, αρνητικό πρόσημο συνεπάγεται μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που η ταχύτητα διαδρομής αποτελεί την ανεξάρτητη και οι χρονικοί διαχωρισμοί την εξαρτημένη μεταβλητή του μοντέλου, θα πρέπει ο συντελεστής  $\beta_i$  της ταχύτητας να έχει αρνητικό πρόσημο. Η τιμή του συντελεστή θα πρέπει και αυτή να ερμηνεύεται λογικά, δεδομένου ότι αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής ( $x_i$ ) κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά  $\beta_i$  μονάδες. Στην περίπτωση που η αύξηση αυτή εκφράζεται σε ποσοστά, τότε πρόκειται για την ελαστικότητα (elasticity).

Η **ελαστικότητα** αντικατοπτρίζει την ευαισθησία μιας εξαρτημένης μεταβλητής Y στη μεταβολή μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών.

Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί η 1% μεταβολή της ανεξάρτητης. Η ελαστικότητα, για γραμμικά πρότυπα, δίνεται από τη σχέση:

$$e_i = (\Delta Y_i / \Delta X_i) (X_i / Y_i) = \beta_i (X_i / Y_i)$$

Η **στατιστική εμπιστοσύνη του γραμμικού μοντέλου** αξιολογείται μέσω του ελέγχου **t-test** (κριτήριο της κατανομής student). Με τον δείκτη t προσδιορίζεται η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών, καθορίζονται δηλαδή ποιες μεταβλητές θα συμπεριληφθούν στο τελικό μοντέλο. Ο συντελεστής t εκφράζεται με τη σχέση:

$$t_{stat} = \beta_i / s.e$$

όπου s.e: τυπικό λάθος (standard error).

Βάσει της ανωτέρω σχέσης, όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα τόσο αυξάνεται ο συντελεστής  $t_{stat}$  και συνεπώς αυξάνεται η επάρκεια (efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t, τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Στον πίνακα που δίνεται στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κρίσιμες τιμές του συντελεστή t ( $t^*$ ) για κάθε επίπεδο εμπιστοσύνης.

**Πίνακας 3.1:** Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t

Βαθμός Ελευθερίας	Επίπεδο Εμπιστοσύνης				
	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995
80	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
∞	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Έτσι για μέγεθος δείγματος περί τα 80 και επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι  $t^* = 1,7$  και για επίπεδο εμπιστοσύνης 90% είναι  $t^* = 1,3$ . Αν λοιπόν έχουμε  $t = -3,2$  για κάποια ανεξάρτητη μεταβλητή  $X_i$  τότε παρατηρείται ότι απόλυτη τιμή του t είναι μεγαλύτερη από την τιμή του  $t^*$  (1,7) και άρα είναι αποδεκτή η μεταβλητή ως στατιστικά σημαντική για το 95% τν περιπτώσεων.

Μετά τον έλεγχο της στατιστικής εμπιστοσύνης εξετάζεται η **ποιότητα του μοντέλου**. Η ποιότητα του μοντέλου καθορίζεται βάσει του **συντελεστή προσαρμογής**. Ο συντελεστής  $R^2$  χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων **στο γραμμικό μοντέλο** και ορίζεται από τη σχέση :

$$R^2 = SSR / SST$$

όπου:

$$SSR = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \beta^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \text{και}$$

$$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y που εξηγείται από τη μεταβλητή X. Λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του  $R^2$  στη μονάδα, τόσο πιο ισχυρή γίνεται η γραμμική

σχέση εξάρτησης των μεταβλητών  $Y$  και  $X$ . Ο συντελεστής  $R^2$  έχει συγκριτική αξία. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή του  $R^2$  που είναι αποδεκτή ή απορριπτή, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του  $R^2$ .

Θα πρέπει να τονιστεί ότι χρειάζεται προσοχή στη χρησιμοποίηση του  $r$  και του  $R^2$ . Το  $R^2$  μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο ισχυρότητας της γραμμικής σχέσης ανεξάρτητα από το αν το  $X$  παίρνει καθορισμένες τιμές ή είναι τυχαία μεταβλητή. Αντίθετα, το  $r$  μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο αν το  $Y$  και το  $X$  είναι τυχαίες μεταβλητές. Επομένως, στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, που οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι καθορισμένες, χρησιμοποιείται ο συντελεστής  $R^2$  ως κριτήριο καταλληλότητας του μοντέλου.

Όσον αφορά στο **σφάλμα** της εξίσωσης του μοντέλου, αυτό θα πρέπει να πληροί τρεις προϋποθέσεις:

- Να ακολουθεί κανονική κατανομή
- Να έχει σταθερή διασπορά  $\text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma_\varepsilon^2 = c$  και
- Να έχει μηδενική συσχέτιση,  $\rho(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0 \quad \forall \quad i \neq j$

Αναφέρεται ότι η **διασπορά του σφάλματος** εξαρτάται από το συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$ . Όσο μεγαλύτερο είναι το  $R^2$  τόσο μικρότερη είναι η διασπορά του σφάλματος, δηλαδή τόσο καλύτερη είναι η πρόβλεψη που βασίζεται στην ευθεία παλινδρόμησης.

Όσον αφορά στα **μοντέλα λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης**, ισχύει ό,τι και στην απλή και λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση, με τη διαφορά ότι στη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης το αντίστοιχο t-test έχει την ονομασία **Wald**. Η τιμή του Wald για κάθε μεταβλητή πρέπει να είναι μικρότερη του 1,7 όπως ακριβώς και για το συντελεστή  $t$ .

Σημαντικό ρόλο στην επιλογή των μεταβλητών των μοντέλων της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης παίζει η **πιθανοφάνεια**. Για την εκτίμηση της επιρροής των παραμέτρων  $\beta$  χρησιμοποιείται η μέθοδος της μεγιστοποίησης της πιθανοφάνειας. Για να επιτευχθεί υψηλή πιθανοφάνεια, προσπαθούμε ο λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας  $L = -\log(\text{likelihood})$  να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος και προτιμώνται τα μοντέλα με μικρότερο λογάριθμο της συνάρτησης πιθανοφάνειας  $L$ . Μοντέλα που περιέχουν πολλές μεταβλητές είναι περισσότερο σύνθετα και χρειάζεται ένας κανόνας να αποφασίζει εάν η μείωση του  **$L = -\log(\text{likelihood})$**  αξίζει την αυξημένη πολυπλοκότητα και για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε το **Likelihood Ratio Test (LRT)** (κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας). Σύμφωνα με το κριτήριο του λόγου πιθανοφάνειών (LRT) εάν η διαφορά  $LRT = -2 \times (L(\hat{\beta}) - L(0))$ , όπου  $L(\hat{\beta}) = L(\text{μοντέλο με τις } p \text{ μεταβλητές})$ , ενώ  $L(0) = L(\text{μοντέλο χωρίς τις } p \text{ μεταβλητές})$ , είναι μεγαλύτερη από την τιμή του  $\chi^2$  για  $p$  βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5% το μοντέλο είναι στατιστικά προτιμότερο από το μοντέλο χωρίς τις μεταβλητές και γίνονται δεκτές οι μεταβλητές ως σημαντικές.

Ο **συντελεστής  $\rho^2$**  καθορίζει την ποιότητα του μοντέλου. Ο συντελεστής αυτός είναι ανάλογος του συντελεστή  $R^2$  της απλής γραμμικής και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης και χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής

προσαρμογής των δεδομένων στο μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης. Υπολογίζεται ως εξής:  $\rho^2 = 1 - (L(\hat{b})/L(0))$  όπου  $L(\hat{b})=L$  (μοντέλο με τις  $\rho$  μεταβλητές) ενώ  $L(0)=L$ (μοντέλο χωρίς τις  $\rho$  μεταβλητές). Συγκεκριμένα, εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής  $Y$  που εξηγείται από τη μεταβλητή  $X$ . Λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του  $\rho^2$  στη μονάδα, τόσο πιο ισχυρή είναι η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών  $Y$  και  $X$ . Επισημαίνεται ότι ο συντελεστής  $\rho^2$  έχει και εδώ συγκριτική αξία. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή του  $\rho^2$  που κρίνεται ως αποδεκτή ή απορριπτή, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του  $\rho^2$ .

Επιπροσθέτως, **ελέγχεται σε ποιο ποσοστό** το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης είναι σε θέση να προβλέψει σωστά την πιθανότητα να συμβεί ατύχημα. Είναι επιθυμητό να προβλέπεται σωστά η περίπτωση που συνέβη ή όχι ατύχημα, σε όσο το δυνατόν πιο μεγάλο ποσοστό. Ο μέσος όρος του ποσοστού αυτού για τα δύο ενδεχόμενα είναι σκόπιμο να είναι μεγαλύτερος από το 65% και να μην υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των δύο αντίστοιχων ποσοστών των δύο ενδεχομένων.

## 4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως αναδείχθηκε από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και το θεωρητικό υπόβαθρο της μελέτης, για τη διερεύνηση της επιρροής των διαφημιστικών πινακίδων στην απόσπαση προσοχής νέων οδηγών κρίθηκε απαραίτητη η συλλογή εμπειρικών δεδομένων μέσω πειραματικής διαδικασίας. Για τον σκοπό αυτό, επιλέχθηκε η χρήση **προσομοιωτή οδήγησης σε υπεραστικό δίκτυο**, ο οποίος επιτρέπει την καταγραφή παραμέτρων οδήγησης σε ελεγχόμενες συνθήκες, χωρίς την παρουσία πραγματικού κινδύνου.

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων της μελέτης. Αρχικά, παρουσιάζεται η διαδικασία καταγραφής των στοιχείων που προέκυψαν από το πείραμα προσομοιωμένης οδήγησης, καθώς και από τα ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν από τους συμμετέχοντες. Περιγράφονται τα σενάρια οδήγησης που χρησιμοποιήθηκαν, τα κριτήρια επιλογής των οδηγών και τα βασικά στάδια υλοποίησης του πειράματος.

Στη συνέχεια, αναλύονται τα βήματα επεξεργασίας των δεδομένων, τόσο από τον προσομοιωτή όσο και από τα ερωτηματολόγια, με σκοπό την οργάνωσή τους σε μια ενιαία και κατάλληλα δομημένη βάση. Τέλος, παρουσιάζονται τα βασικά περιγραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος.

### 4.2 ΠΕΙΡΑΜΑ ΣΤΟΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

#### 4.2.1 Στόχος πειράματος

Μέσω του πειράματος που πραγματοποιήθηκε σε προσομοιωτή οδήγησης, διερευνάται η επίδραση των διαφημιστικών πινακίδων στην οδική ασφάλεια και συμπεριφορά του οδηγού σε υπεραστικό δίκτυο, υπό την ταυτόχρονη επίδραση επιλεγμένων παραμέτρων. Συγκεκριμένα, εξετάζονται χαρακτηριστικά των οδηγών (όπως ηλικία, φύλο, εμπειρία οδήγησης, κτλ.), ο κυκλοφοριακός φόρτος (α) χαμηλός, (β) υψηλός και η ύπαρξη και μη διαφημιστικών πινακίδων.

#### 4.2.2 Προσομοιωτής

Η πειραματική διαδικασία διεξήχθη στον προσομοιωτή οδήγησης (Driving Simulation FPF) της Γερμανικής εταιρείας Foerst, που διαθέτει το εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. για ερευνητικούς σκοπούς. Οι πραγματικές συνθήκες οδήγησης προσομοιώνονται ρεαλιστικά όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.1, καθώς ο προσομοιωτής διαθέτει εξωτερικά χαρακτηριστικά παρόμοια με ενός οχήματος (ρυθμιζόμενο κάθισμα οδήγησης, τιμόνι, γκάζι, φρένο, συμπλέκτη, πίνακα οργάνων οχήματος, κιβώτιο πέντε (5) ταχυτήτων, φλας, υαλοκαθαριστήρες, φώτα, κόρνα και μίζα). Επιπλέον, διαθέτει και ρεαλιστικό ψηφιακό περιβάλλον οδήγησης, το οποίο διακρίνεται στην Εικόνα 4.2, μέσω τριών (3) LCD40" οθονών.



**Εικόνα 4.1:** Εξωτερικά χαρακτηριστικά προσομοιωτή οδήγησης.



**Εικόνα 4.2:** Ψηφιακό περιβάλλον προσομοιωτή οδήγησης.

Ειδικότερα, το ψηφιακό περιβάλλον προσφέρει μια απεικόνιση του οδικού δικτύου από την οπτική γωνία του οδηγού και παρέχει έναν πλήρη έλεγχο μέσω καθρεπτών. Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα επιλογής οδήγησης σε διάφορες συνθήκες, οι οποίες αφορούν τον τύπο της οδού (υπεραστική οδός, αστική οδός, αυτοκινητόδρομος), τις κυκλοφοριακές συνθήκες (κανονικός κυκλοφοριακός φόρτος, αυξημένος κυκλοφοριακός φόρτος), τον φωτισμό (ομίχλη, νύχτα, μέρα), και τον καιρό (καλός, βροχή, χιόνι). Στις συνθήκες αυτές συμπεριλαμβάνονται και γεγονότα τα οποία εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της οδήγησης, όπως η διέλευση πεζών ή η εσφαλμένη συμπεριφορά άλλων οχημάτων, καθώς και η εμφάνιση κάποιου άγριου ζώου (Εικόνα 4.3), τα οποία έχουν σκοπό τη μελέτη της συμπεριφοράς του οδηγού σε επικίνδυνα συμβάντα.



**Εικόνα 4.3:** Εμφάνιση επικίνδυνων γεγονότων.

Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων που διεξάγονται με τον προσομοιωτή οδήγησης, οι μετρήσεις καταγράφονται σε χρονικά διαστήματα των 16-17ms, το οποίο σημαίνει ότι είναι περίπου 60 το δευτερόλεπτο για κάθε μεταβλητή. Τα δεδομένα αυτά εξάγονται αυτόματα από το πρόγραμμα μέσω αρχείου μορφής κειμένου για κάθε διαφορετικό σενάριο οδήγησης και συμμετέχοντα. Οι μεταβλητές παρουσιάζονται με τις αντίστοιχες ονομασίες τους, όπως παρατίθενται από τον προσομοιωτή οδήγησης και την επεξήγηση τους στον Πίνακα 4.1.

**Πίνακας 4.1:** Μεταβλητές προσομοιωτή οδήγησης.

Variable	Explanation
Time	current real-time in milliseconds since start of the drive.
x-pos	x-position of vehicle in m.
y-pos	y-position of vehicle in m.
z-pos	z-position of vehicle in m.
road	road number of the vehicle in [int].
richt	direction of the vehicle on the road in [BOOL] (0/1).
rdist	distance of the vehicle from the beginning of the drive in m.
rspur	track of the vehicle from the middle of the road in m.
ralpha	direction of the vehicle compared to the road direction in degrees.
Dist	driven course in meters since begin of the drive.
Speed	actual speed in km/h.
Brk	brake pedal position in percent.
Acc	gas pedal position in percent.
Clutch	clutch pedal position in percent.
Gear	chosen gear (0 = idle, 6 = reverse).
RPM	motor revolution in 1/min.
HWay	headway, distance to the ahead driving vehicle in m.
DLeft	distance to the left road board in m.
DRicht	distance to the right road board in m.
Wheel	steering wheel position in degrees.
THead	time to headway, i.e. to collision with the ahead driving vehicle in ms.
TTL	time to line crossing, time until the road border line is exceeded, in ms.
TTC	time to collision (all obstacles), in ms.
AccLat	acceleration lateral, in m/s <sup>2</sup>

AccLon	acceleration longitudinal, in $m/s^2$
EvVis	event-visible-flag/event-indication, 0 = no event, 1 = event.
EvDist	event-distance in m.
Err1No	number of the most important driving failure since the last data set
Err1Val	state date belonging to the failure, content varies according to type of failure.
Err2No	number of the next driving failure (maybe empty).
Err2Val	additional date to failure 2.
Err3No	number of the further driving failure (maybe empty).
Err3Val	additional date to failure 3.

#### 4.2.3 Σενάρια πειράματος



Για την παρούσα Διπλωματική Εργασία, όπως ήδη έχει οριστεί, ο τύπος της οδού για την οποία διεξήχθη το πείραμα είναι το υπεραστικό δίκτυο. Το ψηφιακό επαρχιακό περιβάλλον που παρέχεται από τον προσομοιωτή αποτελείται από οδό με όριο ταχύτητας 70 χλμ/ώρα, δύο κατευθύνσεων, με μία λωρίδα ανά κατεύθυνση, χωρίς διαχωριστική νησίδα και με κατάλληλη σήμανση (Εικόνα 4.4).

**Εικόνα 4.4:** Επαρχιακό περιβάλλον προσομοιωτή οδήγησης.

Για την εξέταση όμως πολλών παραγόντων, που μπορούν πιθανόν να επηρεάζουν τη συμπεριφορά του οδηγού, επιλέχθηκαν **τελικά τέσσερα διαφορετικά σενάρια** ως η πιο κατάλληλη λύση για την επίτευξη του στόχου αυτής της Διπλωματικής Εργασίας. Και τα τέσσερα αυτά σενάρια ουσιαστικά αποτελούνται από την ίδια διαδρομή, η οποία, όμως, θα παρουσιάζει διαφορές ανάλογα με το κάθε σενάριο.

Και στα τέσσερα σενάρια οι καιρικές συνθήκες οδήγησης που επιλέχθηκαν ήταν οδήγηση υπό καλό καιρό και κατά τη διάρκεια της ημέρας, ώστε να μην επιβαρυνθεί και με άλλους παράγοντες απόσπασης οδηγού πέρα από τις διαφημιστικές πινακίδες, την επιρροή των οποίων αποσκοπεί να μελετήσει η συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία. Ο πρώτος διαχωρισμός σχετικά με τα σενάρια οδήγησης σχετίζεται με το εάν στη διαδρομή θα **υπήρχαν** ή **όχι** διαφημιστικές πινακίδες. Ο δεύτερος διαχωρισμός αφορά τις **συνθήκες κυκλοφορίας**, δηλαδή οδήγηση υπό υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο ή οδήγηση υπό χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο. Έτσι, τα τελικά σενάρια οδήγησης ήταν:

- Οδήγηση στο αστικό περιβάλλον χωρίς διαφημιστικές πινακίδες παραπλεύρως της οδού υπό χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο.
- Οδήγηση στο αστικό περιβάλλον χωρίς διαφημιστικές πινακίδες παραπλεύρως της οδού υπό υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο.

- Οδήγηση στο αστικό περιβάλλον με την ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων παραπλεύρως της οδού υπό χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο.
- Οδήγηση στο αστικό περιβάλλον με την ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων παραπλεύρως της οδού υπό υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο.

#### 4.2.3 Υλοποίηση του πειράματος

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε μεταξύ τέλη Νοέμβρη και τέλη Δεκέμβρη 2014. Οι 31 συμμετέχοντες πήραν μέρος στην έρευνα εθελοντικά, οδήγησαν τέσσερις φορές ο καθένας στον προσομοιωτή οδήγησης και κατόπιν τους ζητήθηκε να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο.

Το πρώτο στάδιο του πειράματος περιλάμβανε τη συλλογή δεδομένων μέσω προσομοιωτή οδήγησης και οργανώθηκε σε τρεις φάσεις.

- Αρχικά, πραγματοποιήθηκαν δοκιμαστικές διαδρομές εξοικείωσης, ώστε οι συμμετέχοντες να προσαρμοστούν στο περιβάλλον και τα χειριστήρια του προσομοιωτή, χωρίς τα δεδομένα να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση.
- Στη δεύτερη φάση, οι οδηγοί εκτέλεσαν δύο διαδοχικές διαδρομές σε αστικό περιβάλλον χωρίς διαφημιστικές πινακίδες, υπό χαμηλό και υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο, με τη σειρά να καθορίζεται από τον συντονιστή.
- Στην τρίτη φάση επαναλήφθηκε η ίδια διαδικασία, αλλά με την παρουσία διαφημιστικών πινακίδων ως παράγοντα απόσπασης προσοχής, διατηρώντας εναλλαγή στη σειρά των σεναρίων ώστε να περιοριστεί η επίδραση της εξοικείωσης.

Μετά την ολοκλήρωση κάθε φάσης, τα δεδομένα αποθηκεύονταν οργανωμένα ανά συμμετέχοντα για περαιτέρω επεξεργασία.

### 4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η **διαδικασία επεξεργασίας των στοιχείων** που συλλέχθηκαν μέσω των ερωτηματολογίων και της πειραματικής διαδικασίας. Στη συνέχεια παρουσιάζεται επιγραμματικά η διαδικασία εισαγωγής των μεταβλητών στο λογισμικό της στατιστικής ανάλυσης. Παράλληλα δίδεται μια **σύντομη παρουσίαση των προγραμμάτων** ηλεκτρονικού υπολογιστή που χρησιμοποιούνται και κάποια χρήσιμα στοιχεία πάνω στη λειτουργία τους.

#### 4.3.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ

Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος, οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν και το παρακάτω ερωτηματολόγιο για να αποκτηθεί μια σφαιρικότερη γνώση του οδηγικού προφίλ του κάθε συμμετέχοντα.

## Ερωτηματολόγιο

Α/Α Συμμετέχοντα:.....

Ηλικία: .....

Ημερομηνία πειράματος:.....

1. Φύλο (κυκλώστε):

Q.1	Αντρας (1)	Γυναίκα (2)
-----	------------	-------------

2. Πόσα χρόνια οδηγείτε (κυκλώστε);

Q.2	1-3	4-7	>8
-----	-----	-----	----

3. Πόσες ημέρες την εβδομάδα οδηγείτε εντός πόλης (κυκλώστε);

Q.3	1-2	3-5	6-7	Ποτέ
-----	-----	-----	-----	------

4. Πόσες ημέρες την εβδομάδα οδηγείτε εκτός πόλης (κυκλώστε);

Q.4	1-2	3-5	6-7	Ποτέ
-----	-----	-----	-----	------

5. Πόσα χιλιόμετρα περίπου οδηγείτε την εβδομάδα εντός πόλης (κυκλώστε);

Q.5	<15	16-50	>51	Δεν ξέρω
-----	-----	-------	-----	----------

6. Πόσα χιλιόμετρα περίπου οδηγείτε την εβδομάδα εκτός πόλης (κυκλώστε);

Q.6	<15	16-50	>51	Δεν ξέρω
-----	-----	-------	-----	----------

7. Έχετε εμπλακεί σε ατύχημα εντός πόλης (κυκλώστε);

Q.7	Ναι (1)	Όχι (2)
-----	---------	---------

8. Έχετε εμπλακεί σε ατύχημα εκτός πόλης (κυκλώστε);

Q.8	Ναι (1)	Όχι (2)
-----	---------	---------

9. Κατά τη διάρκεια της οδήγησης ποια από τα παρακάτω παρατηρήσατε (κυκλώστε);

α. Κυκλικό Κόμβο

δ. Τούνελ

β. Διάβαση Πεζών

ε. Σηματοδοτούμενο Κόμβο

γ. Διαφημιστικές Πινακίδες

στ. Λίμνη



## Ερωτηματολόγιο

10. Παρατηρήσατε ότι σε ορισμένες διαδρομές υπήρχαν διαφημιστικές πινακίδες (κυκλώστε);

Q.10	Σε καμία διαδρομή (1)	Σε όλες (2)	Σε κάποιες (3)
------	-----------------------	-------------	----------------

11. Στις διαδρομές που παρατηρήσατε διαφημιστικές πινακίδες οδική συμπεριφορά σας (κυκλώστε);

Q.11	Ναι (1)	Όχι (2)	άλλαξε η
------	---------	---------	----------

12. Αν ναι, κατά ποιο τρόπο αλλάξατε την οδική σας συμπεριφορά (κυκλώστε);

Q.12	Μειώνετε ταχύτητα (1)	Οδηγείτε πιο προσεκτικά (2)	Οδηγείτε στην άκρη του δρόμου (3)
------	-----------------------	-----------------------------	-----------------------------------

13. Θεωρείτε επικίνδυνη την ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων εντός πόλης (κυκλώστε);

Q.13	Όχι (1)	Λίγο (2)	Μέτρια (3)	Αρκετά (4)	Πολύ (5)
------	---------	----------	------------	------------	----------

14. Θεωρείτε επικίνδυνη την ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων εκτός πόλης (κυκλώστε);

Q.14	Όχι (1)	Λίγο (2)	Μέτρια (3)	Αρκετά (4)	Πολύ (5)
------	---------	----------	------------	------------	----------

15. Πόσο μειώνετε την ταχύτητα σας όταν οδηγείτε σε δρόμο με διαφημιστικές πινακίδες εντός πόλης (κυκλώστε);

Q.15	Καθόλου (1)	0-10 km/h (2)	10-20 km/h (3)	>20 km/h (4)
------	-------------	---------------	----------------	--------------

16. Πόσο μειώνετε την ταχύτητα σας όταν οδηγείτε σε δρόμο με διαφημιστικές πινακίδες εκτός πόλης (κυκλώστε);

Q.16	Καθόλου (1)	0-10 km/h (2)	10-20 km/h (3)	>20 km/h (4)
------	-------------	---------------	----------------	--------------

**Έντυπο 4.1:** Ερωτηματολόγιο μετά την ολοκλήρωση του πειράματος

Τα **δεδομένα των ερωτηματολογίων** καταχωρήθηκαν σε ένα πίνακα με 31 γραμμές, όσοι ήταν και οι συμμετέχοντες, και αφορούν τόσο στα δημογραφικά χαρακτηριστικά τους όσο και στις συνήθειες τους κατά την οδήγηση. Στο σημείο αυτό προέκυψε το ερώτημα, με ποιο τρόπο θα καταχωρούνταν τα στοιχεία στον πίνακα που αποτελούνταν από ποσοτικά μεγέθη, όπως είναι η ηλικία, και από ποιοτικά, όπως είναι το φύλλο.

Για να καταστεί δυνατή η επεξεργασία των δεδομένων στο πρόγραμμα της στατιστικής ανάλυσης ήταν αναγκαίο να βρεθεί ένας τρόπος ώστε όλες οι **μεταβλητές** να είναι **συγκρίσιμες** μεταξύ τους. Για να αποκτήσουν οι ποιοτικές μεταβλητές την έννοια της μέτρησης αποφασίστηκε να καταχωρηθούν στον πίνακα με τέτοιο τρόπο, ώστε η κάθε πιθανή απάντηση του ερωτηματολογίου να αντιστοιχεί σε κάποιον ακέραιο αριθμό. Για παράδειγμα η οδηγική εμπειρία χωρίστηκε σε τρεις κατηγορίες 1-3, 4-7, >8 έτη οι οποίες αντιπροσωπεύονται από τις τιμές 1, 2 και 3 αντίστοιχα. Σε περίπτωση που κάποιος απαντούσε ότι, έχει εμπλακεί σε ατύχημα εντός πόλης στην αντίστοιχη στήλη τοποθετήθηκε 1 (καταφατική απάντηση), αλλιώς 0 (αρνητική απάντηση). Η ηλικία εισήχθη ως συνεχής μεταβλητές. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι μεταβλητές που προέκυψαν από το ερωτηματολόγιο (Πίνακας 4.2) καθώς και απόσπασμα από τον πίνακα που καταχωρήθηκαν οι μεταβλητές αυτές (Πίνακας 4.3).

**Πίνακας 4.2:** Πίνακας μεταβλητών που προέκυψαν από το ερωτηματολόγιο

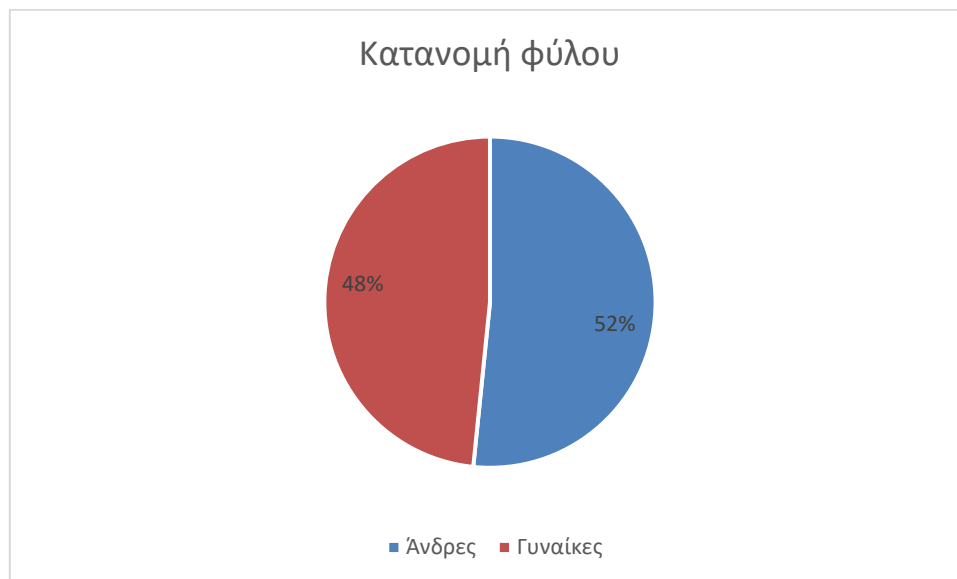
ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ/ΤΙΜΕΣ	ΤΥΠΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ
sex	Το φύλλο του συμμετέχοντα (άνδρας= 1, γυναίκα=0)	Nominal
age	Η ηλικία του συμμετέχοντα π.χ. 25	Scale
d_experience	Η οδηγική εμπειρία του συμμετέχοντα (1-3έτη=1, 4-7έτη= 2, >8έτη= 3)	Ordinal
in_freq	Πόσες μέρες τη βδομάδα οδηγεί ο συμμετέχων σε αστική οδό (1-2= 1, 3-5= 2, 6-7=3, ποτέ=0)	Ordinal
out_freq	Πόσες μέρες τη βδομάδα οδηγεί ο συμμετέχων σε υπεραστική οδό (1-2= 1, 3-5= 2, 6-7=3, ποτέ=0)	Ordinal
dist_week_in	Πόσα km οδηγεί ο συμμετέχων σε αστική οδό την εβδομάδα (<15= 1, 16-50= 2, >51= 3, δεν ξέρω= 0)	Ordinal
dist_week_out	Πόσα km οδηγεί ο συμμετέχων σε υπεραστική οδό την εβδομάδα (<15= 1, 16-50= 2, >51= 3, δεν ξέρω= 0)	Ordinal
acc_in	Αν έχει συμβεί στο συμμετέχοντα ατύχημα σε αστικό περιβάλλον (ναι= 1, όχι= 0)	Nominal
acc_out	Αν έχει συμβεί στο συμμετέχοντα ατύχημα σε υπεραστικό περιβάλλον (ναι= 1, όχι= 0)	Nominal

match_observ	Πόσα από αυτά που όντως υπάρχουν στις διαδρομές παρατήρησε ο συμμετέχων (κανένα= 0, 1/3= 1, 2/3= 2, 3/3= 3)	Ordinal
observ	Αν παρατήρησε ο συμμετέχων την ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων στις διαδρομές που έκανε (σε καμία διαδρομή= 1, σε όλες= 2, σε κάποιες= 3)	Ordinal
num_adv	Αν παρατήρησε ο συμμετέχων αλλαγή στην οδική του συμπεριφορά από την ύπαρξη των διαφημιστικών πινακίδων (ναι= 1, όχι= 0)	Nominal
b_adv	Με ποιο τρόπο θεωρεί ο συμμετέχων ότι άλλαξε την οδική του συμπεριφορά (μειώνει ταχύτητα= 1, οδηγεί πιο προσεκτικά= 2, οδηγεί στην άκρη του δρόμου=3, δε συμπληρώθηκε η ερώτηση= 0)	Ordinal
dang_adv_in	Πόσο επικίνδυνο θεωρεί ο συμμετέχων την ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων σε αστικό περιβάλλον (όχι= 1, λίγο= 2, μέτρια= 3, αρκετά= 4, πολύ= 5)	Ordinal
dang_adv_out	Πόσο επικίνδυνο θεωρεί ο συμμετέχων την ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων σε υπεραστικό περιβάλλον (όχι= 1, λίγο= 2, μέτρια= 3, αρκετά= 4, πολύ= 5)	Ordinal
speed_adv_in	Πόσο (km/h) μειώνει ο συμμετέχων την ταχύτητα όταν οδηγεί σε αστική οδό όπου υπάρχουν διαφημιστικές πινακίδες (καθόλου= 1, 0-10= 2, 10-20= 3, >20= 4)	Ordinal
speed_adv_out	Πόσο (km/h) μειώνει ο συμμετέχων την ταχύτητα όταν οδηγεί σε υπεραστική οδό όπου υπάρχουν διαφημιστικές πινακίδες (καθόλου= 1, 0-10= 2, 10-20= 3, >20= 4)	Ordinal

PersonID	sex	age	d_experience	in_freq	dist_week_in	acc_in	match_observ	observ	num_adv	b_adv	dang_adv_in	speed_adv_in
G01	0	31	3	2	3	1	3	3	0	0	3	1
G02	1	23	2	3	0	1	3	3	0	0	2	2
G03	1	28	3	3	3	1	3	3	0	0	3	1
G04	1	25	2	3	3	1	3	3	0	0	1	1
G05	1	29	3	2	2	1	3	3	0	0	2	1
G06	1	24	2	3	3	0	3	3	0	0	1	1
G07	1	25	2	1	1	0	3	3	1	3	2	1
G08	1	25	2	3	2	1	3	3	1	2	4	1
G09	0	23	1	1	2	0	3	3	0	0	1	2
G10	0	26	1	1	2	0	3	3	0	0	5	2
G11	1	21	1	2	3	0	3	3	0	0	1	1
G12	1	22	1	3	2	0	3	3	0	0	3	1
G13	0	21	1	1	1	0	3	3	0	0	2	1
G14	0	24	2	3	2	0	3	3	0	0	2	1
G15	1	23	1	3	3	1	3	3	1	1	3	1
G16	1	22	2	3	3	0	4	3	0	0	1	1
G17	0	25	2	3	2	0	2	3	0	0	3	2
G18	0	26	2	3	3	0	4	3	0	0	3	1
G19	1	26	3	2	3	0	4	3	0	0	5	1
G20	1	21	1	2	2	1	4	2	0	0	2	1
G21	0	21	1	2	3	0	4	3	0	0	2	2
G22	0	24	2	3	3	0	4	3	0	0	2	1
G23	0	22	1	3	3	1	4	3	0	0	2	1
G24	1	24	2	3	3	1	4	3	0	0	1	1

**Εικόνα 4.5:** Απόσπασμα τελικού πίνακα μεταβλητών ερωτηματολογίου

Τέλος, στα γραφήματα που ακολουθούν, αποτυπώνονται οι κατανομές των διακριτών μεταβλητών του φύλου και τα ποσοστά των ερωτηθέντων σχετικά το πόσο επικίνδυνες θεωρούν τις διαφημιστικές πινακίδες εντός πόλης για τους 31 συμμετέχοντες (Γραφήματα 4.1, 4.2)

**Γράφημα 4.1:** Κατανομή φύλου συμμετεχόντων

#### 4.3.2 Επεξεργασία μετρήσεων προσομοιωτή

Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων, ακολούθησε η συλλογή και οργάνωση των δεδομένων που καταγράφηκαν από τον προσομοιωτή οδήγησης, σε μορφή αρχείου κειμένου (\*.txt). Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, καταγράφονταν έως και 60 τιμές ανά δευτερόλεπτο για κάθε εξεταζόμενη μεταβλητή. Για την ανάλυση των δεδομένων δημιουργήθηκε ένας φάκελος ο οποίος περιέχει τα αρχεία (\*.txt) κάθε συμμετέχοντα για τα τέσσερα (4) σενάρια οδήγησης στα οποία συμμετείχε. Τα ονόματα των αρχείων αποτελούνται από τον αριθμό του συμμετέχοντα και το αντίστοιχο σενάριο. Συγκεκριμένα, ο αριθμός στην αρχή δηλώνει τον κωδικό του συμμετέχοντα, το γράμμα R (Rural) παραπέμπει στην επαρχιακή οδό, ενώ οι αριθμοί 1, 2, 3 και 4 αντιστοιχούν στην οδήγηση με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο και την ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων, με υψηλό φόρτο και την οδήγηση με χαμηλό και υψηλό φόρτο αντίστοιχα χωρίς την ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων.

Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε η βάση δεδομένων database, με τη βοήθεια της γλώσσας προγραμματισμού R, η οποία περιλάμβανε τη μέση τιμή ("Avg") και τη τυπική απόκλιση ("Std") των δεδομένων που εξήγαγε ο προσομοιωτής οδήγησης για κάθε συνδυασμό των συμμετεχόντων και σεναρίου οδήγησης. Επιπλέον, μέσω της R εκτιμήθηκαν τα γεγονότα ("Events") κατά τη διάρκεια οδήγησης κάθε συμμετέχοντα, δηλαδή τα ατυχήματα λόγω κάποιου εμποδίου.

#### 4.4 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το αποτέλεσμα των διαδικασιών που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα 4.3.2 οδήγησαν στη δημιουργία ενός **συγκεντρωτικού πίνακα** (mastertable), απόσπασμα του οποίου παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.6. Για τη δημιουργία του συγκεντρωτικού πίνακα, προστέθηκαν επίσης τα στοιχεία του ερωτηματολογίου του κάθε συμμετέχοντα όπως κωδικοποιήθηκαν.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
PersonID	sex	Age	d_experience	in_freq	dist_week_in	acc_in	observ	num_adv	b_adv	dang_adv_in	speed_adv_in	TrialID	TrialNumber	Traffic	Distractor	LateralPosition	LogLater
P01	0	31	3	2	3	1	3	0	0	3	1	1	1	0	0	0.66	-0.177
P01	0	31	3	2	3	1	3	0	0	3	1	2	2	1	0	0.66	-0.179
P01	0	31	3	2	3	1	3	0	0	3	1	3	3	0	1	0.70	-0.154
P01	0	31	3	2	3	1	3	0	0	3	1	4	4	1	1	0.66	-0.178
P02	1	23	2	3	0	1	3	0	0	2	2	1	2	0	0	0.87	-0.063
P02	1	23	2	3	0	1	3	0	0	2	2	2	1	1	0	1.04	0.018
P02	1	23	2	3	0	1	3	0	0	2	2	3	4	0	1	0.91	-0.039
P02	1	23	2	3	0	1	3	0	0	2	2	4	3	1	1	0.94	-0.027
P03	1	28	3	3	3	1	3	0	0	3	1	1	3	0	0	0.81	-0.090
P03	1	28	3	3	3	1	3	0	0	3	1	2	4	1	0	0.84	-0.075
P03	1	28	3	3	3	1	3	0	0	3	1	3	1	0	1	0.88	-0.054
P03	1	28	3	3	3	1	3	0	0	3	1	4	2	1	1	0.93	-0.029
P04	1	25	2	3	3	1	3	0	0	1	1	1	4	0	0	0.79	-0.101
P04	1	25	2	3	3	1	3	0	0	1	1	2	3	1	0	0.95	-0.021
P04	1	25	2	3	3	1	3	0	0	1	1	3	2	0	1	0.85	-0.070
P04	1	25	2	3	3	1	3	0	0	1	1	4	1	1	1	0.82	-0.085
P05	1	29	3	2	2	1	3	0	0	2	1	1	1	0	0	0.87	-0.060
P05	1	29	3	2	2	1	3	0	0	2	1	2	2	1	0	0.90	-0.047
P05	1	29	3	2	2	1	3	0	0	2	1	3	3	0	1	1.01	0.005
P05	1	29	3	2	2	1	3	0	0	2	1	4	4	1	1	0.94	-0.027
P06	1	24	2	3	3	0	3	0	0	1	1	1	4	0	0	0.86	-0.068
P06	1	24	2	3	3	0	3	0	0	1	1	2	3	1	0	0.86	-0.065
P06	1	24	2	3	3	0	3	0	0	1	1	3	2	0	1	0.80	-0.097
P06	1	24	2	3	3	0	3	0	0	1	1	4	1	1	1	0.79	-0.101
P07	1	25	2	1	1	0	3	1	3	2	1	1	3	0	0	0.70	-0.156
P07	1	25	2	1	1	0	3	1	3	2	1	2	4	1	0	0.77	-0.116
P07	1	25	2	1	1	0	3	1	3	2	1	3	1	0	1	0.72	-0.146
P07	1	25	2	1	1	0	3	1	3	2	1	4	2	1	1	0.68	-0.168
P08	1	25	2	3	2	1	3	1	2	4	1	1	2	0	0	0.94	-0.029
P08	1	25	2	3	2	1	3	1	2	4	1	2	1	1	0	0.86	-0.066
P08	1	25	2	3	2	1	3	1	2	4	1	3	4	0	1	0.84	-0.075
P08	1	25	2	3	2	1	3	1	2	4	1	4	3	1	1	0.74	-0.128
P09	0	23	1	1	2	0	3	0	0	1	2	1	2	0	0	0.78	-0.105
P09	0	23	1	1	2	0	3	0	0	1	2	2	1	1	0	0.84	-0.078
P09	0	23	1	1	2	0	3	0	0	1	2	3	4	0	1	0.67	-0.176
P09	0	23	1	1	2	0	3	0	0	1	2	4	3	1	1	0.77	-0.115
P10	0	26	1	1	2	0	3	0	0	5	2	1	3	0	0	0.86	-0.063
P10	0	26	1	1	2	0	3	0	0	5	2	2	4	1	0	0.78	-0.110
P10	0	26	1	1	2	0	3	0	0	5	2	3	1	0	1	0.80	-0.096
P10	0	26	1	1	2	0	3	0	0	5	2	4	2	1	1	0.75	-0.122

**Εικόνα 4.6:** Απόσπασμα συγκεντρωτικού πίνακα από την επεξεργασία μετρήσεων του πειράματος.

#### 4.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Στην ενότητα αυτή, κρίθηκε χρήσιμο να παρουσιαστούν κάποια χαρακτηριστικά του δείγματος που έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και είναι χρήσιμα για τη στατιστική ανάλυση, είναι εύλογο να γίνουν κάποιες αρχικές παρατηρήσεις, που αφορούν την επίδραση των διαφημιστικών πινακίδων στην οδική ασφάλεια και συμπεριφορά του οδηγού, οι οποίες είναι οι εξής:

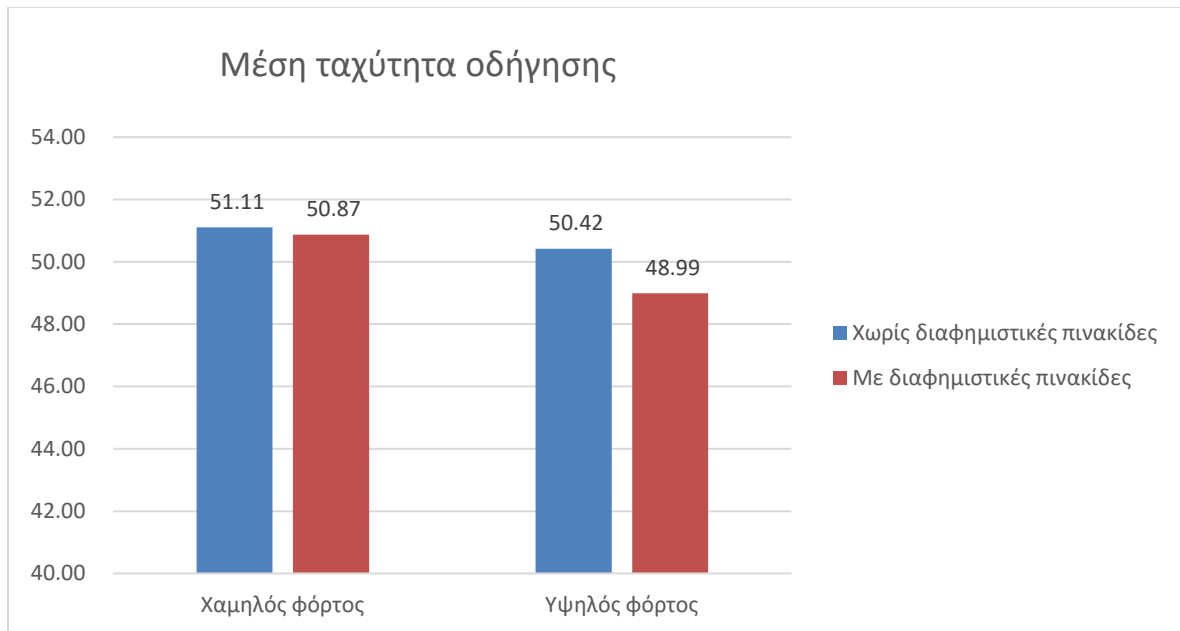
**Πίνακας 4.3:** Πίνακας με τα βασικά χαρακτηριστικά οδήγησης ανά σενάριο οδήγησης

Μεταβλητή	Χαμηλός φόρτος - Χωρίς πινακίδες	Χαμηλός φόρτος - Με πινακίδες	Υψηλός φόρτος - Χωρίς πινακίδες	Υψηλός φόρτος - Με πινακίδες
Μέση πλευρική απόσταση (m)	0.83	0.80	0.80	0.80
Μέση ταχύτητα οδήγησης (km/h)	51.11	50.87	50.42	48.99
Απόσταση από προπορευόμενο όχημα (m)	265.09	295.61	274.13	287.89
Μέσος χρόνος αντίδρασης (ms)	734.47	879.30	755.80	741.61
Αριθμός ατυχημάτων	0	1	2	4

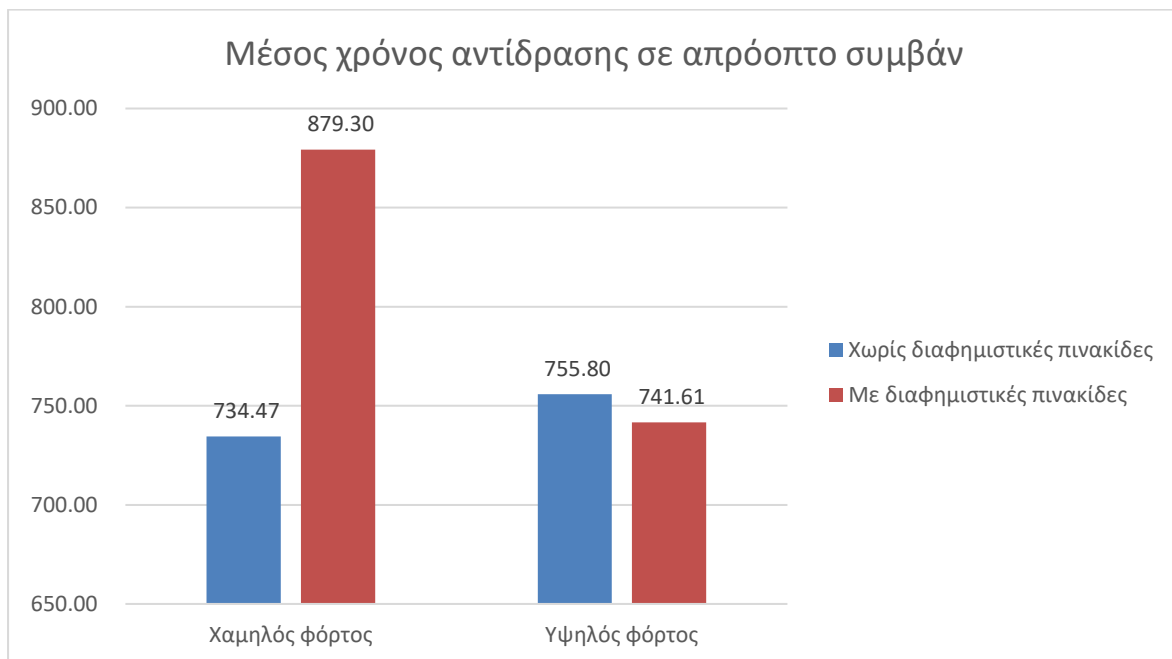
Από τους παραπάνω πίνακες παρατηρούνται τα εξής:

- Για ίδιες συνθήκες κυκλοφοριακού φόρτου, παρατηρείται γενικά μια τάση ελαφρώς μειωμένης μέσης ταχύτητας στα σενάρια με την παρουσία διαφημιστικών πινακίδων, ιδιαίτερα υπό υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο.
- Όσον αφορά τον χρόνο αντίδρασης, καταγράφεται αύξηση υπό χαμηλό φόρτο όταν υπάρχουν διαφημιστικές πινακίδες, γεγονός που υποδηλώνει πιθανή επιβάρυνση της προσοχής. Αντίθετα, υπό υψηλό φόρτο η διαφοροποίηση δεν εμφανίζεται με την ίδια ένταση, στοιχείο που ενδέχεται να σχετίζεται με το ήδη αυξημένο γνωστικό φορτίο.
- Η μέση πλευρική απόσταση παρουσιάζει μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ των σεναρίων, χωρίς να προκύπτει σαφής και σταθερή τάση μεταβολής λόγω της παρουσίας διαφημιστικών πινακίδων.
- Σε σχέση με την απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, παρατηρείται αύξηση της διατηρούμενης απόστασης στα σενάρια με διαφημιστικές πινακίδες, γεγονός που ενδέχεται να αποτελεί αντισταθμιστική συμπεριφορά των οδηγών.
- Τέλος, όσον αφορά τον αριθμό ατυχημάτων, παρατηρείται μεγαλύτερος αριθμός περιστατικών στα σενάρια με διαφημιστικές πινακίδες, ιδίως υπό υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο. Ωστόσο, λόγω του μικρού απόλυτου αριθμού συμβάντων, δεν μπορεί στην παρούσα φάση να εξαχθεί ασφαλές και γενικεύσιμο συμπέρασμα.

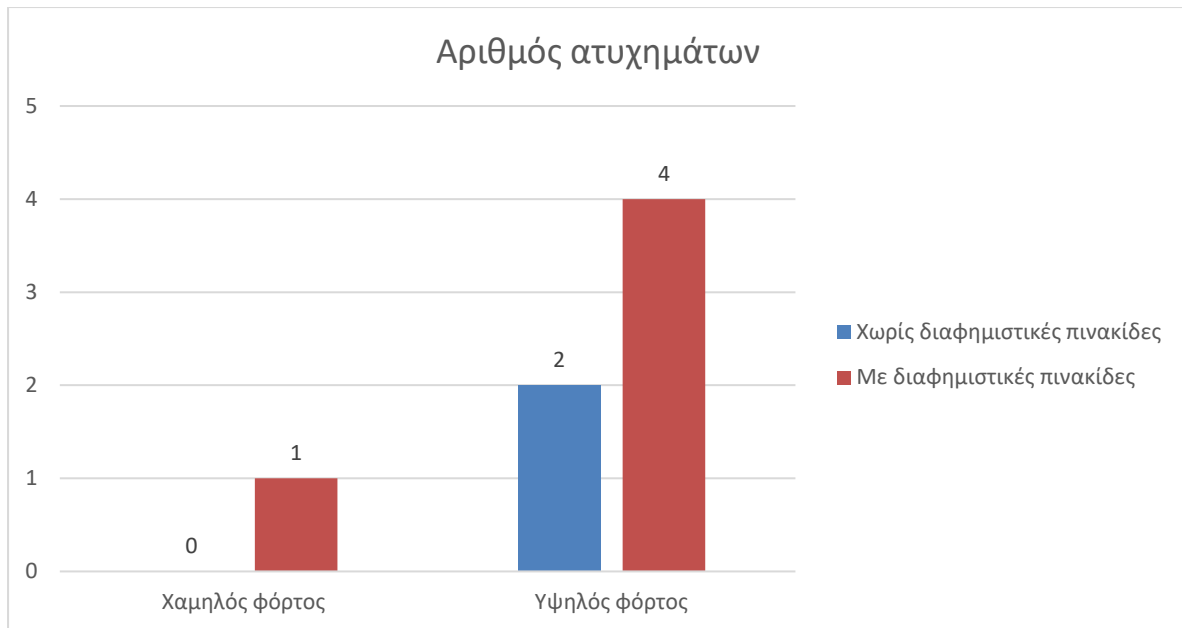
Στη συνέχεια, παρατίθενται ορισμένα από τα παραπάνω αποτελέσματα και υπό μορφή γραφημάτων.



**Γράφημα 4.2:** Μέση ταχύτητα οδήγησης ανά σενάριο οδήγησης



**Γράφημα 4.3** Χρόνος αντίδρασης οδηγών σε απρόσμενο συμβάν ανά σενάριο οδήγησης



**Γράφημα 4.3:** Αριθμός ατυχημάτων που πραγματοποιήθηκαν ανά σενάριο οδήγησης.

### 5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή της εφαρμογής της μεθοδολογίας, καθώς και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας.

**Η στατιστική ανάλυση των στοιχείων** που συλλέχθηκαν κατά το προηγούμενο στάδιο πραγματοποιήθηκε με τρεις διαφορετικές μεθόδους: τη γραμμική παλινδρόμηση, τη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση και τη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης.

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης κατάλληλων μοντέλων. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στην παρουσίαση ζητημάτων αξιοπιστίας των δεδομένων και στις διαδικασίες αντιμετώπισής τους. Αναπόσπαστο μέρος των αποτελεσμάτων αποτελούν **οι στατιστικοί έλεγχοι** που απαιτούνται για την αποδοχή ή μη των μοντέλων.

Σημαντικό τμήμα του κεφαλαίου καταλαμβάνει το υποκεφάλαιο που αφορά στην **παρουσίαση των αποτελεσμάτων** και διακρίνεται στις τρεις φάσεις που ακολουθούν:

- Παρουσίαση των εξαγόμενων στοιχείων
- Περιγραφή των αποτελεσμάτων
- Εξήγηση των αποτελεσμάτων

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει τόσο τη μαθηματική σχέση του μοντέλου, όσο και σχετικά διαγράμματα που επιτρέπουν τη γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων.

Αξίζει να αναφερθεί ότι πραγματοποιήθηκαν **πέντε ξεχωριστές στατιστικές αναλύσεις**, μία για το μοντέλο προσδιορισμού πλευρικής απόστασης του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή, μία για το μοντέλο προσδιορισμού του μέσου χρόνου αντίδρασης σε απρόοπτο συμβάν, μία για το μοντέλο προσδιορισμού της μέσης ταχύτητας, μία για το μοντέλο προσδιορισμού της μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα και τέλος μία για το μοντέλο προσδιορισμού της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα. Σε κάθε στατιστικό πρότυπο εξετάστηκε η επιρροή της ύπαρξης διαφημιστικών πινακίδων παραπλευρώς της οδού σε υπεραστικό περιβάλλον.

Τα μοντέλα που ακολουθούν προέκυψαν μετά από μία μεγάλη σειρά δοκιμών διαφορετικών μοντέλων, διαδικασία χρονοβόρα και δύσκολη. Από τις μετρήσεις του προσομοιωτή αλλά και από τα ερωτηματολόγια προέκυψε ένα μεγάλο πλήθος μεταβλητών, οι οποίες στη συνέχεια θα χρησιμοποιούνταν στα μοντέλα. Σε κάθε περίπτωση έγινε η προσπάθεια οι ανεξάρτητες μεταβλητές κάθε μοντέλου να έχουν μικρή μεταξύ τους συσχέτιση και μεγάλη συσχέτιση με την εξαρτημένη μεταβλητή, ενώ έπρεπε να διακρίνονται και για τη δυνατότητα φυσικής ερμηνείας τους. Ο σημαντικότερος έλεγχος για την αποδοχή μιας ανεξάρτητης μεταβλητής στο μοντέλο

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ήταν αυτός του ελέγχου **t-test**, κατά τον οποίο κάθε μεταβλητή έπρεπε να εμφανίζει τιμή του συντελεστή  $t$  μεγαλύτερη από μία δεδομένη τιμή.

### 5.2 ΈΛΕΓΧΟΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ

Προτού ξεκινήσει η δημιουργία των μοντέλων για τον προσδιορισμό των κρίσιμων παραγόντων επιρροής της υπέρβασης των ορίων ταχύτητας, πρέπει αρχικά να εξεταστεί η συσχέτιση των μεταβλητών. Εκείνο που επιδιώκεται είναι η μέγιστη δυνατή συσχέτιση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών και η μηδενική συσχέτιση μεταξύ ανεξάρτητων μεταβλητών. Όταν κατά απόλυτη τιμή η γραμμική συσχέτιση δύο μεταβλητών είναι κοντά στην μονάδα, τότε θεωρείται ότι έχουν ισχυρή συσχέτιση, ενώ όταν είναι κοντά στο μηδέν τότε αντίστοιχα φανερώνουν μηδενική συσχέτιση. Στην πράξη, όταν η απόλυτη του δείκτη συσχέτισης κατά Pearson  $r$  είναι μικρότερη ή ίση του 0.5~0.6 τότε οι μεταβλητές θεωρείται ότι έχουν μικρή συσχέτιση.

Στο πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης R υπάρχουν αρκετές εντολές οι οποίες μπορούν να υπολογίσουν την γραμμική συσχέτιση μεταξύ δύο ανεξάρτητων μεταβλητών από τις οποίες όμως η πιο απλή είναι η `cor(x, y, method=...)` όπου:

- $x, y$  είναι οι δύο μεταβλητές, για τις οποίες εξετάζεται η γραμμική συσχέτιση
- `method` είναι η μέθοδος ως προς την οποία εξετάζεται η γραμμική συσχέτιση, για παράδειγμα Pearson

**Πίνακας 5.1:** Παραδείγματα συσχέτισης των μεταβλητών

Variable	Statistic	sex	acc_in	Traffic	Distractor	num_adv	b_adv
<b>sex</b>	Pearson Correlation	1	0.3	0	0	0.249	0.276
	Sig. (2-tailed)		0.001	1	1	0.005	0.002
	N	124	124	124	124	124	124
<b>acc_in</b>	Pearson Correlation	0.3	1	0	0	0.338	0.16
	Sig. (2-tailed)	0.001		1	1	0	0.075
	N	124	124	124	124	124	124
<b>Traffic</b>	Pearson Correlation	0	0	1	0	0	0
	Sig. (2-tailed)	1	1		1	1	1
	N	124	124	124	124	124	124
<b>Distractor</b>	Pearson Correlation	0	0	0	1	0	0
	Sig. (2-tailed)	1	1	1		1	1
	N	124	124	124	124	124	124
<b>num_adv</b>	Pearson Correlation	0.249	0.338	0	0	1	<b>0.878</b>
	Sig. (2-tailed)	0.005	0	1	1		0
	N	124	124	124	124	124	124
<b>b_adv</b>	Pearson Correlation	0.276	0.16	0	0	0.878	1
	Sig. (2-tailed)	0.002	0.075	1	1	0	
	N	124	124	124	124	124	124

### 5.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗ ΔΕΞΙΑ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η διαδικασία ανάλυσης για τον προσδιορισμό της πλευρικής απόστασης του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή και θα διερευνηθεί η επιρροή της ύπαρξης διαφημιστικών πινακίδων παραπλεύρως της οδού σε αυτή. Σημειώνεται ότι θα πραγματοποιηθεί μία στατιστική ανάλυση με την οποία θα διερευνηθούν οι μεταβλητές που επηρεάζουν την πλευρική απόσταση του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή.

#### ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ:

**LogLat:** πλευρική απόσταση του οχήματος στο οδόστρωμα

#### ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ:

**Distractor:** οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με την ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων παραπλεύρως της οδού (1=ναι, 0=όχι)

**acc\_in:** αν έχει συμβεί στο συμμετέχοντα ατύχημα σε αστικό περιβάλλον (1=ναι, 0=όχι)

**Age:** η ηλικία του συμμετέχοντος

**num\_adv:** αν παρατήρησε ο συμμετέχων αλλαγή στην οδική του συμπεριφορά από την ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων (1=ναι, 0=όχι)

**AverageSpeed:** η μέση ταχύτητα οδήγησης

**GearAverage:** η μέση ταχύτητα στο κιβώτιο των ταχυτήτων

Επισημαίνεται ότι, από τις ανωτέρω μεταβλητές, οι μεταβλητές LogLat, Age, AverageSpeed και GearAverage ορίστηκαν ως συνεχείς (scale). Αντίθετα, όλες οι υπόλοιπες ορίστηκαν ως διακριτές (nominal), χωρίς όμως να έχουν την έννοια της φυσικής διάταξης (ordinal). Οι δυνατές τιμές των διακριτών μεταβλητών διακρίθηκαν σε δύο κατηγορίες, στις οποίες αντιστοιχήθηκαν οι τιμές 0 και 1.

#### 5.3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Παραπάνω παρουσιάστηκε το τελικό μοντέλο της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης για την πλευρική απόσταση του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή. Η μαθηματική σχέση που προέκυψε έχει ως εξαρτημένη μεταβλητή τον λογάριθμο της πλευρικής απόστασης (LogLat) και διαμορφώνεται ως εξής:

$$\text{LogLat} = \beta_0 + 0.048 \cdot \text{Distractor} - 0.034 \cdot \text{Age} + 0.075 \cdot \text{acc\_in} - 0.058 \cdot \text{num\_adv} + 0.012 \cdot \text{AverageSpeed}$$

και σε εκθετική μορφή:

$$\text{Lat} = 10^{(\beta_0 + 0.048 \cdot \text{Distractor} - 0.034 \cdot \text{Age} + 0.075 \cdot \text{acc\_in} - 0.058 \cdot \text{num\_adv} + 0.012 \cdot \text{AverageSpeed})}$$

όπου:

- **LogLat:** λογάριθμος της πλευρικής απόστασης από τη δεξιά οριογραμμή
- **Distractor:** ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων (1=ναι, 0=όχι)
- **Age:** ηλικία οδηγού
- **acc\_in:** εμπλοκή σε ατύχημα σε αστικό περιβάλλον (1=ναι, 0=όχι)
- **num\_adv:** δήλωση αλλαγής οδηγικής συμπεριφοράς λόγω πινακίδων (1=ναι, 0=όχι)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- **AverageSpeed**: μέση ταχύτητα οδήγησης

Ο συντελεστής προσδιορισμού του μοντέλου είναι  $R^2 = 0,47$ , γεγονός που υποδηλώνει ικανοποιητική προσαρμογή των δεδομένων.

**Πίνακας 5.1:** Αποτελέσματα του μοντέλου της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης για την πλευρική απόσταση του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Πλευρική απόσταση			
	$\beta_i$	Std. error	t	Sig
Διαφημιστικές πινακίδες	0.048	0.212	2.050	0.032
Ηλικία	-0.034	0.024	-2.450	0.010
Εμπλοκή του συμμετέχοντα σε ατύχημα στο παρελθόν	0.075	0.055	2.100	0.046
Αν ο συμμετέχων θεωρεί ότι η ύπαρξη των διαφημιστικών πινακίδων επηρέασε την οδηγική του συμπεριφορά στο πείραμα	-0.058	0.092	-2.050	0.039
Μέση ταχύτητα οδήγησης	0.012	0.413	2.300	0.010
<b>R-squared</b>	<b>0.47</b>			

### ΟΔΗΓΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΥΠΑΡΞΗ ΔΙΑΦΗΜΙΣΤΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΙΔΩΝ

Η μεταβλητή **Distractor** παρουσιάζει θετικό συντελεστή ( $\beta = 0,048$ ) και είναι στατιστικά σημαντική ( $t = 2,05$ ). Το θετικό πρόσημο δείχνει ότι η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων συνδέεται με αύξηση της πλευρικής απόστασης από τη δεξιά οριογραμμή. Δηλαδή, οι οδηγοί τείνουν να κινούνται πιο μακριά από το δεξί άκρο του οδοστρώματος όταν υπάρχουν οπτικά ερεθίσματα στο περιβάλλον. Η συμπεριφορά αυτή μπορεί να ερμηνευτεί ως αποτέλεσμα αυξημένου γνωστικού φόρτου ή δυσκολίας διατήρησης σταθερής θέσης εντός της λωρίδας σε περιβάλλον με παράγοντες απόσπασης προσοχής.

### ΕΜΠΛΟΚΗ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΟΣ ΣΕ ΑΤΥΧΗΜΑ

Η μεταβλητή **acc\_in** εμφανίζει θετικό συντελεστή ( $\beta = 0,075$ ) και είναι στατιστικά σημαντική ( $t = 2,10$ ). Το αποτέλεσμα δείχνει ότι οδηγοί που έχουν εμπλακεί σε ατύχημα στο παρελθόν διατηρούν μεγαλύτερη πλευρική απόσταση. Η συμπεριφορά αυτή ενδέχεται να αντανακλά αυξημένη επιφυλακτικότητα ή άγχος κατά την οδήγηση, οδηγώντας σε μικρότερη ακρίβεια τοποθέτησης του οχήματος στη λωρίδα.

### ΗΛΙΚΙΑ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΟΣ

Η μεταβλητή **Age** παρουσιάζει αρνητικό συντελεστή ( $\beta = -0,034$ ) και είναι στατιστικά σημαντική ( $t = -2,45$ ). Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει ότι όσο αυξάνεται η ηλικία, τόσο μειώνεται η πλευρική απόσταση. Δηλαδή, μεγαλύτεροι σε ηλικία οδηγοί κινούνται πιο κοντά στη δεξιά οριογραμμή, παρουσιάζοντας σταθερότερη και πιο ακριβή τοποθέτηση εντός της λωρίδας. Το εύρημα αυτό είναι εύλογο, καθώς η ηλικία συχνά

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

συνδέεται με αυξημένη οδηγική εμπειρία και καλύτερη εκτίμηση των διαστάσεων του οχήματος.

### ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΗΝ ΟΔΗΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ

Η μεταβλητή **num\_adv** έχει αρνητικό συντελεστή ( $\beta = -0,058$ ) και είναι στατιστικά σημαντική ( $t = -2,05$ ). Το αποτέλεσμα δείχνει ότι οδηγοί που δήλωσαν πως οι διαφημιστικές πινακίδες επηρεάζουν τη συμπεριφορά τους, στην πράξη διατηρούν μικρότερη πλευρική απόσταση. Πιθανόν οι συγκεκριμένοι οδηγοί να αντισταθμίζουν συνειδητά τον παράγοντα απόσπασης με αυξημένη προσοχή και αυτορρύθμιση της συμπεριφοράς τους.

### ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Η μεταβλητή **AverageSpeed** εμφανίζει θετικό συντελεστή ( $\beta = 0,012$ ) και είναι στατιστικά σημαντική ( $t = 2,30$ ). Η αύξηση της μέσης ταχύτητας συνδέεται με αύξηση της πλευρικής απόστασης. Το εύρημα αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι σε υψηλότερες ταχύτητες οι οδηγοί τείνουν να απομακρύνονται από τη δεξιά οριογραμμή (όπου ενδέχεται να υπάρχουν εμπόδια όπως σταθμευμένα οχήματα), επιδιώκοντας μεγαλύτερο λειτουργικό χώρο και αίσθηση ασφάλειας.

### 5.3.2 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Η επιρροή (elasticity) υπολογίστηκε με βάση τη σχέση:

$$e_i = \beta_i \cdot \frac{X_i}{Y_i}$$

και εκφράζει την ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής για μεταβολή 1% της ανεξάρτητης.

**Πίνακας 5.2:** Αποτελέσματα σχετικών επιρροών μεταβλητών του μοντέλου της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης για την πλευρική απόσταση του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Πλευρική απόσταση			
	$\beta_i$	t	$e_i$	$e_i^*$
Διαφημιστικές πινακίδες	0.048	2.050	0.058	1.61
Ηλικία	-0.034	-2.450	-0.890	24.72
Εμπλοκή του συμμετέχοντα σε ατύχημα στο παρελθόν	0.075	2.100	0.069	1.92
Αν ο συμμετέχων θεωρεί ότι η ύπαρξη των διαφημιστικών πινακίδων επηρέασε την οδηγική του συμπεριφορά στο πείραμα	-0.058	-2.050	-0.036	1.00
Μέση ταχύτητα οδήγησης	0.012	2.300	0.620	17.22
<b>R-squared</b>	<b>0.47</b>			

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι τιμές σχετικής επιρροής ( $e_i$ ) του μοντέλου είναι:

- **num\_adv**: -0,036
- **Distractor**: 0,058
- **acc\_in**: 0,069
- **AverageSpeed**: 0,62
- **Age**: -0,89

### Συμπεράσματα από τη σχετική επιρροή

- Η **μικρότερη επιρροή** παρατηρείται στη μεταβλητή *αλλαγή στην οδηγική συμπεριφορά* ( $e_i = -0,036$ ).
- Η ύπαρξη **διαφημιστικών πινακίδων** παρουσιάζει 1,61 φορές μεγαλύτερη επιρροή σε σχέση με τη μεταβλητή num\_adv.
- Η **εμπλοκή σε ατύχημα** εμφανίζει 1,92 φορές μεγαλύτερη επιρροή από τη num\_adv.
- Η **μέση ταχύτητα οδήγησης** παρουσιάζει 17,22 φορές μεγαλύτερη σχετική επιρροή από τη μεταβλητή num\_adv.
- Η **ηλικία** αποτελεί τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή στο μοντέλο ( $e_i = -0,89$ ), εμφανίζοντας 24,72 φορές μεγαλύτερη επιρροή σε σχέση με τη μεταβλητή num\_adv.

Συνεπώς, αν και όλες οι μεταβλητές είναι στατιστικά σημαντικές, η **ηλικία** και η **μέση ταχύτητα οδήγησης** αποτελούν τους ισχυρότερους παράγοντες που επηρεάζουν την πλευρική απόσταση του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή.

### 5.4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΣΕ ΑΠΡΟΣΜΕΝΟ ΣΥΜΒΑΝ

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η διαδικασία ανάλυσης για τον προσδιορισμό του **χρόνου αντίδρασης του οδηγού σε απρόσμενο συμβάν** και διερευνάται η επιρροή της ύπαρξης **διαφημιστικών πινακίδων** σε αυτόν. Πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση με στόχο την επιλογή των μεταβλητών που επηρεάζουν σημαντικά τον χρόνο αντίδρασης.

#### ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ:

**Χρόνος αντίδρασης σε απρόσμενο συμβάν (RT)**

#### ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ (του τελικού μοντέλου):

- **Distractor**: οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με την ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων παραπλευρώς της οδού (1=ναι, 0=όχι)
- **dist\_week\_in**: μέση εβδομαδιαία διανυόμενη απόσταση σε αστικό περιβάλλον
- **observ**: βαθμός στον οποίο ο συμμετέχων θεωρεί επικίνδυνη την οδήγηση (όπως ορίστηκε στο ερωτηματολόγιο)
- **LeadDistanceAvg**: μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα
- **BrakePerc**: ποσοστό της διαδρομής που ο οδηγός πατούσε φρένο

#### 5.4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Παραπάνω παρουσιάστηκε το τελικό μοντέλο παλινδρόμησης για τον **χρόνο αντίδρασης σε απρόσμενο συμβάν**. Η μαθηματική σχέση που προέκυψε είναι:

$$RT = \beta_0 + 138.2 \cdot Distractor + 152.4 \cdot dist\_week\_in + 105.8 \cdot observ - 4.12 \cdot LeadDistanceAvg - 61.7 \cdot BrakePerc$$

όπου:

- **RT**: χρόνος αντίδρασης σε απρόσμενο συμβάν
- **Distractor**: ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων (1=ναι, 0=όχι)
- **dist\_week\_in**: μέση εβδομαδιαία αστική διανυόμενη απόσταση
- **observ**: δείκτης/βαθμός αντίληψης επικινδυνότητας (ερωτηματολόγιο)
- **LeadDistanceAvg**: μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα
- **BrakePerc**: ποσοστό της διαδρομής με πάτημα φρένου

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

**Πίνακας 5.3:** Αποτελέσματα του μοντέλου της παλινδρόμησης για τον χρόνο αντίδρασης σε απρόσμενο συμβάν

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Χρόνος αντίδρασης σε απρόσμενο συμβάν			
	$\beta_i$	Std. error	t	Sig
Διαφημιστικές πινακίδες	138.200	52.540	2.100	0.044
Μέση εβδομαδιαία διανυόμενη απόσταση σε υπεραστική οδό	152.400	24.640	2.950	0.010
Βαθμός στον οποίο ο συμμετέχων θεωρεί επικίνδυνες τις διαφημιστικές πινακίδες σε υπεραστική οδό	105.800	81.640	2.600	0.026
Μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα	-4.120	2.743	-3.100	0.010
Ποσοστό της διαδρομής που ο οδηγός πατούσε φρένο	-61.700	34.874	-2.550	0.038
<b>R-squared</b>	<b>0.52</b>			

Ο συντελεστής προσδιορισμού του μοντέλου είναι  $R^2 = 0,52$ , γεγονός που υποδηλώνει ικανοποιητική προσαρμογή και ερμηνεία της μεταβλητότητας του χρόνου αντίδρασης.

### ΟΔΗΓΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΥΠΑΡΞΗ ΔΙΑΦΗΜΙΣΤΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΙΔΩΝ

Η μεταβλητή **Distractor** παρουσιάζει **θετικό συντελεστή** ( $\beta = 138,2$ ) και είναι **στατιστικά σημαντική** ( $t = 2,10$ ). Το θετικό πρόσημο δείχνει ότι, όταν υπάρχουν διαφημιστικές πινακίδες, ο χρόνος αντίδρασης **αυξάνεται**. Δηλαδή, σε περιβάλλον με οπτικά ερεθίσματα/απόσπαση προσοχής οι οδηγοί χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να ανταποκριθούν σε ένα απρόσμενο συμβάν. Το αποτέλεσμα είναι εύλογο, καθώς οι διαφημιστικές πινακίδες λειτουργούν ως παράγοντας απόσπασσης και αυξάνουν τον γνωστικό φόρτο του οδηγού.

### ΜΕΣΗ ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ ΔΙΑΝΥΟΜΕΝΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΕ ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η μεταβλητή **dist\_week\_in** εμφανίζει **θετικό συντελεστή** ( $\beta = 152,4$ ) και είναι **στατιστικά σημαντική** ( $t = 2,95$ ). Το αποτέλεσμα δείχνει ότι όσο αυξάνεται η μέση εβδομαδιαία αστική διανυόμενη απόσταση, τόσο αυξάνεται ο χρόνος αντίδρασης. Μία πιθανή ερμηνεία είναι ότι οδηγοί με υψηλή έκθεση σε αστικό περιβάλλον μπορεί να αναπτύσσουν ρουτίνα/εξοικείωση και να εμφανίζουν μειωμένη εγρήγορση σε σπάνια, απρόσμενα ερεθίσματα, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη καθυστέρηση στην αντίδραση.

### ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ (observ)

Η μεταβλητή **observ** παρουσιάζει **θετικό συντελεστή** ( $\beta = 105,8$ ) και είναι **στατιστικά σημαντική** ( $t = 2,60$ ). Το θετικό πρόσημο υποδηλώνει ότι όσο υψηλότερος είναι ο βαθμός στον οποίο ο οδηγός θεωρεί την οδήγηση επικίνδυνη (ή αντιλαμβάνεται μεγαλύτερη επικινδυνότητα), τόσο **μεγαλύτερος** είναι ο χρόνος αντίδρασης. Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί ως πιο «συγκρατημένη» ή επιφυλακτική απόκριση (π.χ. μεγαλύτερος χρόνος λήψης απόφασης πριν την ενέργεια), ειδικά σε απρόβλεπτες καταστάσεις.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΠΡΟΠΟΡΕΥΟΜΕΝΟ ΟΧΗΜΑ

Η μεταβλητή **LeadDistanceAvg** εμφανίζει **αρνητικό συντελεστή** ( $\beta = -4,12$ ) και είναι **στατιστικά σημαντική** ( $t = -3,10$ ). Το αρνητικό πρόσημο σημαίνει ότι όσο **μεγαλύτερη** είναι η μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, τόσο **μικρότερος** είναι ο χρόνος αντίδρασης. Μία ερμηνεία είναι ότι η διατήρηση μεγαλύτερων αποστάσεων συνδέεται με πιο «οργανωμένη» και προβλεπτική οδήγηση, άρα ο οδηγός βρίσκεται σε καλύτερη κατάσταση ετοιμότητας/ελέγχου και αντιδρά ταχύτερα σε απρόσμενα συμβάντα.

### ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΜΕ ΠΑΤΗΜΑ ΦΡΕΝΟΥ

Η μεταβλητή **BrakePerc** παρουσιάζει **αρνητικό συντελεστή** ( $\beta = -61,7$ ) και είναι **στατιστικά σημαντική** ( $t = -2,55$ ). Το αρνητικό πρόσημο δείχνει ότι όσο μεγαλύτερο ποσοστό της διαδρομής ο οδηγός πατάει φρένο, τόσο **μειώνεται** ο χρόνος αντίδρασης. Το εύρημα μπορεί να ερμηνευτεί ως εξής: συχνότερη χρήση φρένου ενδέχεται να αντανakλά αυξημένη επιτήρηση του περιβάλλοντος και «ενεργή» οδήγηση (με συνεχή μικρο-προσαρμογές), η οποία σχετίζεται με πιο άμεση αντίδραση σε ξαφνικά ερεθίσματα.

### ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Η επιρροή (elasticity) υπολογίστηκε με βάση τη σχέση:

$$e_i = \beta_i \cdot \frac{X_i}{Y_i}$$

και εκφράζει την ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής για μεταβολή 1% της ανεξάρτητης.

**Πίνακας 5.4:** Αποτελέσματα σχετικών επιρροών μεταβλητών του μοντέλου της παλινδρόμησης για τον χρόνο αντίδρασης σε απρόσμενο συμβάν

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Χρόνος αντίδρασης σε απρόσμενο συμβάν			
	$\beta_i$	t	$e_i$	$e_i^*$
Διαφημιστικές πινακίδες	138.200	2.100	0.150	1.00
Μέση εβδομαδιαία διανυόμενη απόσταση σε υπεραστική οδό	152.400	2.950	0.710	4.73
Βαθμός στον οποίο ο συμμετέχων θεωρεί επικίνδυνες τις διαφημιστικές πινακίδες σε υπεραστική οδό	105.800	2.600	0.490	3.27
Μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα	-4.120	-3.100	-0.590	3.93
Ποσοστό της διαδρομής που ο οδηγός πατούσε φρένο	-61.700	-2.550	-0.360	2.40
<b>R-squared</b>	<b>0.52</b>			

Οι τιμές επιρροής ( $e_i$ ) του μοντέλου είναι:

- **Distractor:** 0,15

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- **dist\_week\_in:** 0,71
- **observ:** 0,49
- **LeadDistanceAvg:** -0,59
- **BrakePerc:** -0,36

### Συμπεράσματα από τη σχετική επιρροή

- Η **μικρότερη επιρροή** παρατηρείται στη μεταβλητή **Distractor** ( $e_i = 0,15$ ).
- Η **μέση εβδομαδιαία αστική διανυόμενη απόσταση** παρουσιάζει **4,73 φορές μεγαλύτερη** σχετική επιρροή σε σχέση με τη Distractor.
- Η μεταβλητή **observ** παρουσιάζει **3,27 φορές μεγαλύτερη** σχετική επιρροή από τη Distractor.
- Η **μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα** παρουσιάζει **3,93 φορές μεγαλύτερη** σχετική επιρροή από τη Distractor (με αρνητικό πρόσημο, δηλαδή μειώνει τον χρόνο αντίδρασης).
- Το **ποσοστό της διαδρομής με πάτημα φρένου** παρουσιάζει **2,40 φορές μεγαλύτερη** σχετική επιρροή από τη Distractor (επίσης με αρνητικό πρόσημο).

**Συνεπώς**, αν και όλες οι μεταβλητές του τελικού μοντέλου είναι στατιστικά σημαντικές, η **μέση εβδομαδιαία αστική διανυόμενη απόσταση**, η **αντίληψη επικινδυνότητας**, καθώς και οι **δείκτες αλληλεπίδρασης με το προπορευόμενο όχημα/χρήσης φρένου**, εμφανίζουν τη μεγαλύτερη επίδραση στον χρόνο αντίδρασης, ενώ η **ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων** παραμένει σημαντική, αλλά με τη μικρότερη σχετική επιρροή μεταξύ των μεταβλητών του μοντέλου.

### 5.5 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται η διαδικασία ανάλυσης για τον προσδιορισμό της μέσης ταχύτητας οδήγησης και θα διερευνηθεί η επιρροή της ύπαρξης διαφημιστικών πινακίδων παραπλεύρως της οδού σε αυτή. Σημειώνεται ότι πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση με σκοπό τον εντοπισμό των μεταβλητών που επηρεάζουν σημαντικά τη μέση ταχύτητα οδήγησης.

#### ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ:

**AverageSpeed:** μέση ταχύτητα οδήγησης

#### ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ:

- **Distractor:** οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με την ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων παραπλεύρως της οδού (1=ναι, 0=όχι)
- **Age:** ηλικία συμμετέχοντος
- **Sex:** φύλο συμμετέχοντος
- **Traffic conditions:** κυκλοφοριακές συνθήκες
- **accident\_in:** εμπλοκή του συμμετέχοντα σε ατύχημα στο παρελθόν
- **observ:** βαθμός στον οποίο ο συμμετέχων θεωρεί επικίνδυνες τις διαφημιστικές πινακίδες σε αστική οδό
- **BrakePerc:** ποσοστό της διαδρομής που ο οδηγός πατούσε φρένο
- **CenterDistanceAvg:** μέση απόσταση από τον άξονα της οδού

#### 5.5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Παραπάνω παρουσιάστηκε το τελικό μοντέλο παλινδρόμησης για τη **μέση ταχύτητα οδήγησης**. Η μαθηματική σχέση που προέκυψε είναι:

$$\begin{aligned} \text{Log}V = \beta_0 - 0.012 \cdot \text{Distractor} + 0.005 \cdot \text{Age} + 0.032 \cdot \text{Sex} - 0.028 \\ \cdot \text{TrafficConditions} - 0.017 \cdot \text{Accident} - 0.010 \cdot \text{observ} + 0.017 \\ \cdot \text{BrakePerc} - 0.011 \cdot \text{CenterDistanceAvg} \end{aligned}$$

όπου:

- **LogV:** λογάριθμος της μέσης ταχύτητας οδήγησης
- **Distractor:** ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων
- **Age:** ηλικία οδηγού
- **Sex:** φύλο συμμετέχοντος
- **TrafficConditions:** κυκλοφοριακές συνθήκες
- **Accident:** εμπλοκή σε ατύχημα στο παρελθόν
- **observ:** βαθμός αντίληψης επικινδυνότητας των διαφημιστικών πινακίδων
- **BrakePerc:** ποσοστό χρήσης φρένου
- **CenterDistanceAvg:** μέση απόσταση από τον άξονα της οδού

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

**Πίνακας 5.5:** Αποτελέσματα του μοντέλου της παλινδρόμησης για τη μέση ταχύτητα οδήγησης

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Μέση ταχύτητα οδήγησης			
	$\beta_i$	Std. error	t	Sig.
Διαφημιστικές πινακίδες	-0.012	0.003	-1.950	0.053
Ηλικία	0.005	0.001	2.150	0.042
Φύλο	0.032	0.012	4.200	0.001
Κυκλοφοριακές συνθήκες	-0.028	0.007	-4.050	0.001
Εμπλοκή του συμμετέχοντα σε ατύχημα στο παρελθόν	-0.017	0.004	-2.100	0.007
Βαθμός στον οποίο ο συμμετέχων θεωρεί επικίνδυνες τις διαφημιστικές πινακίδες σε υπεραστική οδό	-0.010	0.037	-2.200	0.044
Ποσοστό της διαδρομής που ο οδηγός πατούσε φρένο	0.017	0.006	6.100	0.001
Μέση απόσταση από τον άξονα της οδού	-0.011	0.023	-2.050	0.028
<b>R-squared</b>	<b>0.44</b>			

Ο συντελεστής προσδιορισμού του μοντέλου είναι  $R^2 = 0,44$ , γεγονός που υποδηλώνει ικανοποιητική προσαρμογή των δεδομένων.

### ΟΔΗΓΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΥΠΑΡΞΗ ΔΙΑΦΗΜΙΣΤΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΙΔΩΝ

Η μεταβλητή **Distractor** παρουσιάζει αρνητικό συντελεστή ( $\beta = -0.012$ ) και είναι οριακά στατιστικά σημαντική ( $t = -1.95$ ). Το αρνητικό πρόσημο δείχνει ότι όταν υπάρχουν διαφημιστικές πινακίδες η μέση ταχύτητα οδήγησης τείνει να μειώνεται. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να ερμηνευτεί από το γεγονός ότι οι οδηγοί ενδέχεται να υιοθετούν πιο προσεκτική οδηγική συμπεριφορά σε περιβάλλον με παράγοντες απόσπασης προσοχής.

### ΗΛΙΚΙΑ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΟΣ

Η μεταβλητή **Age** παρουσιάζει θετικό συντελεστή ( $\beta = 0.005$ ) και είναι στατιστικά σημαντική ( $t = 2.15$ ). Το αποτέλεσμα δείχνει ότι όσο αυξάνεται η ηλικία του οδηγού, τόσο αυξάνεται και η μέση ταχύτητα οδήγησης. Μία πιθανή ερμηνεία είναι ότι οι μεγαλύτερης ηλικίας οδηγοί έχουν μεγαλύτερη οδηγική εμπειρία και αισθάνονται μεγαλύτερη ασφάλεια στην ανάπτυξη υψηλότερων ταχυτήτων.

### ΦΥΛΟ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΟΣ

Η μεταβλητή **Sex** εμφανίζει θετικό συντελεστή ( $\beta = 0.032$ ) και είναι στατιστικά σημαντική ( $t = 4.20$ ). Το αποτέλεσμα δείχνει ότι το φύλο επηρεάζει σημαντικά τη μέση ταχύτητα οδήγησης. Συγκεκριμένα, η κατηγορία που έχει κωδικοποιηθεί με την τιμή 1 παρουσιάζει υψηλότερη μέση ταχύτητα σε σχέση με την άλλη κατηγορία.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η μεταβλητή **TrafficConditions** παρουσιάζει αρνητικό συντελεστή ( $\beta = -0.028$ ) και είναι στατιστικά σημαντική ( $t = -4.05$ ). Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι σε πιο επιβαρυσμένες κυκλοφοριακές συνθήκες η μέση ταχύτητα οδήγησης μειώνεται, γεγονός που είναι αναμενόμενο λόγω της μεγαλύτερης πυκνότητας κυκλοφορίας.

### ΕΜΠΛΟΚΗ ΣΕ ΑΤΥΧΗΜΑ

Η μεταβλητή **Accident** εμφανίζει αρνητικό συντελεστή ( $\beta = -0.017$ ) και είναι στατιστικά σημαντική ( $t = -2.10$ ). Το αποτέλεσμα δείχνει ότι οδηγοί που έχουν εμπλακεί σε ατύχημα στο παρελθόν τείνουν να οδηγούν με χαμηλότερη μέση ταχύτητα, πιθανόν λόγω αυξημένης επιφυλακτικότητας.

### ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΦΗΜΙΣΤΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΙΔΩΝ

Η μεταβλητή **observ** παρουσιάζει αρνητικό συντελεστή ( $\beta = -0.010$ ) και είναι στατιστικά σημαντική ( $t = -2.20$ ). Αυτό σημαίνει ότι όσο περισσότερο οι οδηγοί θεωρούν τις διαφημιστικές πινακίδες επικίνδυνες, τόσο χαμηλότερη είναι η μέση ταχύτητα οδήγησης.

### ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΜΕ ΠΑΤΗΜΑ ΦΡΕΝΟΥ

Η μεταβλητή **BrakePerc** παρουσιάζει θετικό συντελεστή ( $\beta = 0.017$ ) και είναι ιδιαίτερα στατιστικά σημαντική ( $t = 6.10$ ). Το αποτέλεσμα δείχνει ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό της διαδρομής κατά το οποίο ο οδηγός χρησιμοποιεί το φρένο, τόσο αυξάνεται η μέση ταχύτητα οδήγησης. Το εύρημα αυτό μπορεί να ερμηνευτεί από το γεγονός ότι οδηγοί που κινούνται με υψηλότερες ταχύτητες αναγκάζονται να χρησιμοποιούν συχνότερα το φρένο για να προσαρμόσουν την ταχύτητά τους στις κυκλοφοριακές συνθήκες.

### ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ ΤΗΣ ΟΔΟΥ

Η μεταβλητή **CenterDistanceAvg** παρουσιάζει αρνητικό συντελεστή ( $\beta = -0.011$ ) και είναι στατιστικά σημαντική ( $t = -2.05$ ). Το αποτέλεσμα δείχνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση του οχήματος από τον άξονα της οδού, τόσο μικρότερη είναι η μέση ταχύτητα οδήγησης. Πιθανόν οι οδηγοί που κινούνται πιο κοντά στη δεξιά οριογραμμή να οδηγούν πιο προσεκτικά και με χαμηλότερες ταχύτητες.

#### 5.5.2 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Η επιρροή (elasticity) υπολογίστηκε με βάση τη σχέση:

$$e_i = \beta_i \cdot \frac{X_i}{Y_i}$$

και εκφράζει την ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής για μεταβολή 1% της ανεξάρτητης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

**Πίνακας 5.6:** Αποτελέσματα σχετικών επιρροών μεταβλητών του μοντέλου της παλινδρόμησης για την μέση ταχύτητα οδήγησης

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Μέση ταχύτητα οδήγησης			
	$\beta_i$	t	$e_i$	$e_i^*$
Διαφημιστικές πινακίδες	-0.012	-1.950	-0.004	1.00
Ηλικία	0.005	2.150	0.058	14.50
Φύλο	0.032	4.200	0.010	2.50
Κυκλοφοριακές συνθήκες	-0.028	-4.050	-0.008	2.00
Εμπλοκή του συμμετέχοντα σε ατύχημα στο παρελθόν	-0.017	-2.100	-0.005	1.25
Βαθμός στον οποίο ο συμμετέχων θεωρεί επικίνδυνες τις διαφημιστικές πινακίδες σε αστική οδό	-0.010	-2.200	-0.015	3.75
Ποσοστό της διαδρομής που ο οδηγός πατούσε φρένο	0.017	6.100	0.028	7.00
Μέση απόσταση από τον άξονα της οδού	-0.011	-2.050	-0.022	5.50
<b>R-squared</b>	<b>0.44</b>			

Οι τιμές επιρροής ( $e_i$ ) του μοντέλου είναι:

- **Distractor:** -0.004
- **Age:** 0.058
- **Sex:** 0.010
- **TrafficConditions:** -0.008
- **Accident:** -0.005
- **observ:** -0.015
- **BrakePerc:** 0.028
- **CenterDistanceAvg:** -0.022

### Συμπεράσματα από τη σχετική επιρροή

- Η μικρότερη επιρροή παρατηρείται στη μεταβλητή **Distractor** ( $e_i = -0.004$ ).
- Η **ηλικία** εμφανίζει τη μεγαλύτερη σχετική επιρροή στο μοντέλο ( $e_i = 0.058$ ).
- Το **ποσοστό χρήσης φρένου** παρουσιάζει επίσης σημαντική επίδραση ( $e_i = 0.028$ ).
- Η **μέση απόσταση από τον άξονα της οδού** επηρεάζει αρνητικά τη μέση ταχύτητα ( $e_i = -0.022$ ).

Συνεπώς, αν και η παρουσία διαφημιστικών πινακίδων επηρεάζει τη μέση ταχύτητα οδήγησης, οι δημογραφικοί και συμπεριφορικοί παράγοντες (όπως η ηλικία και η

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

χρήση φρένου) φαίνεται να έχουν ισχυρότερη επίδραση στη διαμόρφωση της ταχύτητας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 5.6 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΠΡΟΠΟΡΕΥΟΜΕΝΟ ΟΧΗΜΑ

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται η διαδικασία ανάλυσης για τον προσδιορισμό της μέσης απόστασης από προπορευόμενο όχημα και θα διερευνηθεί η επιρροή της ύπαρξης διαφημιστικών πινακίδων παραπλεύρως της οδού σε αυτή. Σημειώνεται ότι πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση με σκοπό τον εντοπισμό των μεταβλητών που επηρεάζουν σημαντικά τη μέση απόσταση που διατηρεί ο οδηγός από το προπορευόμενο όχημα.

#### ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ:

**LeadDistanceAvg**: μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα

#### ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ:

- **Distractor**: οδήγηση σε περιβάλλον με την ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων (1=ναι, 0=όχι)
- **Age**: ηλικία συμμετέχοντος
- **TrafficConditions**: κυκλοφοριακές συνθήκες
- **GearAverage**: μέση ταχύτητα στο κιβώτιο των ταχυτήτων

#### 5.6.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Παραπάνω παρουσιάστηκε το τελικό μοντέλο παλινδρόμησης για τη μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα. Η μαθηματική σχέση που προέκυψε είναι:

$$\begin{aligned} \text{LeadDistanceAvg} \\ = \beta_0 + 0.023 \cdot \text{Distractor} - 0.011 \cdot \text{Age} - 0.040 \cdot \text{TrafficConditions} \\ - 0.310 \cdot \text{GearAverage} \end{aligned}$$

όπου:

- **LeadDistanceAvg**: μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα
- **Distractor**: ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων
- **Age**: ηλικία οδηγού
- **TrafficConditions**: κυκλοφοριακές συνθήκες
- **GearAverage**: μέση ταχύτητα στο κιβώτιο των ταχυτήτων

**Πίνακας 5.7:** Αποτελέσματα του μοντέλου της παλινδρόμησης για τη μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα			
	$\beta_i$	Std.error	t	Sig.
Διαφημιστικές πινακίδες	<b>0.023</b>	<b>0.045</b>	<b>2.050</b>	<b>0.043</b>
Ηλικία	<b>-0.011</b>	<b>0.089</b>	<b>-2.200</b>	<b>0.001</b>
Κυκλοφοριακές συνθήκες	<b>-0.040</b>	<b>-0.030</b>	<b>-2.050</b>	<b>0.046</b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μέση ταχύτητα στο κιβώτιο των ταχυτήτων	-0.310	0.036	-13.200	0.001
<b>R-squared</b>	<b>0.51</b>			

Ο συντελεστής προσδιορισμού του μοντέλου είναι  $R^2 = 0,51$ , γεγονός που υποδηλώνει ικανοποιητική προσαρμογή και ερμηνεία της μεταβλητότητας της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα.

### ΟΔΗΓΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΥΠΑΡΞΗ ΔΙΑΦΗΜΙΣΤΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΙΔΩΝ

Η μεταβλητή **Distractor** παρουσιάζει θετικό συντελεστή ( $\beta = 0.023$ ) και είναι στατιστικά σημαντική ( $t = 2.05$ ). Το θετικό πρόσημο δείχνει ότι όταν υπάρχουν διαφημιστικές πινακίδες οι οδηγοί τείνουν να διατηρούν μεγαλύτερη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να ερμηνευτεί ως προσαρμογή της οδηγικής συμπεριφοράς σε περιβάλλον με παράγοντες απόσπασης προσοχής, όπου οι οδηγοί αυξάνουν το περιθώριο ασφαλείας.

### ΗΛΙΚΙΑ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΟΣ

Η μεταβλητή **Age** εμφανίζει αρνητικό συντελεστή ( $\beta = -0.011$ ) και είναι στατιστικά σημαντική ( $t = -2.20$ ). Το αποτέλεσμα δείχνει ότι όσο αυξάνεται η ηλικία του οδηγού τόσο μειώνεται η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα. Μία πιθανή ερμηνεία είναι ότι οι πιο έμπειροι οδηγοί έχουν καλύτερη εκτίμηση των αποστάσεων και αισθάνονται πιο άνετα να κινούνται σε μικρότερη απόσταση.

### ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η μεταβλητή **TrafficConditions** παρουσιάζει αρνητικό συντελεστή ( $\beta = -0.040$ ) και είναι στατιστικά σημαντική ( $t = -2.05$ ). Το αποτέλεσμα δείχνει ότι σε πιο επιβαρυσμένες κυκλοφοριακές συνθήκες οι οδηγοί τείνουν να διατηρούν μικρότερη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, γεγονός που είναι αναμενόμενο λόγω της αυξημένης πυκνότητας κυκλοφορίας.

### ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΤΟ ΚΙΒΩΤΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Η μεταβλητή **GearAverage** εμφανίζει αρνητικό συντελεστή ( $\beta = -0.310$ ) και είναι ιδιαίτερα στατιστικά σημαντική ( $t = -13.20$ ). Το αποτέλεσμα δείχνει ότι όσο αυξάνεται η μέση ταχύτητα στο κιβώτιο των ταχυτήτων τόσο μειώνεται η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα. Μία πιθανή ερμηνεία είναι ότι οδηγοί που κινούνται με υψηλότερες ταχύτητες τείνουν να ακολουθούν πιο κοντά το προπορευόμενο όχημα, υιοθετώντας πιο επιθετική οδηγική συμπεριφορά.

#### 5.6.2 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Η επιρροή (elasticity) υπολογίστηκε με βάση τη σχέση:

$$e_i = \beta_i \cdot \frac{X_i}{Y_i}$$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

**Πίνακας 5.8:** Αποτελέσματα σχετικών επιρροών μεταβλητών του μοντέλου της παλινδρόμησης για τη μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα			
	$\beta_i$	t	$e_i$	$e_i^*$
Διαφημιστικές πινακίδες	<b>0.023</b>	<b>2.050</b>	<b>0.052</b>	<b>4.33</b>
Ηλικία	<b>-0.011</b>	<b>-2.200</b>	<b>-0.140</b>	<b>11.67</b>
Κυκλοφοριακές συνθήκες	<b>-0.040</b>	<b>-2.050</b>	<b>-0.012</b>	<b>1.00</b>
Μέση ταχύτητα στο κιβώτιο των ταχυτήτων	<b>-0.310</b>	<b>-13.200</b>	<b>-0.080</b>	<b>6.67</b>
<b>R-squared</b>	<b>0.51</b>			

Οι τιμές επιρροής ( $e_i$ ) του μοντέλου είναι:

- Distractor: 0.052
- Age: -0.140
- TrafficConditions: -0.012
- GearAverage: -0.080
- 

### Συμπεράσματα από τη σχετική επιρροή

- Η μικρότερη επιρροή παρατηρείται στη μεταβλητή **TrafficConditions** ( $e_i = -0.012$ ).
- Η **ηλικία** εμφανίζει τη μεγαλύτερη σχετική επιρροή στο μοντέλο ( $e_i = -0.140$ ).
- Η **μέση ταχύτητα στο κιβώτιο των ταχυτήτων** παρουσιάζει επίσης σημαντική αρνητική επίδραση στην απόσταση από το προπορευόμενο όχημα ( $e_i = -0.080$ ).
- Η παρουσία **διαφημιστικών πινακίδων** επηρεάζει θετικά την απόσταση που διατηρούν οι οδηγοί, υποδηλώνοντας μια πιο προσεκτική οδηγική συμπεριφορά σε περιβάλλον με παράγοντες απόσπασης προσοχής.

Συνεπώς, αν και η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων επηρεάζει τη συμπεριφορά των οδηγών, οι παράγοντες που σχετίζονται με την εμπειρία του οδηγού και τα δυναμικά χαρακτηριστικά της οδήγησης φαίνεται να έχουν μεγαλύτερη επίδραση στη διαμόρφωση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα.

### 5.7 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΕΜΠΛΟΚΗΣ ΣΕ ΑΤΥΧΗΜΑ

Στο πλαίσιο της ανάλυσης διερευνήθηκε επίσης η πιθανότητα εμπλοκής των οδηγών σε ατύχημα μέσω της ανάπτυξης μοντέλου λογιστικής παλινδρόμησης, όπου ως εξαρτημένη μεταβλητή χρησιμοποιήθηκε η δυαδική μεταβλητή που εκφράζει την εμπλοκή ή μη του οδηγού σε ατύχημα. Στο μοντέλο εξετάστηκαν διάφορες ανεξάρτητες μεταβλητές που σχετίζονται με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των οδηγών, τις κυκλοφοριακές συνθήκες καθώς και δείκτες οδηγικής συμπεριφοράς.

Ωστόσο, τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν ότι καμία από τις εξεταζόμενες μεταβλητές δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική επίδραση στην πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα σε αποδεκτό επίπεδο σημαντικότητας. Ως εκ τούτου, δεν κατέστη δυνατή η ανάπτυξη αξιόπιστου μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης της πιθανότητας ατυχήματος.

Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να αποδοθεί σε διάφορους παράγοντες, όπως το περιορισμένο πλήθος περιστατικών ατυχημάτων στο δείγμα, καθώς και στη σχετικά μικρή χρονική διάρκεια παρατήρησης των οδηγών. Επιπλέον, η εμπλοκή σε ατύχημα αποτελεί ένα σύνθετο φαινόμενο που επηρεάζεται από πολλούς εξωτερικούς παράγοντες, οι οποίοι δεν καταγράφονται πάντα στα δεδομένα συμπεριφοράς οδήγησης. Για τον λόγο αυτό, η περαιτέρω διερεύνηση της πιθανότητας ατυχήματος θα απαιτούσε μεγαλύτερο δείγμα δεδομένων και μεγαλύτερη χρονική περίοδο παρατήρησης.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η διερεύνηση του βαθμού στον οποίο η ύπαρξη **διαφημιστικών πινακίδων** παραπλεύρως της οδού επηρεάζει την οδηγική συμπεριφορά και, έμμεσα, δείκτες ασφάλειας, μέσα από την ανάλυση βασικών μεγεθών οδηγικής συμπεριφοράς. Για τον σκοπό αυτό αναπτύχθηκαν μαθηματικά μοντέλα που αποτυπώνουν τη συσχέτιση μεταξύ της ύπαρξης διαφημιστικών πινακίδων και μεταβλητών όπως η πλευρική θέση στη λωρίδα, ο χρόνος αντίδρασης σε απρόσμενο συμβάν, η μέση ταχύτητα οδήγησης και η μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα.

Για τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων και την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων, μετά από σειρά δοκιμών επιλέχθηκαν κατάλληλες μέθοδοι παλινδρόμησης ανάλογα με τη φύση της εξαρτημένης μεταβλητής. Ειδικότερα, για την **πλευρική απόσταση από τη δεξιά οριογραμμή** εφαρμόστηκε **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση**, για τον **χρόνο αντίδρασης** εφαρμόστηκε **γραμμική παλινδρόμηση**, ενώ για τη **μέση ταχύτητα οδήγησης** και τη **μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα** αναπτύχθηκαν αντίστοιχα γραμμικά μοντέλα παλινδρόμησης. Τέλος, για την **πιθανότητα να συμβεί ατύχημα** δοκιμάστηκε **λογιστική παλινδρόμηση**, χωρίς όμως να προκύψει στατιστικά σημαντικό μοντέλο.

Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψαν τα τελικά μαθηματικά μοντέλα που αποτυπώνουν τις σχέσεις μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών και των παραγόντων που τις επηρεάζουν. Επισημαίνεται ότι η **σχετική επιρροή** των ανεξάρτητων μεταβλητών σε κάθε μοντέλο προσδιορίστηκε μέσω του μεγέθους της **ελαστικότητας (ei)**, δίνοντας τη δυνατότητα ποσοτικοποίησης της επίδρασης της κάθε μεταβλητής και σύγκρισης του βαθμού επίδρασης μεταξύ των μεταβλητών του ίδιου μοντέλου.

Τα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης παρουσιάζονται μέσω του Πίνακα 6.1 ο οποίος περιλαμβάνει και τις τιμές της ελαστικότητας για τον προσδιορισμό της σχετικής επιρροής μεταξύ των μεταβλητών.

Πίνακας 6.1: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων στατιστικών μοντέλων

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Πλευρική απόσταση				Χρόνος αντίδρασης σε απρόσμενο συμβάν				Μέση ταχύτητα οδήγησης				Μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα			
	$\beta_1$	t	$e_1$	$e_1^*$	$\beta_1$	t	$e_1$	$e_1^*$	$\beta_1$	t	$e_1$	$e_1^*$	$\beta_1$	t	$e_1$	$e_1^*$
Διαφημιστικές πινακίδες	0.048	2.050	0.058	1.61	138.200	2.100	0.150	1.00	-0.012	-1.950	-0.004	1.00	0.023	2.050	0.052	4.33
Ηλικία	-0.034	-2.450	-0.890	24.72					0.005	2.150	0.058	14.50	-0.011	-2.200	-0.140	11.67
Φύλο									0.032	4.200	0.010	2.50				
Κυκλοφοριακές συνθήκες									-0.028	-4.050	-0.008	2.00	-0.040	-2.050	-0.012	1.00
Μέση εβδομαδιαία διανυόμενη απόσταση σε υπεραστική οδό					152.400	2.950	0.710	4.73								
Εμπλοκή του συμμετέχοντα σε ατύχημα στο παρελθόν	0.075	2.100	0.069	1.92					-0.017	-2.100	-0.005	1.25				
Βαθμός στον οποίο ο συμμετέχων θεωρεί επικίνδυνες τις διαφημιστικές πινακίδες σε υπεραστική οδό					105.800	2.600	0.490	3.27	-0.010	-2.200	-0.015	3.75				
Αν ο συμμετέχων θεωρεί ότι η ύπαρξη των διαφημιστικών πινακίδων επηρέασε την οδηγική του συμπεριφορά στο πείραμα	-0.058	-2.050	-0.036	1.00												
Μέση ταχύτητα οδήγησης	0.012	2.300	0.620	17.22												
Μέση ταχύτητα στο κιβώτιο των ταχυτήτων													-0.310	-13.200	-0.080	6.67
Μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα					-4.120	-3.100	-0.590	3.93								
Ποσοστό της διαδρομής που ο οδηγός πατούσε φρένο					-61.700	-2.550	-0.360	2.40	0.017	6.100	0.028	7.00				
Μέση απόσταση από τον άξονα της οδού									-0.011	-2.050	-0.022	5.50				
<b>R-squared</b>	<b>0.47</b>				<b>0.52</b>				<b>0.44</b>				<b>0.51</b>			

## 6.2 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης και την ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων προκύπτουν συνολικά τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. **Η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων παραπλεύρως της οδού επηρεάζει την οδηγική συμπεριφορά**, καθώς εμφανίζεται να σχετίζεται στατιστικά σημαντικά με βασικούς δείκτες οδηγικής συμπεριφοράς, όπως η πλευρική τοποθέτηση στη λωρίδα, ο χρόνος αντίδρασης και (οριακά) η μέση ταχύτητα οδήγησης.
2. Παρά το ότι η μεταβλητή που αποτυπώνει την ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων (**Distractor**) εισέρχεται στα τελικά μοντέλα, **η σχετική επιρροή της είναι γενικά μικρότερη σε σχέση με άλλες μεταβλητές** (π.χ. ηλικία, μέση ταχύτητα, χρήση φρένου, συνθήκες κυκλοφορίας ή δείκτες αντίληψης επικινδυνότητας), κάτι που υποδηλώνει ότι ο παράγοντας “διαφημιστικές πινακίδες” δρα περισσότερο ως πρόσθετος επιβαρυντικός παράγοντας, και λιγότερο ως ο κυρίαρχος διαμορφωτής της συμπεριφοράς.
3. **Πλευρική απόσταση από τη δεξιά οριογραμμή**: Η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων συνδέεται με **αύξηση της πλευρικής απόστασης**, δηλαδή οι οδηγοί τείνουν να κινούνται πιο μακριά από τη δεξιά οριογραμμή όταν υπάρχει παράγοντας απόσπασης. Παράλληλα, η **ηλικία** και η **μέση ταχύτητα** αποτελούν τους ισχυρότερους παράγοντες (μεγαλύτερη σχετική επιρροή), ενώ η εμπλοκή σε ατύχημα και η υποκειμενική αντίληψη αλλαγής συμπεριφοράς λόγω πινακίδων επηρεάζουν επίσης σημαντικά το μέγεθος.
4. **Χρόνος αντίδρασης σε απρόσμενο συμβάν**: Η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων οδηγεί σε **αύξηση του χρόνου αντίδρασης**, κάτι που είναι συμβατό με τη θεωρία της απόσπασης προσοχής και του αυξημένου γνωστικού φόρτου. Παράλληλα, μεταβλητές που σχετίζονται με την έκθεση/συμπεριφορά (όπως εβδομαδιαία διανυόμενη απόσταση, αντίληψη επικινδυνότητας, μέση απόσταση από προπορευόμενο και ποσοστό φρεναρίσματος) παρουσιάζουν ισχυρότερη συνολικά επίδραση, γεγονός που υποδηλώνει ότι ο χρόνος αντίδρασης είναι πολυπαραγοντικό μέγεθος και επηρεάζεται έντονα από τον τρόπο οδήγησης.
5. **Μέση ταχύτητα οδήγησης**: Η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων εμφανίζεται να σχετίζεται με **μείωση της μέσης ταχύτητας** (οριακά στατιστικά σημαντικό), γεγονός που μπορεί να ερμηνευτεί ως αντισταθμιστική συμπεριφορά σε περιβάλλον με περισσότερα ερεθίσματα. Ωστόσο, μεγαλύτερο ρόλο στη διαμόρφωση της ταχύτητας φαίνεται να έχουν δημογραφικοί και συμπεριφορικοί παράγοντες (ηλικία, φύλο, κυκλοφοριακές συνθήκες, ποσοστό χρήσης φρένου, εμπλοκή σε ατύχημα, αντίληψη επικινδυνότητας των πινακίδων και θέση ως προς τον άξονα της οδού).
6. **Μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα**: Η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων συνδέεται με **αύξηση της μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα**, κάτι που μπορεί να ερμηνευτεί ως αύξηση του περιθωρίου ασφαλείας σε περιβάλλον απόσπασης προσοχής. Ωστόσο, η

ηλικία και η μέση ταχύτητα στο κιβώτιο ταχυτήτων εμφανίζουν μεγαλύτερη σχετική επιρροή, δείχνοντας ότι η απόσταση από προπορευόμενο επηρεάζεται ισχυρά από χαρακτηριστικά οδηγού και δυναμικά χαρακτηριστικά της κίνησης.

7. **Πιθανότητα ατυχήματος:** Παρότι δοκιμάστηκε λογιστική παλινδρόμηση για τη διερεύνηση της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα, **δεν προέκυψε στατιστικά σημαντικό μοντέλο**. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο σε πειραματικά ή περιορισμένα δείγματα, όπου ο αριθμός ατυχημάτων είναι μικρός και η μεταβλητότητα του φαινομένου καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από εξωτερικούς παράγοντες που δεν αποτυπώνονται πλήρως στις διαθέσιμες μεταβλητές. Έτσι, η αξιολόγηση της επίδρασης των πινακίδων στην ασφάλεια προσεγγίστηκε κυρίως μέσω **έμμεσων δεικτών οδικών ατυχημάτων** (π.χ. χρόνος αντίδρασης, πλευρική θέση, απόσταση από προπορευόμενο).
8. Συνολικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι διαφημιστικές πινακίδες μπορούν να επηρεάσουν την οδηγική συμπεριφορά, όμως η ισχύς της επίδρασής τους διαφοροποιείται ανά δείκτη και είναι συχνά μικρότερη σε σχέση με μεταβλητές που σχετίζονται με την εμπειρία, την αντίληψη κινδύνου και το οδηγικό στυλ.

### 6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα και τα συνολικά συμπεράσματα που εξάχθηκαν κατά την εκπόνηση της παρούσας Εργασίας, επιχειρείται η παράθεση μιας σειράς προτάσεων, οι οποίες ενδεχομένως να συμβάλουν στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας και στη μείωση των επιπτώσεων που μπορεί να έχει η απόσπαση προσοχής των οδηγών από την ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων στο αστικό οδικό περιβάλλον.

- **Πρώτα από όλα, απαιτείται ένα ολοκληρωμένο σχέδιο δράσης και ενημέρωσης**, μέσω εκστρατειών ευαισθητοποίησης (σε μέσα ενημέρωσης και διαδικτυο), ώστε να αναδειχθούν οι κίνδυνοι που σχετίζονται με την απόσπαση προσοχής κατά την οδήγηση. Ιδιαίτερη έμφαση θα πρέπει να δοθεί στην επίδραση των διαφημιστικών πινακίδων στη συγκέντρωση του οδηγού, καθώς από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι η ύπαρξή τους επηρεάζει κρίσιμα μεγέθη όπως ο χρόνος αντίδρασης και η πλευρική τοποθέτηση του οχήματος.
- **Δεδομένου ότι η ύπαρξη διαφημιστικών πινακίδων συσχετίστηκε με μεταβολές σε δείκτες οδηγικής συμπεριφοράς**, κρίνεται απαραίτητο να θεσπιστούν ή να ενισχυθούν κανόνες χωροθέτησης και σχεδιασμού των πινακίδων. Ειδικότερα, προτείνεται ο περιορισμός της τοποθέτησης διαφημιστικών πινακίδων σε σημεία αυξημένης πολυπλοκότητας (όπως διασταυρώσεις, διαβάσεις πεζών, είσοδοι/έξοδοι κόμβων και σημεία υψηλής κυκλοφοριακής φόρτισης), καθώς εκεί ο οδηγός απαιτείται να επεξεργαστεί πολλαπλές πληροφορίες σε μικρό χρόνο.
- **Επιπρόσθετα, προτείνεται η υιοθέτηση τεχνικών προδιαγραφών που μειώνουν την πιθανότητα απόσπασης προσοχής**, όπως περιορισμοί στη φωτεινότητα, στην εναλλαγή εικόνων/κινούμενων μηνυμάτων και στη χρήση έντονων χρωματικών αντιθέσεων, ιδίως σε ψηφιακές πινακίδες. Η εφαρμογή σχετικών προδιαγραφών θα μπορούσε να μειώσει τον γνωστικό φόρτο και να

περιορίσει φαινόμενα όπως η αύξηση του χρόνου αντίδρασης σε απρόσμενα συμβάντα.

- **Τέλος, δεδομένου ότι δεν κατέστη δυνατή η ανάπτυξη στατιστικά σημαντικού μοντέλου για την πιθανότητα ατυχήματος**, κρίνεται σκόπιμο να ενισχυθεί η συστηματική παρακολούθηση δεικτών “surrogate safety” (όπως ο χρόνος αντίδρασης, η πλευρική θέση, η ταχύτητα και η απόσταση από προπορευόμενο όχημα) σε πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας και για μεγαλύτερη χρονική περίοδο. Παράλληλα, προτείνεται η ενίσχυση της αστυνόμευσης/ελέγχου σε περιοχές με έντονη παρουσία διαφημιστικών πινακίδων, με στόχο την αποτροπή επικίνδυνων συμπεριφορών (π.χ. υψηλές ταχύτητες ή μη τήρηση ασφαλών αποστάσεων) σε περιβάλλον αυξημένης απόσπασης προσοχής.

#### 6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Για την περαιτέρω μελέτη του αντικειμένου της παρούσας εργασίας, ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η διερεύνηση των παρακάτω:

1. **Μεγαλύτερο δείγμα και περισσότερες διαδρομές/χρόνος παρατήρησης**, ώστε να αυξηθεί η στατιστική ισχύς των μοντέλων και να καταστεί ενδεχομένως εφικτή η ανάπτυξη αξιόπιστου μοντέλου για την πιθανότητα ατυχήματος.
2. **Διεύρυνση του πληθυσμού συμμετεχόντων** (διαφορετικές ηλικιακές και εμπειρικές ομάδες), ώστε να διερευνηθεί αν η επίδραση των διαφημιστικών πινακίδων διαφοροποιείται ανάλογα με το προφίλ οδηγού και να γίνουν συγκρίσεις μεταξύ ομάδων.
3. **Πειράματα σε διαφορετικές κυκλοφοριακές και περιβαλλοντικές συνθήκες** (π.χ. υψηλή/χαμηλή κυκλοφορία, νύχτα, βροχή, μειωμένη ορατότητα), ώστε να εξεταστεί αν οι πινακίδες λειτουργούν ως ισχυρότερος παράγοντας απόσπασης σε πιο απαιτητικά περιβάλλοντα.
4. **Δοκιμή εναλλακτικών μοντελοποιήσεων**, όπως μεικτά μοντέλα (random effects) για να ληφθεί υπόψη η ετερογένεια οδηγών ή/και μοντέλα μη γραμμικών σχέσεων, καθώς και διερεύνηση αλληλεπιδράσεων (π.χ. Distractor × εμπειρία, Distractor × κυκλοφορία).
5. **Εμπλουτισμός των δεικτών ασφάλειας** με επιπλέον surrogate measures (π.χ. TTC, PET, time headway, variability speed/lane position), ώστε να διερευνηθεί πιο ολοκληρωμένα η επίδραση της απόσπασης προσοχής.

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ady, R. (1967). An investigation of the relationship between illuminated advertising signs and expressway accidents. *Traffic Safety Research Review*, 3, 9–11.
2. Beijer, D., Smiley, A., & Eizenman, M. (2004). Observed driver glance behavior at roadside advertising signs. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1899, 96–103.
3. Bendak, S., & Al-Saleh, K. (2010). The role of roadside advertising signs in distracting drivers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40, 200–209.
4. Chattington, M., Reed, N., Basacik, D., Flint, A., & Parkes, A. (2009). Investigating driver distraction: The effects of video and static advertising. Project Report PPR409. Crowthorne: Transport Research Laboratory (TRL).
5. Crundall, D., Van Loon, E., & Underwood, G. (2006). Attraction and distraction of attention with roadside advertisements. *Accident Analysis & Prevention*, 38, 671–677.
6. Department of Transportation Planning and Engineering (DTPE). (2015). Basic road safety figures 2004–2014. Athens. Available at: <http://www.nrso.ntua.gr/images/stories/data/nrso-gr1-2014.pdf> (accessed 29 June 2015).
7. European Commission. (2025). Annual statistical report on road safety in the EU 2025. European Road Safety Observatory. Brussels: Directorate-General for Transport.
8. Foerst Driving Simulators. Available at: [www.drfoerst.de](http://www.drfoerst.de); [www.simulators.gr](http://www.simulators.gr)
9. Horberry, T., Anderson, J., Regan, M. A., Triggs, T. J., & Brown, J. (2006). Driver distraction: The effects of concurrent in-vehicle tasks, road environment complexity and age on driving performance. *Accident Analysis & Prevention*, 38, 185–191.
10. Stutts, J., Knipling, R. R., Pfefer, R., Neuman, T. R., Slack, K. L., & Hardy, K. K. (2005). Guidance for implementation of the AASHTO Strategic Highway Safety Plan. NCHRP Report 500. Washington, DC.
11. Jonah, B. A., Thiessen, R., & Au-Yeung, E. (2001). Sensation seeking, risky driving and behavioural adaptation. *Accident Analysis & Prevention*, 33, 679–684.
12. Lee, S., McElheny, M., & Gibbons, R. (2007). Driving performance and digital billboards. Blacksburg: Virginia Tech Transportation Institute, Center for Automotive Safety Research.
13. McMonagle, A. (1952). Traffic accidents and roadside features. *Highway Research Board Bulletin*, 55, 38–48.
14. National Technical University of Athens (NTUA). (2015). Road Safety Audit. Available at: [www.nrso.eu](http://www.nrso.eu)
15. Regan, M. A., Young, K. L., & Johnston, I. J. (2005). Submission to the Parliamentary Road Safety Committee: Inquiry into driver distraction. Monash University Accident Research Centre, Clayton, Victoria.
16. Staffeld, P. (1953). Accidents related to access points and advertising signs in study. *Traffic Quarterly*, 7(11), 59–74.
17. Wallace, B. (2003). Driver distraction by advertising: Genuine risk or urban myth? *Municipal Engineer*, 156, 185–190.
18. World Health Organization. (2023). Global status report on road safety 2023. Geneva: WHO.

19. Yannis, G., Papadimitriou, E., Papantoniou, P., & Voulgari, C. (2013). A statistical analysis of the impact of advertising signs on road safety. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 20(2), 111–120.
20. Young, M., & Mahfood, J. (2007). Driven to distraction: Determining the effects of roadside advertising on driver attention. Brunel University.
21. Γκαρτζονίκας, Χ. (2012). Επιρροή των γραπτών μηνυμάτων στην κυκλοφορία και στην ασφάλεια νέων οδηγών σε αυτοκινητόδρομους με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης. Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
22. Ελληνική Αστυνομία. Διαθέσιμο στο: [www.astinomia.gr](http://www.astinomia.gr)
23. Ελληνική Στατιστική Αρχή. Διαθέσιμο στο: [www.statistics.gr](http://www.statistics.gr)
24. Κανελλαΐδης, Γ., Γιαννής, Γ., Βαρδάκη, Σ., Λαΐου, Α., Βούλγαρη, Χ., & Πιτσιάβα-Λατινοπούλου, Μ. (2011). Ανάπτυξη Στρατηγικού Σχεδίου Οδικής Ασφάλειας 2011–2020. Αθήνα: Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
25. Φραντζεσκάκης, Ι., & Γκόλιας, Γ. (1994). Οδική ασφάλεια. Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
26. Χριστοφόρου, Χ. (2012). Προσομοίωση των επιπτώσεων των γραπτών μηνυμάτων στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια νέων οδηγών σε αστική και επαρχιακή οδό. Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.