



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΟΔΗΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΕ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΟΥΣ

Ακριβή Βαρελά

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

Αθήνα, Ιούλιος 2020

Βασικά Στάδια Διπλωματικής Εργασίας

Καθορισμός
στόχου

Βιβλιογραφική
ανασκόπηση

Συλλογή
στοιχείων

Θεωρητικό
υπόβαθρο

Επεξεργασία
στοιχείων

Ανάπτυξη
μαθηματικών
μοντέλων

Περιγραφή
αποτελεσμάτων

Συμπεράσματα

Προτάσεις για
περαιτέρω έρευνα

Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Στόχο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί ο **εντοπισμός συμβάντων** με βάση τα οδηγικά χαρακτηριστικά στις υπεραστικές οδούς

Επιπλέον εξετάζονται:

- Οι κύριοι παράγοντες που έχουν τη δυνατότητα να περιγράψουν την κατάσταση ένα λεπτό πριν από ένα απρόβλεπτο συμβάν, καθώς και
- Οι κύριοι παράγοντες για την περιγραφή της κατάστασης κατά τη διάρκεια ενός απρόβλεπτου συμβάντος.



Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (1/2)

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία έχουν ερευνηθεί εκτενώς:

- Οι παράγοντες που οδηγούν σε λάθη κατά την οδήγηση.
- Ο τρόπος αποφυγής συγκρούσεων.
- Η επιρροή της απόσπασης προσοχής στα οδηγικά συμβάντα.



Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (2/2)

- Ο τρόπος με τον οποίο τα οδηγικά χαρακτηριστικά επηρεάζονται από ένα απρόβλεπτο συμβάν.
- Οι παράγοντες που επηρεάζουν την πιθανότητα ατυχήματος.
- Τα οδηγικά χαρακτηριστικά πριν το ατύχημα.

Παρατηρήθηκε πως δεν υπάρχει επαρκής έρευνα όσον αφορά στη σύγκριση των οδηγικών χαρακτηριστικών πριν και κατά τη διάρκεια ενός απρόβλεπτου συμβάντος, γεγονός που θα συνέβαλε στη δυνατότητα εντοπισμού συμβάντων στην οδό.



Συλλογή Στοιχείων (1/2)

Πείραμα σε προσομοιωτή οδήγησης

Τέσσερα Σενάρια οδήγησης:

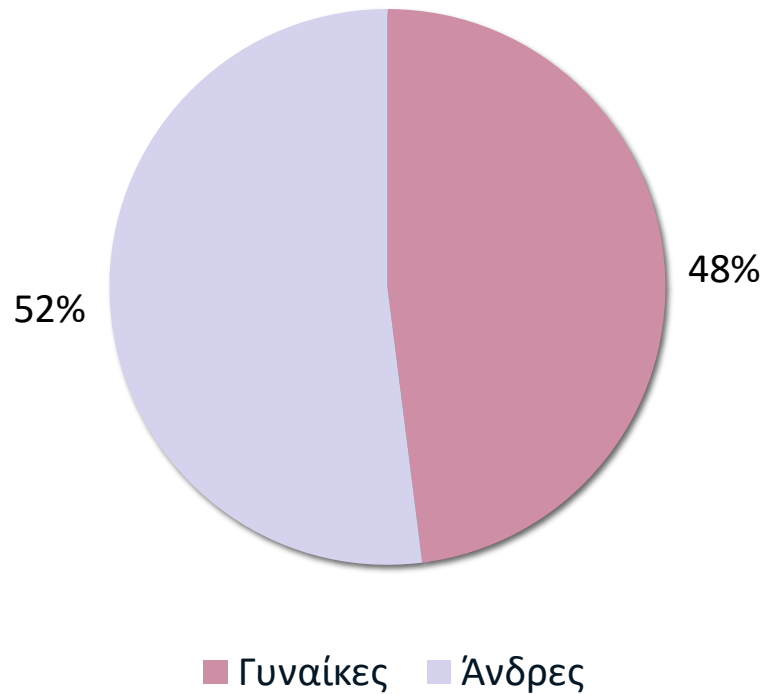
- 1°: Αστική οδός – Υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος
- 2°: Υπεραστική οδός – Υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος
- 3°: Αστική οδός – Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος
- 4°: Υπεραστική οδός – Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος



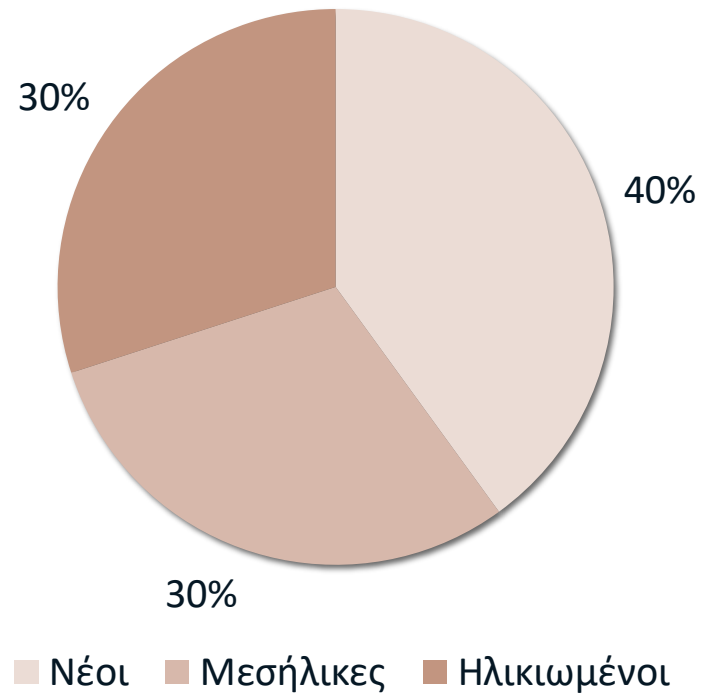
Συλλογή Στοιχείων (2/2)

Χαρακτηριστικά δείγματος σε σύνολο 27 οδηγών:

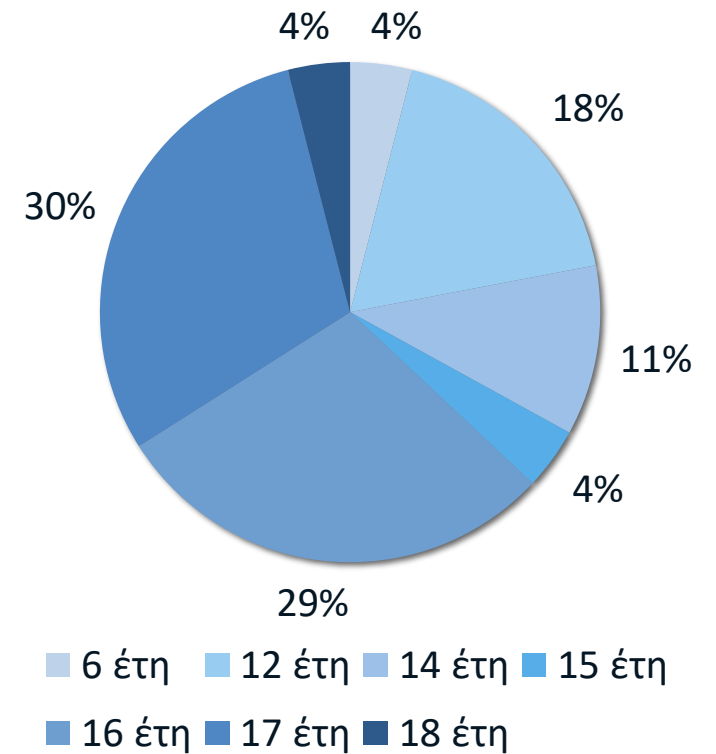
Φύλο συμμετεχόντων



Ηλικιακή ομάδα



Εκπαίδευση



Θεωρητικό υπόβαθρο

Μοντέλα ανάλυσης

Μοντέλα ταξινόμησης:

- Διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση
- Τυχαία Δάση

Στατιστικοί έλεγχοι

- Συσχέτιση ανεξάρτητων μεταβλητών
- Δείκτες Μήτρας Σύγχυσης
- Λογικοί συντελεστές βι
- Στατιστική σημαντικότητα
- Συσχέτιση ανεξάρτητων μεταβλητών
- Δείκτες Μήτρας Σύγχυσης

- Ανάλυση Παραγόντων

- Επάρκεια δείγματος
- Σφαιρικότητα δείγματος

Εξαρτημένη μεταβλητή:
Υπαρξη ή όχι συμβάντος

Ανεξάρτητες μεταβλητές:

- Ταχύτητα
- Διαμήκης Επιτάχυνση
- Χρόνος μέχρι τη σύγκρουση από το προπορευόμενο όχημα
- Διανυόμενη απόσταση
- Απόκλιση οχήματος από το μέσο της οδού
- **Οδηγική εμπειρία**
- Γωνία τιμονιού

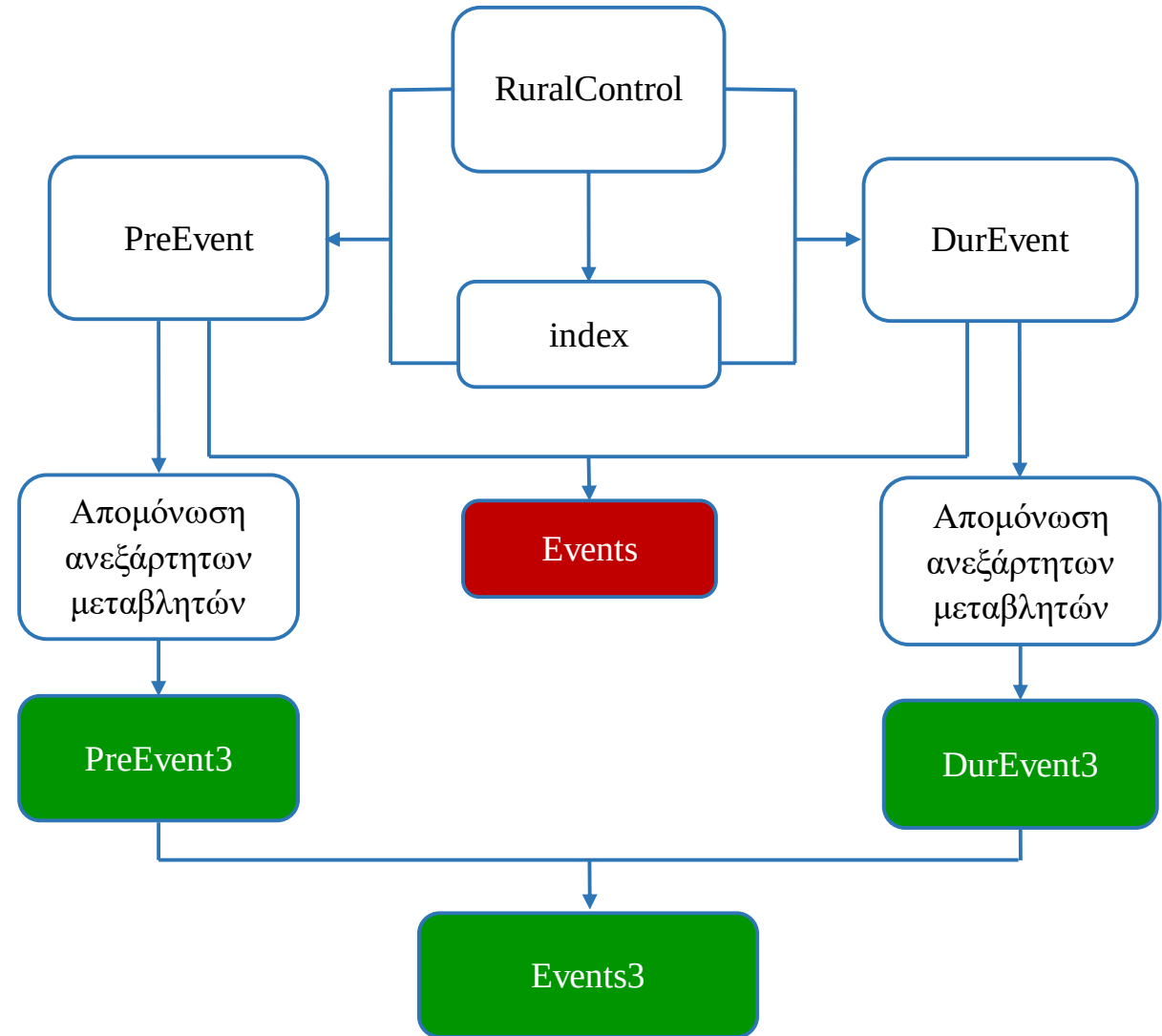
Επεξεργασία Στοιχείων (1/2)

Επεξεργασία και στατιστική ανάλυση
δεδομένων:
Γλώσσα προγραμματισμού: **R**
Περιβάλλον: **Rstudio**

Επεξεργασία δεδομένων



Εντοπισμός έναρξης και
λήξης κάθε συμβάντος



Επεξεργασία Στοιχείων (2/2)

Βάσεις δεδομένων για τα μοντέλα ταξινόμησης:

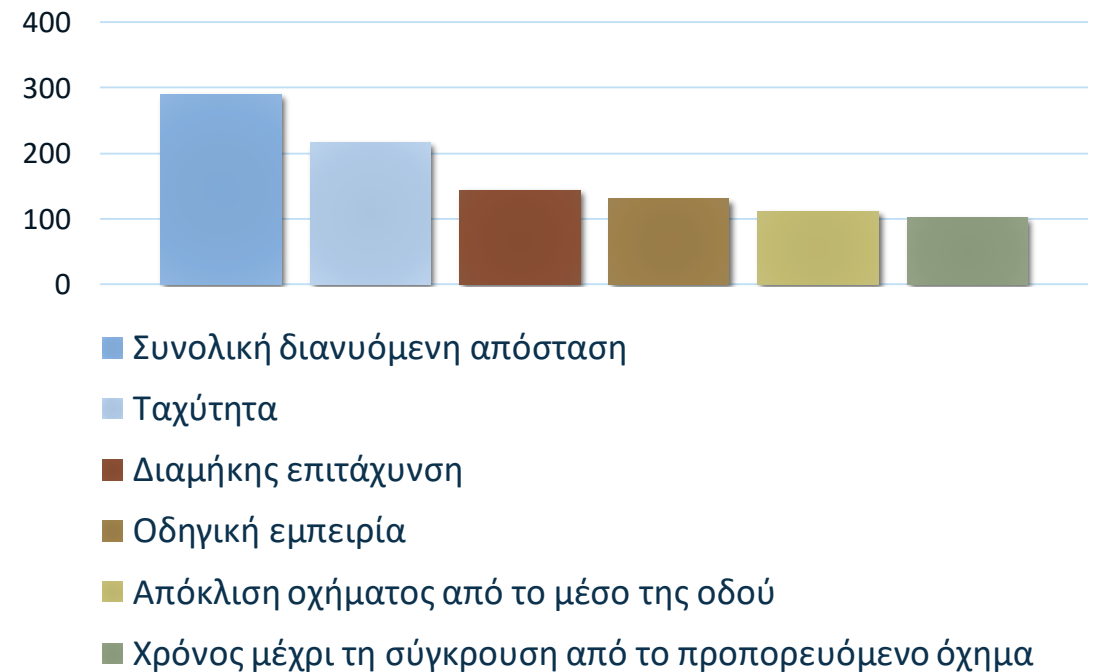
- Ένα λεπτό πριν από την έναρξη έως και τη λήξη του κάθε συμβάντος
- Παραλλαγή Α: εξαρτημένη και σύνολο στατιστικά σημαντικών ανεξάρτητων μεταβλητών
- Παραλλαγή Β: εξαρτημένη και 4 πιο σημαντικές ανεξάρτητες μεταβλητές

Βάσεις δεδομένων για τη μέθοδο Ανάλυσης Παραγόντων:

- Ένα λεπτό πριν από κάθε συμβάν
- Διάρκεια συμβάντων
- Ένα λεπτό πριν έως τη λήξη κάθε συμβάντος

Εύρεση σημαντικότητας ανεξάρτητων μεταβλητών για τον προσδιορισμό της εξαρτημένης

Μέση σημαντικότητα



Εξαρτημένη μεταβλητή και παραλλαγές ανεξάρτητων για την ανάπτυξη μοντέλων ταξινόμησης

Εξαρτημένη μεταβλητή:
Υπαρξη ή όχι συμβάντος

**Διωνυμική λογιστική
παλινδρόμηση**
Ανεξάρτητες μεταβλητές:

Παραλλαγή A:

- Ταχύτητα
- Διαμήκης επιτάχυνση
- Χρόνος μέχρι τη σύγκρουση
- Διανυόμενη απόσταση
- Απόκλιση από το μέσο της οδού
- Οδηγική εμπειρία

Τυχαία δάση
Ανεξάρτητες μεταβλητές:

Παραλλαγή A:

- Ταχύτητα
- Διαμήκης επιτάχυνση
- Χρόνος μέχρι τη σύγκρουση
- Διανυόμενη απόσταση
- Απόκλιση από το μέσο της οδού
- Οδηγική εμπειρία

Τυχαία δάση
Ανεξάρτητες μεταβλητές:

Παραλλαγή B:

- Διανυόμενη απόσταση
- Ταχύτητα
- Διαμήκης επιτάχυνση
- Οδηγική εμπειρία

Η παραλλαγή B για το μοντέλο διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης δεν έδωσε χρήσιμα αποτελέσματα

Αποτελέσματα Διωνυμικής Λογιστικής Παλινδρόμησης

Συνάρτηση χρησιμότητας (Συμβάν):

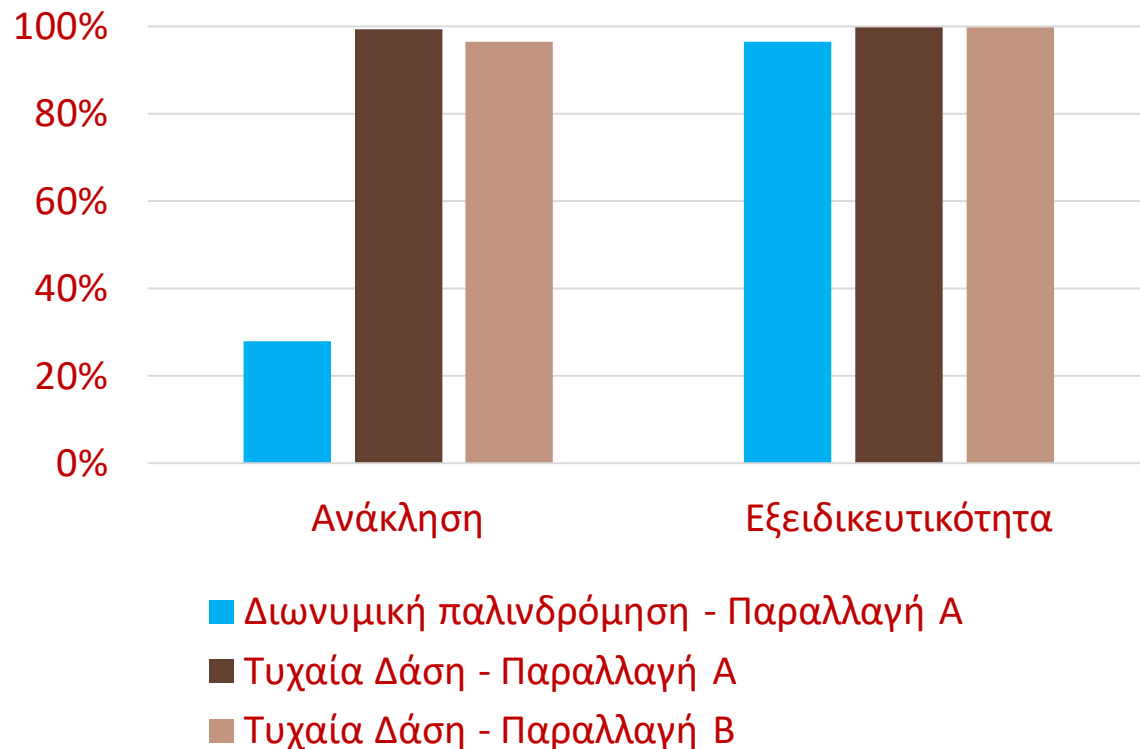
$-1.445 - 0.037 * \text{Ταχύτητα} - 0.00033 * \text{Επιτάχυνση} - 0.00002 * \text{Χρόνος μέχρι τη σύγκρουση} +$
 $0.0016 * \text{Διανυόμενη απόσταση} - 0.396 * \text{Απόκλιση από το μέσο της οδού} - 0.00224 * \text{Οδηγική εμπειρία}$

	Συντελεστές	P - Value
Σταθερός όρος	-1.45E+00	< 2e-16
Ταχύτητα	-3.69E-02	< 2e-16
Διαμήκης Επιτάχυνση	-3.27E-04	< 2e-16
Χρόνος μέχρι τη σύγκρουση	-2.45E-05	< 2e-16
Διανυόμενη απόσταση	1.57E-03	< 2e-16
Απόκλιση από το μέσο της οδού	-3.96E-01	< 2e-16
Οδηγική εμπειρία	-2.39E-03	3.99E-13

- ✓ Ανεξάρτητες μεταξύ τους μεταβλητές
- ✓ P-Value < 0.05 για ποσοστό σημαντικότητας 95%
- ✓ Λογική ερμηνεία συντελεστών

Συγκριτική αξιολόγηση μαθηματικών μοντέλων ταξινόμησης (1/2)

Δείκτες μήτρας σύγχυσης μοντέλων ταξινόμησης



Εντοπισμός ύπαρξης συμβάντος (Ανάκληση):

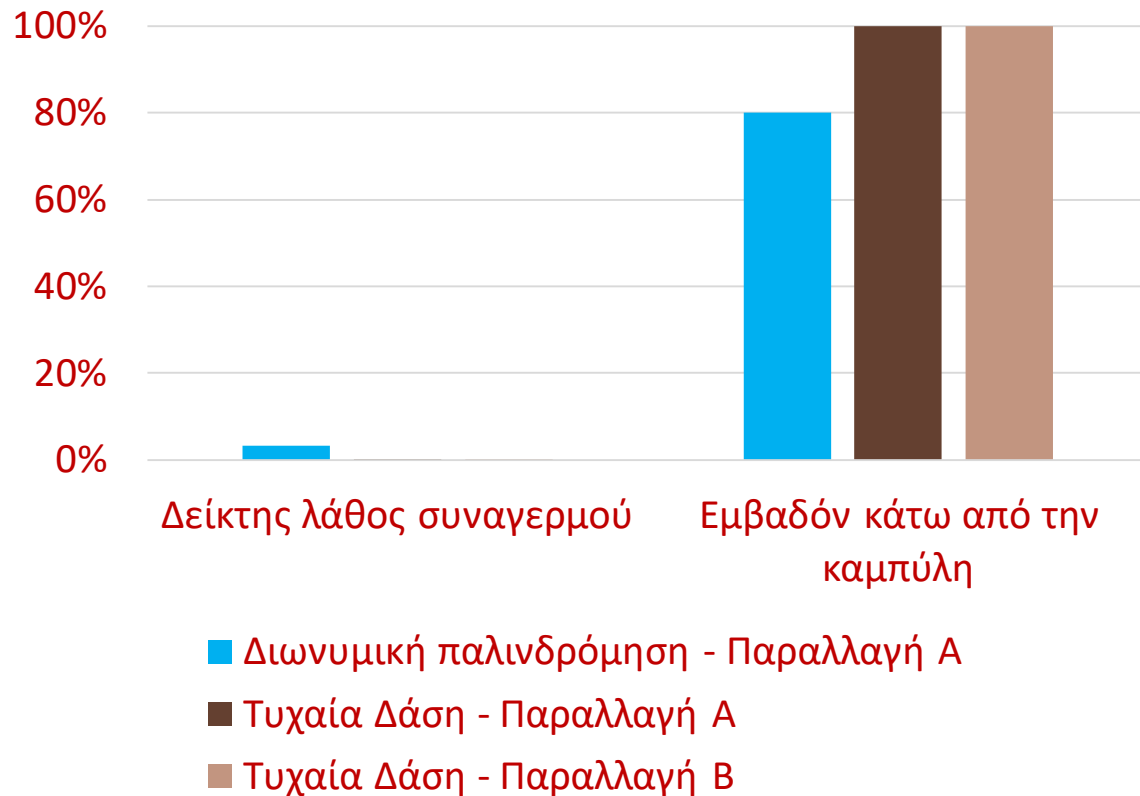
- Διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση – **Παραλλαγή Α**: μικρή δυνατότητα εντοπισμού συμβάντων
- Τυχαία δάση – **Παραλλαγή Α** / **Παραλλαγή Β**: μεγάλη δυνατότητα εντοπισμού συμβάντων

Εντοπισμός μη ύπαρξης συμβάντος (Εξειδικευτικότητα):

- Διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση – **Παραλλαγή Α**: ικανοποιητική δυνατότητα εντοπισμού μη ύπαρξης συμβάντος
- Τυχαία δάση – **Παραλλαγή Α** / **Παραλλαγή Β**: μεγάλη δυνατότητα εντοπισμού μη ύπαρξης συμβάντων

Συγκριτική αξιολόγηση μαθηματικών μοντέλων ταξινόμησης (2/2)

Δείκτες μήτρας σύγχυσης μοντέλων ταξινόμησης



Λάθος προβλέψεις ύπαρξης συμβάντος (Δείκτης λάθους συναγερμού):

- Διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση – Παραλλαγή Α: μη ικανοποιητικός
- Τυχαία δάση – Παραλλαγή Α / Παραλλαγή Β: πολύ ικανοποιητικός

Ικανότητα προβλέψεων στο σύνολό τους (εμβαδόν κάτω από την καμπύλη):

- Διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση – Παραλλαγή Α: ικανοποιητικό
- Τυχαία δάση – Παραλλαγή Α / Παραλλαγή Β: πολύ μεγάλο

Ανάλυση Παραγόντων (1/2)

Τρεις βάσεις δεδομένων

1. Ένα λεπτό πριν από κάθε συμβάν
2. Κατά τη διάρκεια των συμβάντων
3. Ένα λεπτό πριν και κατά τη διάρκεια των συμβάντων

Ανεξάρτητες μεταβλητές

- Ταχύτητα
- Διαμήκης επιτάχυνση
- Χρόνος μέχρι τη σύγκρουση
- Διανυόμενη απόσταση
- Απόκλιση από το μέσο της οδού
- Γωνία τιμονιού

- Οριακά ανεπαρκές δείγμα
- ✓ Σφαιρικότητα δείγματος



Ανάλυση Παραγόντων (2/2)

Δεδομένα	Παράγοντας 1	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3
1' πριν κάθε συμβάν	Ταχύτητα	Συνολική διανυόμενη απόσταση	
	Διαμήκης Επιτάχυνση		
Διάρκεια κάθε συμβάντος	Ταχύτητα	Απόκλιση από το μέσο της οδού	Χρόνος μέχρι τη σύγκρουση από το προπορευόμενο όχημα
1' πριν και κατά τη διάρκεια κάθε συμβάντος	Ταχύτητα	Απόκλιση από το μέσο της οδού	Συνολική διανυόμενη απόσταση
	Χρόνος μέχρι τη σύγκρουση από το προπορευόμενο όχημα		

Συμπεράσματα (1/2)

- Η ταχύτητα, η διαμήκης επιτάχυνση, η συνολική διανυόμενη απόσταση καθώς και η εμπειρία του οδηγού στην οδήγηση, αποτελούν τις **μεταβλητές με τη μεγαλύτερη σημαντικότητα**.
- Το **μοντέλο τυχαίων δασών** ήταν αρκετά πιο αποδοτικό από αυτό της διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.
- Το μοντέλο τυχαίων δασών για την παραλλαγή που περιείχε το **μεγαλύτερο πλήθος μεταβλητών** έδινε καλύτερα αποτελέσματα.



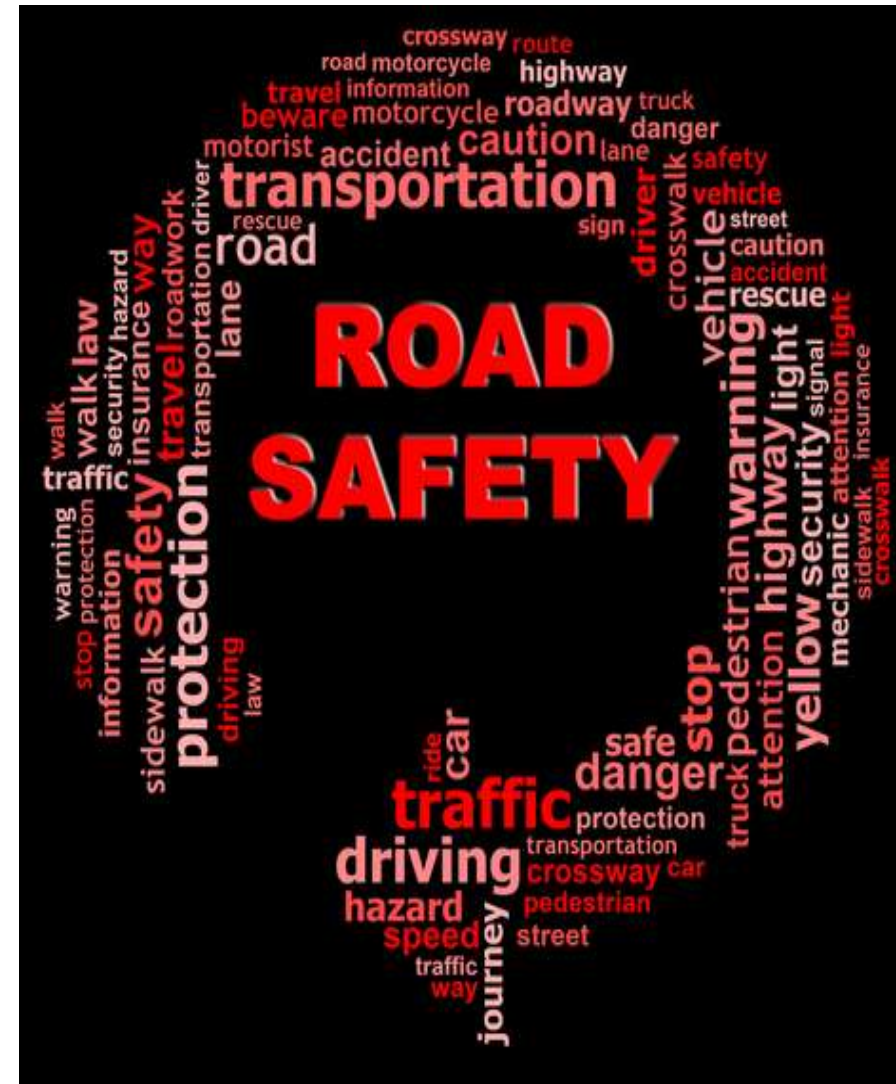
Συμπεράσματα (2/2)

- Η ταχύτητα, η διαμήκης επιτάχυνση και η συνολική διανυόμενη απόσταση αποτελούν τους κύριους παράγοντες που μπορούν να περιγράψουν την κατάσταση **ένα λεπτό πριν από κάθε συμβάν**.
- Στη **διάρκεια των συμβάντων**, οι μεταβλητές που έχουν τη μεγαλύτερη επιρροή είναι η ταχύτητα, η απόκλιση του οχήματος από το μέσο της οδού και ο χρόνος μέχρι τη σύγκρουση.
- Τα δεδομένα που περιγράφουν την κατάσταση **ένα λεπτό πριν μέχρι τη λήξη κάθε συμβάντος** μπορούν να περιγραφούν με την ταχύτητα, το χρόνο μέχρι τη σύγκρουση από το προπορευόμενο όχημα, την απόκλιση του οχήματος από το μέσο της οδού και τη συνολική διανυόμενη απόσταση του οχήματος.



Προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας

- Χρήση του αλγόριθμου εντοπισμού συμβάντος από **Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας**, όπου ο εντοπισμός συμβάντων θα ήταν αρκετά χρήσιμος για την αντιμετώπισή τους.
- Εμφάνιση **προειδοποιητικού μηνύματος**, αξιολογώντας τα οδηγικά χαρακτηριστικά, στον οδηγό μέσα από την οθόνη διεπαφής οδηγού-οχήματος (HMI) ή εφαρμογής κινητού τηλεφώνου.
- Αξιοποίηση σε **έξυπνα κινητά τηλέφωνα**, για αυτόματη απενεργοποίηση εφαρμογών σε περίπτωση εντοπισμού κινδύνου εμπλοκής σε συμβάν.
- **Εκστρατείες ενημέρωσης** και ευαισθητοποίησης των οδηγών για τη σημαντική επιρροή των υψηλών ταχυτήτων και επιταχύνσεων καθώς και των μεγάλων διανυόμενων αποστάσεων στον κίνδυνο πρόκλησης ατυχημάτων.



Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

- Εξέταση του εντοπισμού συμβάντων χρησιμοποιώντας **δεδομένα οδήγησης σε πραγματικές συνθήκες**.
- Διερεύνηση **μεγαλύτερου δείγματος** συμμετεχόντων.
- Εξέταση **επιπλέον τύπων οδού**.
- Δοκιμή **διαφορετικών μεθόδων στατιστικής ανάλυσης**.
- Εξέταση του εντοπισμού συμβάντων με πείραμα σε προσομοιωτή οδήγησης και σε σενάρια που περιλαμβάνουν πληθώρα **κυκλοφοριακών συνθηκών**.





Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΟΔΗΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΕ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΟΥΣ

Ακριβή Βαρελά

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

Αθήνα, Ιούλιος 2020