Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Διδακτορική Διατριβή

Διερεύνηση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων οδηγών κατά την προσπέραση οχημάτων από μηχανοκίνητα δίκυκλα

Μπαρμπουνάκης Ν. Εμμανουήλ
Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ | Συγκοινωνιολόγος

Επιβλέπων: Ιωάννης Γκόλιας, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, 13 Ιουλίου 2017

Εισαγωγή

Γενικά

- Το σύγχρονο αστικό περιβάλλον αλλάζει με γοργούς ρυθμούς.
- Οι μετακινούμενοι αναζητούν νέους τρόπους μετακίνησης.
- Στην Ευρώπη παρουσιάστηκε αύξηση 9.1% το 2016 στην αγορά νέων Μηχανοκίνητων Δικύκλων (ΜΔ)
- Αύξηση καταγράφεται σε πολλές ασιατικές χώρες και στην Αυστραλία.

Εισαγωγή

Πλεονεκτήματα ΜΔ

- Γρήγορο και ευέλικτο μέσο μεταφοράς
- Μεγάλη ισχύ και καλή αναλογία κιλών ανά ίππο
- Ευνοούνται οι προσπεράσεις
- Ευκολότερη στάθμευση
- Πιο οικονομικό μέσο μετακίνησης

Μειονεκτήματα ΜΔ

- Μειωμένη παθητική ασφάλεια
- Όχι ιδιαίτερα διακριτό
- Έκθεση σε καιρικές συνθήκες
- Μεταφορά έως δύο (2) ατόμων

Εισαγωγή

- Η ανάπτυξη ερευνητικών δραστηριοτήτων γύρω από τα ΜΔ δεν συμβαδίζει με τον ίδιο αυξητικό ρυθμό στον αριθμό τους.
- Φαινόμενα προσπέρασης ΙΧ αυτοκινήτων είναι στο επίκεντρο των ερευνών.

- Με τις τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των αυτόνομων οχημάτων (Autonomous Vehicles), τεχνολογιών επικοινωνίας οχήματος με όχημα (Vehicle-to-Vehicle – V2V) και συνδεμένων οχημάτων (Connected Vehicles) είναι πιθανό στο μέλλον να συνυπάρχουν ΜΔ μαζί με αντίστοιχα οχήματα.
- Η προτυποποίηση της αλληλεπίδρασης διαφορετικών τύπων οχημάτων είναι ακόμη σε πρώιμο στάδιο.

Εισαγωγή

Σκοπός Διδακτορικής Διατριβής

Η διερεύνηση της **διαδικασίας λήψης των αποφάσεων** των οδηγών κατά την **προσπέραση** οχημάτων από **μηχανοκίνητα δίκυκλα** και της **αλληλεπίδρασής** τους με τα υπόλοιπα οχήματα σε τμήμα μιας αστικής αρτηρίας.

Εισαγωγή

Διάρθρωση Διδακτορικής Διατριβής

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Έξυπνα Συστήματα Μεταφορών	Κυκλοφορία ΜΔ	Μη Επανδρωμένα Αεροσκάφη

Ανάλυση Μεθοδολογίας

Δυναμική Διαδικασία Προσπέρασης	Δέντρα Αποφάσεων και Μετα Αλγόριθμοι	Θεωρία Παιγνίων	Δομικά Πρότυπα Εξισώσεων	Ανάλυση Ευαισθησίας και Θεωρία του QRE

Συλλογή Δεδομένων

Περιγραφή Εξοπλισμού	Περιοχή Μελέτης	Διαδικασία Δημιουργίας Βάσης Δεδομένων	Περιγραφή Βάσης Δεδομένων

Προτυποποίηση Διαδικασίας Λήψης Αποφάσεων

Πρόβλεψη Επιτυχούς Προσπέρασης	Πρόβλεψη Σχετικής Θέσης

Συνεργασία Οδηγών

Ορισμός Άνεσης Κατά την Προσπέραση	Ανάπτυξη Παιγνίου	Ορθολογικότητα	Ανάλυση Ευαισθησίας

Συμπεράσματα & Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

Αποτελέσματα	Συμπεράσματα	Συνεισφορά	Προτάσεις για Περαιτέρω έρευνα

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Έξυπνα Συστήματα Μεταφορών για την Κυκλοφορία & την Οδική Ασφάλεια

Θέματα Ενασχόλησης

- Συνεργατικά Συστήματα & Ανταλλαγή Πληροφοριών
  - Η σημασία των ITS στο να παρέχουν αξιόπιστες πληροφορίες πραγματικού χρόνου στους χρήστες και των συστημάτων υποβοήθησης της οδήγησης έχει αναφερθεί συστηματικά στη βιβλιογραφία
- Συστήματα Υποβοήθησης Οδηγού για την Ασφάλεια και την Κυκλοφοριακή Συμφόρηση
  - δεν έχουν ακόμη κάποια ιδιαίτερη σύνδεση με τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας
- Έξυπνα Συστήματα Μεταφορών για Μηχανοκίνητα Δίκυκλα
  - Ο σχεδιασμός ITS που σχετίζεται με τα ΜΔ είναι ένα αναδυόμενο θέμα, που αφορά όμως περισσότερο στον τομέα της **Οδικής Ασφάλειας**
  - Η ενσωμάτωση των ήδη υπαρχόντων ITS είναι μια ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία (**driving vs riding**)

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Έξυπνα Συστήματα Μεταφορών για Μηχανοκίνητα Δίκυκλα

Έξυπνα Συστήματα Μεταφορών	Τετράτροχα	Μηχανοκίνητα Δίκυκλα
Συστήματα Αντιμπλοκαρίσματος Φρένων (ABS)	✓	✓
Adaptive Cruise Control (ACC)	✓	Ερευνητικό Στάδιο
Αερόσακοι	✓	✓
Αυτόνομη Πέδηση	✓	Ερευνητικό Στάδιο
Συνδυαστική Συστήματα Πέδησης (CBS)	✓	✓
Προειδοποίηση Καμπύλων	-	Ερευνητικό Στάδιο
Ηλεκτρονικός Έλεγχος Ισορροπίας	✓	Ερευνητικό Στάδιο
Συστήματα Διατήρησης Λωρίδας	✓	Ερευνητικό Στάδιο
Εντοπισμός Εμποδίων	✓	Ερευνητικό Στάδιο
Σύστημα Πρόσκρουσης	✓	Ερευνητικό Στάδιο
Υπενθύμιση Ζώνης Ασφαλείας/Κράνους	✓	-
Συστήματα Ελέγχου Πρόσφυσης	✓	✓

Barmpounakis, E.N., Vlahogianni, E.I., Golias, J.C., 2016. Intelligent Transportation Systems and Powered Two Wheelers Traffic. IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 17, 908–916. doi:10.1109/TITS.2015.2497406

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Κυκλοφορία Μηχανοκίνητων Δικύκλων

Κατηγοριοποίηση Ερευνών (1995 – 2017)

- Αντικείμενο Έρευνας
- Τύπος Οδού
- Επίκεντρο η Οδική Ασφάλεια;
- Πηγή Δεδομένων
  - Προσομοίωση
  - Πραγματικά Δεδομένα
- Επίπεδο Ανάλυσης
  - Μίκρο
  - Μάκρο
  - Αμφότερα
- Βασικές Παράμετροι
  - Ταχύτητα
  - Χρονικοί Διαχωρισμοί
  - Χωρικοί Διαχωρισμοί
  - Χωρητικότητα
  - Ροή Κορεσμού
- Μεθοδολογία Ανάλυσης
  - Προσομοίωση
  - Στατιστική

Συγγραφείς	Χρονολογία	Αντικείμενο Έρευνας	Τύπος Οδού	Οδική Ασφάλεια	Δεδομένα		Μίκρο/ Μάκρο	Βασικές Παράμετροι	Ανάλυση	
					Προσομ.	Πραγ.			Προσ.	Στατ.
Umar et al.	1995	Επίδραση της αποκλειστικής λωρίδας των μοτοσυκλετών στην ασφάλειά τους	Υπεραστική	✓		✓	Μάκρο	Ατυχήματα		✓
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Aupetit et al.	2016	Διερεύνηση επικίνδυνων καταστάσεων που συναντούν νέοι οδηγοί	Αστική	✓		E*	-	-	-	-
Hung et al.	2016	Κατηγοριοποίηση οχημάτων βάσει γωνιών	Αστική			✓	Μάκρο	Γωνίες και Τύποι Οχημάτων	-	-
Lee and Wong	2016	Δημιουργία ουρών δικύκλων	Αστική			✓	Μίκρο	Αποστάσεις	✓	✓
Eyssartier et al.	2017	Εξέταση πρόθεσης των οδηγών να παραβιάσουν το όριο ταχύτητας	Υπεραστική	✓		✓/E*	-	-	-	✓

Bampounakis, E.N., Vlahogianni, E.I., Golias, J.C., 2016. Intelligent Transportation Systems and Powered Two Wheelers Traffic. IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 17, 908–916. doi:10.1109/TITS.2015.2497406

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Κρίσιμα Ζητήματα

Διαδικασία Προσπέρασης Δικύκλων

- Η διαδικασία της προσπέρασης για τα ΙΧ στην πιο αναλυτική της μορφή χωρίζεται σε πέντε (5) φάσεις.
  - Απόφαση του οδηγού για προσπέραση ή όχι
  - Προετοιμασία για προσπέραση
  - Διαδικασία αλλαγή λωρίδας
  - Προσπέραση
  - Επιστροφή στην προηγούμενη λωρίδα
- Ο τρόπος με τον οποίο κινούνται τα δίκυκλα διαφοροποιεί τη συγκεκριμένη διαδικασία.
  - Λόγω του μικρότερου πλάτους δεν απαιτείται η διαδικασία αλλαγής λωρίδας για την ολοκλήρωση του ελιγμού
  - Η διαδικασία αλλαγή λωρίδας μπορεί να επιτευχθεί με έναν πιο άμεσο εγκάρσιο ελιγμό

Το φαινόμενο της προσπέρασης των ΜΔ θα πρέπει να εξεταστεί με **διαφορετικό τρόπο** ώστε να είναι δυνατή η καλύτερη αποτύπωση της **διαδικασίας λήψης της απόφασης** του μοτοσυκλετιστή και της **αλληλεπίδρασής** του με τα υπόλοιπα οχήματα.

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Κρίσιμα Ζητήματα

Ζητήματα Δεδομένων & Ακρίβεια

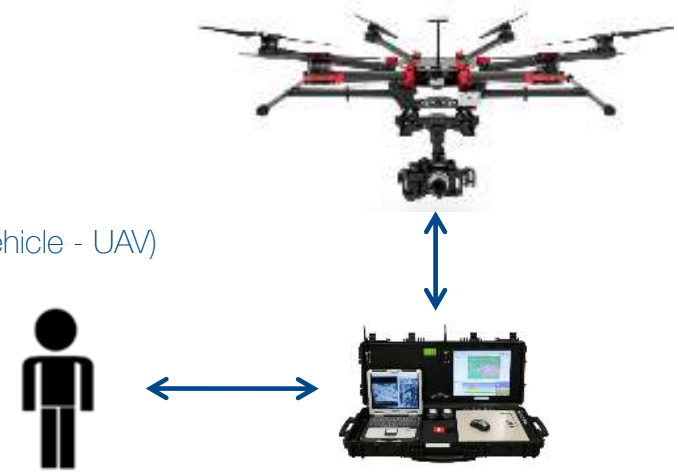
- Η καταγραφή ενός εκτεταμένου μέρους της οδικής αρτηρίας δεν είναι πάντα δυνατή.
- Πολύπλοκοι ελιγμοί και η επίδραση των προηγούμενων αποφάσεων δεν μπορούν να αξιολογηθούν.
- Κατάλληλα σημεία για την τοποθέτηση της κάμερας δεν είναι πάντα διαθέσιμα.
- Η γωνία λήψης μπορεί να οδηγήσει σε πολλά κρυφά σημεία κατά την καταγραφή της κυκλοφορίας.
- Η γωνία λήψης μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη ακρίβεια στα δεδομένα.

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Κρίσιμα Ζητήματα

Νέες Τεχνολογίες στη συλλογή Δεδομένων

- Ένας συνηθισμένος τρόπος συλλογής δεδομένων είναι τα Επανδρωμένα Αεροσκάφη (ΕΑ).
  - Υψηλό επιχειρησιακό κόστος
  - Υψηλό κόστος αγοράς και συντήρησης
  - Η αποστολή ανθρώπων ή ακριβού εξοπλισμού πάνω από την περιοχή ενδιαφέροντος δεν είναι πάντα δυνατή λόγω υψηλού ρίσκου.
- Για να ξεπεραστούν οι προηγούμενοι περιορισμοί προτείνεται η χρήση των Μη Επανδρωμένων Εναέριων Συστημάτων (ΜΕΣ – Unmanned Aerial Systems – UAS).
- Ένα UAS αποτελείται από:
  - Τον χειριστή εδάφους
  - Μη Επανδρωμένο Αεροσκάφος (ΜΕΑ - Unmanned Aerial Vehicle - UAV)
  - Σύστημα Επικοινωνίας μεταξύ του πιλότου και του UAV



Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Κρίσιμα Ζητήματα

Νέες Τεχνολογίες στη συλλογή Δεδομένων

	Σταθερές Κάμερες	ΕΑ	ΜΕΑ
Μήκος Καταγραφής	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή
Ασφάλεια / Ιδιωτικότητα	Μέτρια	Μέτρια	Χαμηλή
Κόστος Απόκτησης και Συντήρησης	Χαμηλή	Υψηλή	Χαμηλή
Πολλαπλές χρήσεις	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή
Κατανάλωση Ενέργειας	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλή
Ανάπτυξη/Τοποθέτηση	Χαμηλή	Υψηλή	Χαμηλή
Επιχειρησιακός χρόνος	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή
Χρήση υπό δυσμενείς συνθήκες	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή
Ρίσκο	Χαμηλή	Υψηλή	Μέτρια
Αντοχή	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή
Μετα-επεξεργασία Βίντεο	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλή
Μετάδοση δεδομένων, επικοινωνία και αποθήκευση	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή
Δεξιότητες χρήσης	Χαμηλή	Υψηλή	Μέτρια
Ανάγκη εκπαίδευσης	Χαμηλή	Υψηλή	Μέτρια
Περιπλοκότητα	Μέτρια	Υψηλή	Μέτρια

Barmpounakis, E.N., Vlahogianni, E.I., Golias, J.C., 2017. Unmanned Aerial Systems for Transportation Engineering: Current practice and future challenges. Int. J. Transp. Sci. Technol. 1–12. doi:10.1016/j.ijtst.2017.02.001

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Κρίσιμα Ζητήματα

Πλεονεκτήματα των UAS

- Καταγραφή ενός εκτεταμένου μέρους της οδικής αρτηρίας
- Δεν εμφανίζονται κρυφά σημεία
- Δυνατότητες αιώρησης και μικρό μέγεθος
- Δεν επιδρούν στη συμπεριφορά του οδηγού
- Δεν απαιτεί την ύπαρξης σταθερής υποδομής (κτήριο, πεζογέφυρα κτλ.)
- Μπορούν να πετάξουν (σχεδόν!) παντού

Συγγραφέας	Έτος	Τύπος Α/Φ	Σκοπός της εργασίας	Κεντρικά Σημεία
Doherty et al.	2000	UAV	Αναγνώριση, εντοπισμός και παρακολούθηση οχημάτων (WITAS Project)	Ένα πλήρες σχέδιο για χρήση UAVs σε κυκλοφοριακές εφαρμογές
…	…	…	…	…
Barmpounakis et al.	2016	UAV	Εξαγωγή κινηματικών παραμέτρων όπως ταχύτητα, επιταχύνσεις και τροχιές	Υψηλή ακρίβεια και ανάλυση βήμα-προς-βήμα
Erdelj and Natalizio	2016	-	Ανασκόπηση βασικών εφαρμογών διαχείρισης καταστροφών	Λεπτομερής ανασκόπηση των εφαρμογών που χρησιμοποιούν UAV και ανοιχτά θέματα προς επίλυση

Barmpounakis, E.N., Vlahogianni, E.I., Golias, J.C., 2017. Unmanned Aerial Systems for Transportation Engineering: Current practice and future challenges. Int. J. Transp. Sci. Technol. 1–12. doi:10.1016/j.ijtst.2017.02.001

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

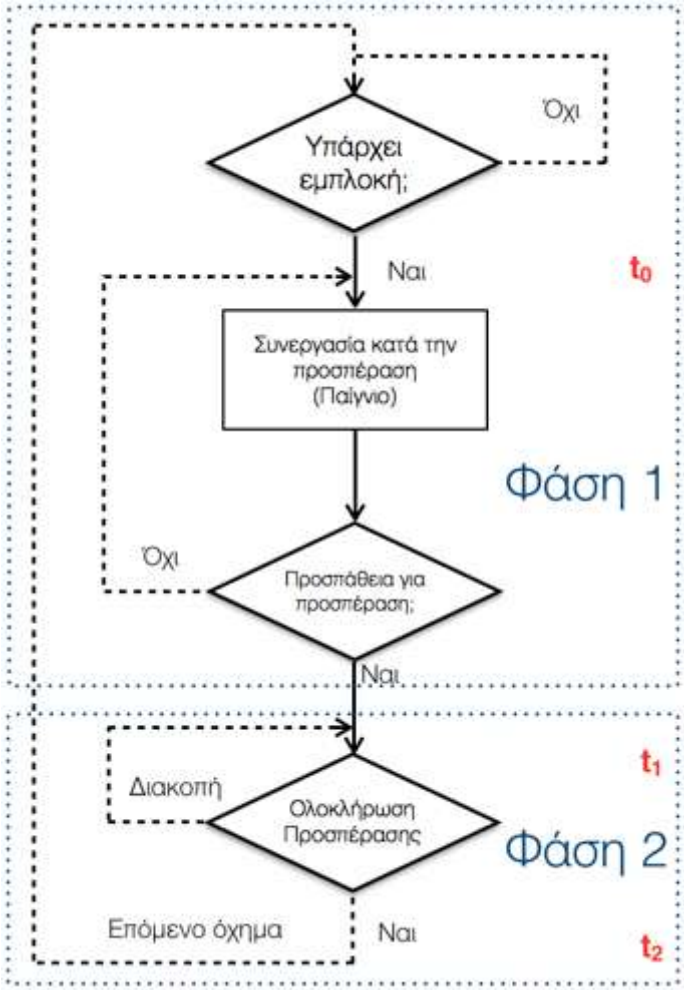
Σύνοψη

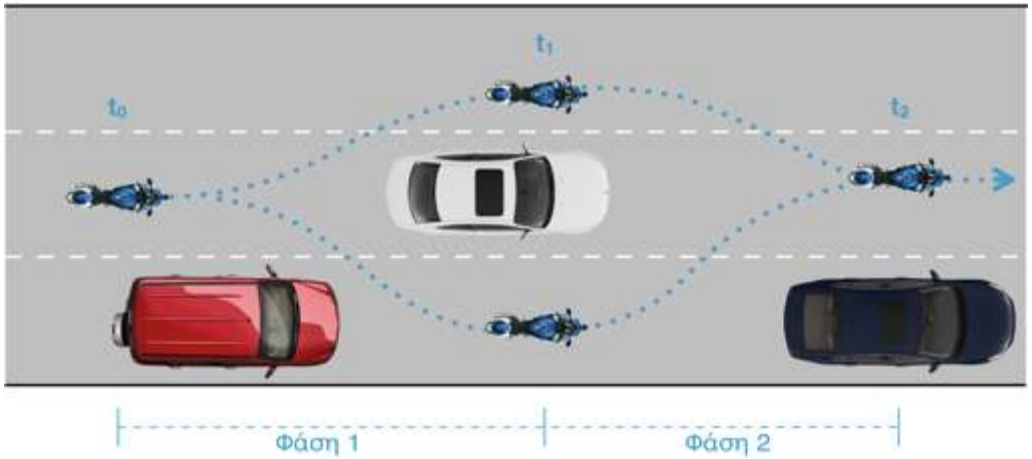
- Η σημασία της συλλογής πραγματικών δεδομένων από την κυκλοφορία στη μελέτη και κατανόηση κυκλοφοριακών φαινομένων που αφορούν στα ΜΔ.
- Η ανάγκη της συλλογής κυκλοφοριακών δεδομένων με τη χρήση UAS για δημιουργία πιο αναλυτικών βάσεων δεδομένων.
- Η ανάγκη για μία διαφορετική, δυναμική προσέγγιση στο φαινόμενο της προσπέρασης των δικυκλιστών σε σχέση με τον τρόπο που το έχουν προσεγγίσει έως τώρα έρευνες για τα υπόλοιπα οχήματα.
- Η ανάγκη σύνδεσης των Έξυπνων Συστημάτων Μεταφοράς και των Δικύκλων σε τομείς πέραν της οδικής ασφάλειας, με έμφαση στη συνεργασία Δικύκλων και των υπόλοιπων οχημάτων.
- Η πρόκληση για αναγνώριση και εφαρμογή συνθηκών συνεργασίας σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον όπως αυτό των αστικών οδών.

Μεθοδολογία

Μεθοδολογία

Δυναμική Διαδικασία Λήψης Απόφασης κατά την Προσπέραση



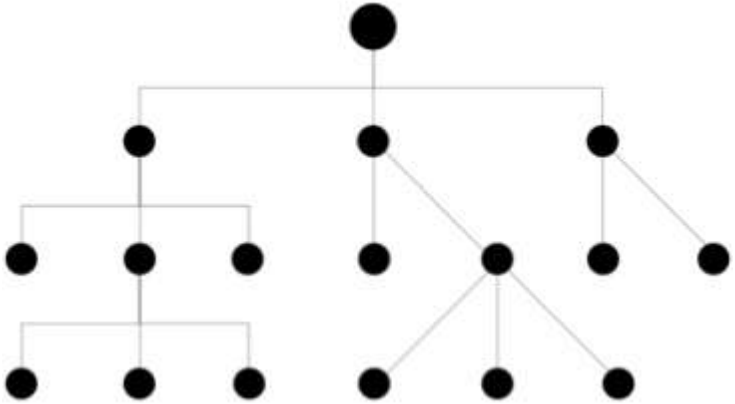


- t_0: η στιγμή που ο μοτοσυκλετιστής αποφασίζει να προσπεράσει το προπορεύον όχημα
- t_1: η στιγμή που ο μοτοσυκλετιστής βρίσκεται παράλληλα του οχήματος που προσπερνάται και αποφασίζει για το αν θα ολοκληρώσει την προσπέραση
- t_2: το τέλος της προσπέρασης, δηλαδή όταν ο μοτοσυκλετιστής έχει αποκτήσει μια απόσταση ασφαλείας από το όχημα που προσπέρασε.

Μεθοδολογία

Πρόβλεψη Οδηγικής Συμπεριφοράς μέσω Δέντρων Αποφάσεων

- Η δημιουργία αποκλειστικά **μίας γραμμικής σχέσης** μπορεί να αποδειχτεί μία ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία με **ανεπαρκή επεξηγηματική δύναμη**.
- Για την εισαγωγή πολλαπλών παραγόντων στο πρότυπο που το επηρεάζουν, επιλέγεται η χρήση των **Δέντρων Αποφάσεων** (Decision Trees).
- **Τεχνική μηχανικής μάθησης** χρησιμοποιεί απλές αναπαραστάσεις για την επίλυση προβλημάτων **κατηγοριοποίησης**



Τα Δέντρα Αποφάσεων μεταφράζονται σε απλούς κανόνες αν… τότε… (if…then)

Barmpounakis, E.N., Vlahogianni, E.I., & Golias, J.C. (2017). Identifying predictable patterns in the unconventional overtaking decisions of PTW for Cooperative ITS, IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, Under Revision

Μεθοδολογία

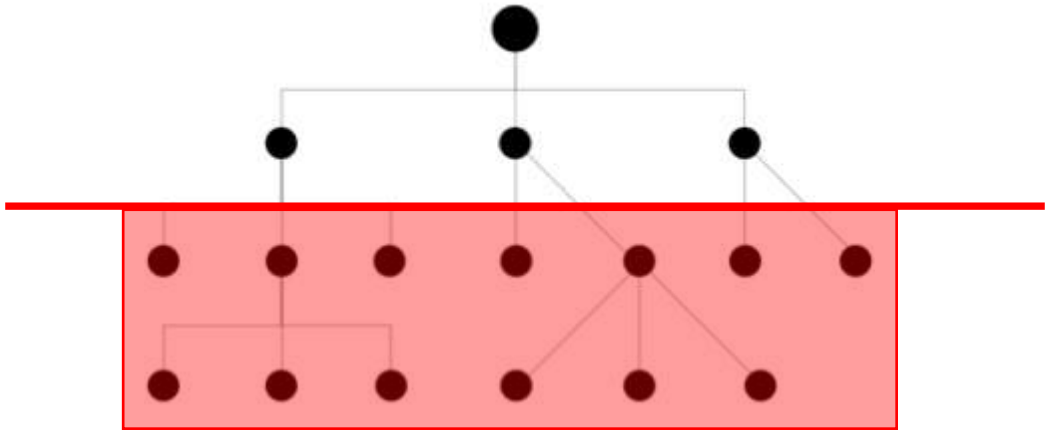
Πρόβλεψη Οδηγικής Συμπεριφοράς μέσω Δέντρων Αποφάσεων

Κλάδεμα

Η διαδικασία της εκπαίδευσης μπορεί να οδηγήσει συχνά σε μη βελτιστοποιημένες δομές δέντρων σε σχέση με την ακρίβεια του προτύπου και την πολυπλοκότητά του.

- ακραίες τιμές
- θέματα υπερπροσαρμογής (overfitting)

Το «κλάδεμα» (pruning) μειώνει την **πολυπλοκότητα** και βελτιώνει την **απόδοση** τού προτύπου.



«Προσαρμοστική Ενίσχυση» (Adaptive Boosting ή AdaBoost)

- η απόδοση ενός κανόνα πρόβλεψης μπορεί να ενισχυθεί με την μετατροπή ενός αδύναμου «εκπαιδευτή» σε έναν πιο δυνατό.

Μεθοδολογία

Θεωρία Παιγνίων

- Η κατάσταση της προσπέρασης των μοτοσυκλετιστών μπορεί να θεωρηθεί ως μία περίπτωση **στρατηγικής αλληλεξάρτησης**
- Ενώ ο ένας οδηγός επηρεάζει τον άλλον, λαμβάνουν αποφάσεις με σκοπό να έχουν το **μέγιστο δυνατό όφελος**.
- Η **Θεωρία Παιγνίων (Game Theory)** χρησιμοποιείται στην προτυποποίηση της στρατηγικής αλληλεξάρτησης των αποφάσεων των δύο οδηγών.

Σε κάθε παίγνιο ορίζεται:

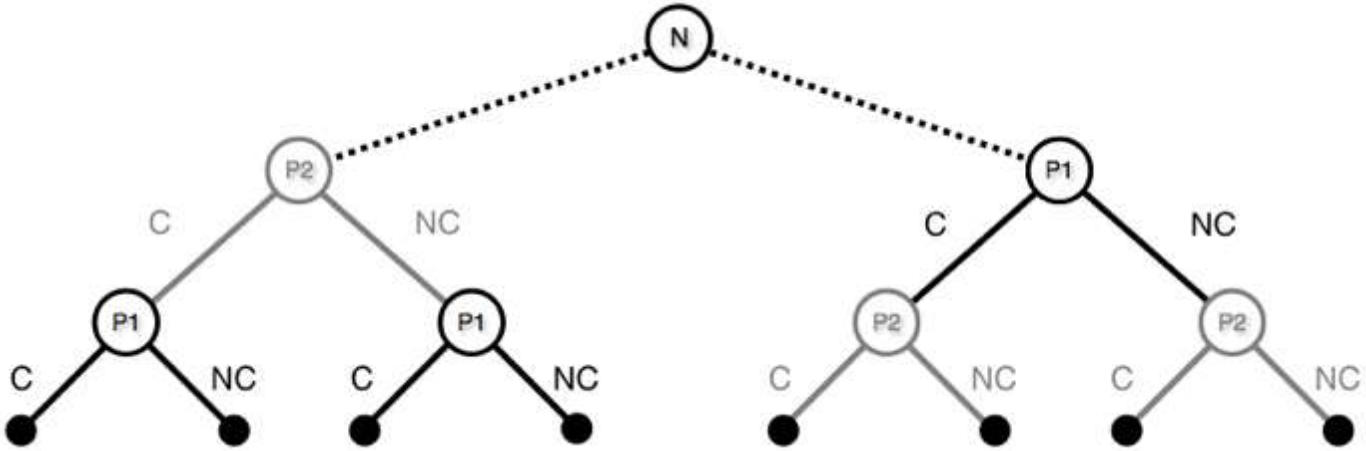
- το **πλήθος** των παικτών
- οι **παίκτες** που συμμετέχουν
- οι διαθέσιμες **στρατηγικές**
- οι **απολαβές** του κάθε παίκτη για την εκάστοτε στρατηγική

Barmpounakis, E.N., Vlahogianni, E.I., & Golias, J.C. (2016). Modeling Cooperation and Powered-Two Wheelers Short-term Strategic Decisions during Overtaking in Urban Arterials, International Journal of Transportation Science and Technology, Volume 5, Issue 4.

Μεθοδολογία

Θεωρία Παιγνίων

Διαμόρφωση Παιγνίου Αναλυτικής Μορφής



- N: Τυχαιότητα/Φύση που αποφασίζει στην αρχή για το ποιος παίζει πρώτος
- P1: Παίκτης 1 – Μοτοσυκλετιστής
- P2: Παίκτης 2 – Όχημα που προσπερνάται
- C: Συνεργατική Στρατηγική
- NC: Μη Συνεργατική Στρατηγική

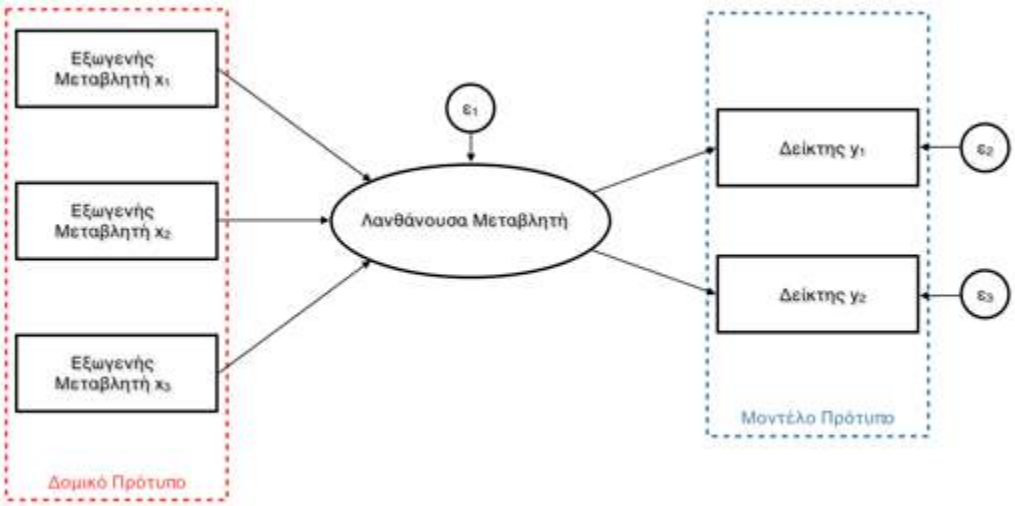
Μεθοδολογία

Η «Άνεση Κατά την Προσπέραση» ως μέγεθος Απολαβής

Λανθάνουσα μεταβλητή που συμπεριλαμβάνει:

- Την επιθυμία των οδηγών να ολοκληρωθεί γρήγορα ο ελιγμός
- Την επιθυμία των οδηγών να κινηθούν με μεγαλύτερες ταχύτητες
- Την επιθυμία των οδηγών να κινούνται με ασφάλεια

Ορίζεται ένα νέο μέγεθος που ονομάζεται «Άνεση κατά την Προσπέραση» χρησιμοποιώντας Πρότυπα Δομικών Εξισώσεων (Structural Equation Modeling – SEM)



Barmpounakis, E.N., Vlahogianni, E.I., & Golias, J.C. (2016). Vision based multivariate statistical modelling for Powered Two-Wheelers Maneuverability during Overtaking in Urban Arterials, Transportation Letters, 8(3), 167-176.

Συλλογή Δεδομένων

Συλλογή Δεδομένων

Περιοχή Μελέτης

- Τρεις (3) λωρίδες ανά κατεύθυνση
- Διαχωρισμένες οι δύο διαφορετικές κατευθύνσεις κυκλοφορίας με προστατευτική νησίδα
- Δεν υπάρχουν κοίλες ή κυρτές καμπύλες στην οδό (σε μηκοτομή και οριζοντιογραφία)
- Δεν υπάρχουν στάσεις λεωφορείων ή ταξί που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη φυσιολογική ροή των οχημάτων, ή παρκαρισμένα οχήματα
- Μπορούν να τηρηθούν οι κανόνες για την ασφαλή πτήση του UAV

Υψόμετρο: 50-60 m

Μήκος Καταγραφής: 220 m

Συλλογή Δεδομένων

Εξοπλισμός

DJI Spreading Wings S-900

- Δυνατότητα Αιώρησης
- Λιγότερη εμπειρία για το χειριστή
- Πτήσεις σε χαμηλά υψόμετρα
- Υψηλότερη ανάλυση
- 6x μοτέρ (3x ωρολογιακά & 3x αντι-)
- Ταχύτητα 16m/s (οριζόντια)
- Ταχύτητα 6m/s (κάθετη)

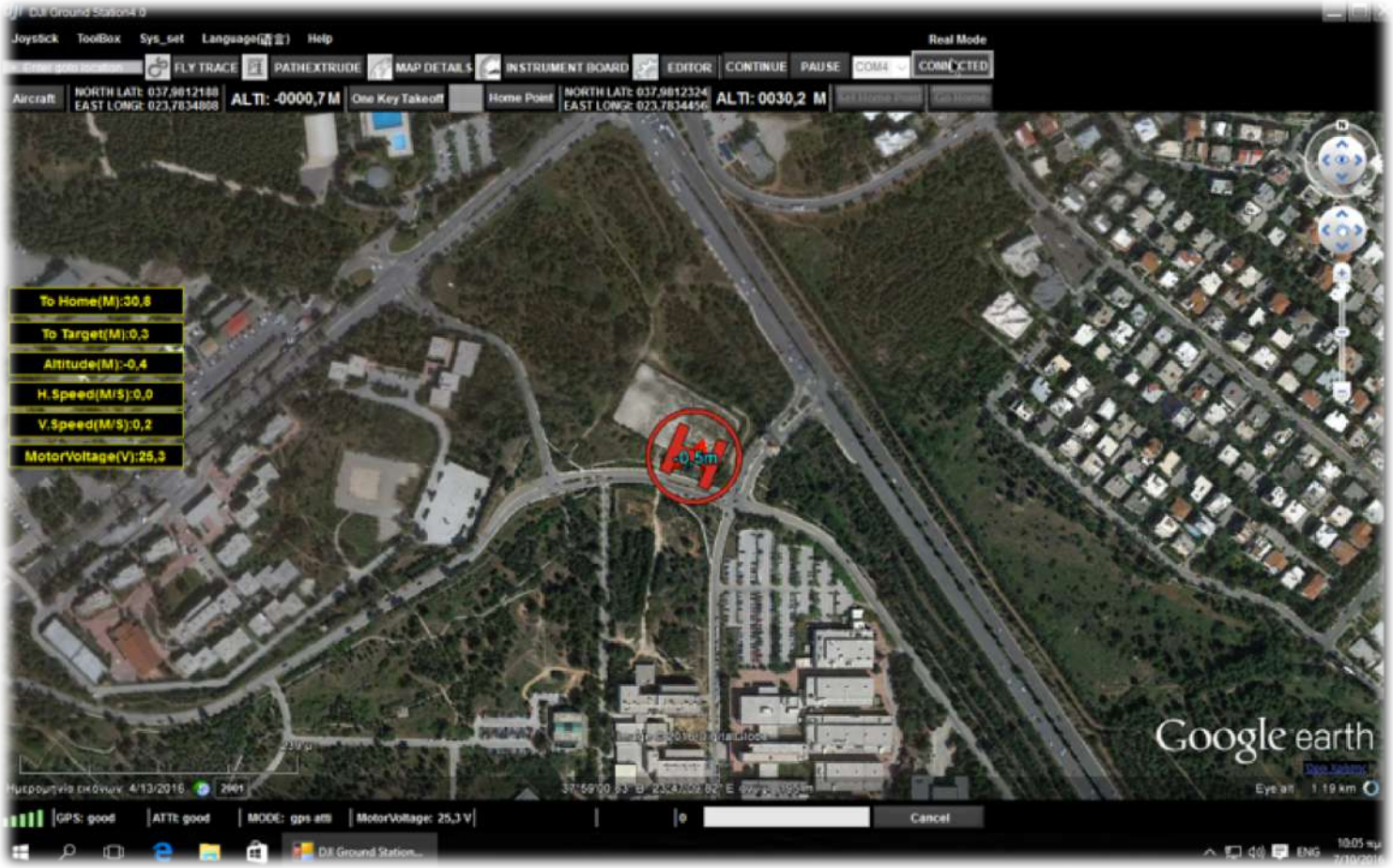
- Πτήσεις μέχρι 5 Beaufort
- Ελαφριά Κάμερα (150gr)
- Ανάλυση 4K σε 30 fps
- Καθορισμός Ενδιάμεσων Σταθμών
- Σύστημα αυτόματης επιστροφής
- Σύστημα Τηλεμετρίας
- Προβολή Πρώτου Προσώπου

Συλλογή Δεδομένων

Εξοπλισμός

Συλλογή Δεδομένων

Εξοπλισμός



Συλλογή Δεδομένων

Περιοχή Μελέτης

Συλλογή Δεδομένων

Διαδικασία Δημιουργίας Βάσης Δεδομένων

Εγγραφή βίντεο
- Διάρκεια Πτήσεων

→

Βαθμονόμηση
- Χρήση τεχνολογίας GNSS

→

Σταθεροποίηση
- Χρήση Open Source λογισμικού

→

Εξαγωγή Τροχιών
- Δημιουργία Βάσης Δεδομένων

Εγγραφή Βίντεο

- Διάρκεια Δειγματοληπτικής Πτήσης:18 λεπτά
  - 66 προσπάθειες προσπεράσεων
- Συνολική Διάρκεια Πειράματος: 6 μήνες
  - Διάρκεια Βίντεο: 3 ώρες και 34 λεπτά
  - Όγκος Δεδομένων: 123GB
  - Προσπάθειες Προσπέρασης: 433

Συλλογή Δεδομένων

Διαδικασία Δημιουργίας Βάσης Δεδομένων

Βαθμονόμηση Βίντεο

- Fisheye effect
- Καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων

Συλλογή Δεδομένων

Διαδικασία Δημιουργίας Βάσης Δεδομένων

Βαθμονόμηση Βίντεο

Χρήση εξοπλισμού GNSS

Οκτώ (8) σημεία καθ' όλο το μήκος

Συλλογή Δεδομένων

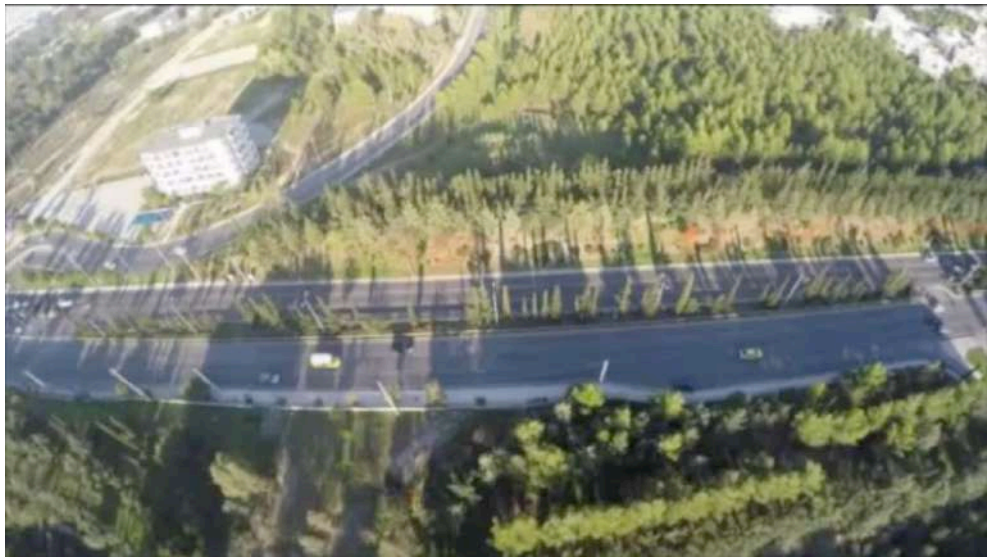
Διαδικασία Δημιουργίας Βάσης Δεδομένων

Σταθεροποίηση Βίντεο

Μηχανισμός Σταθεροποίησης

Συλλογή Δεδομένων

Διαδικασία Δημιουργίας Βάσης Δεδομένων

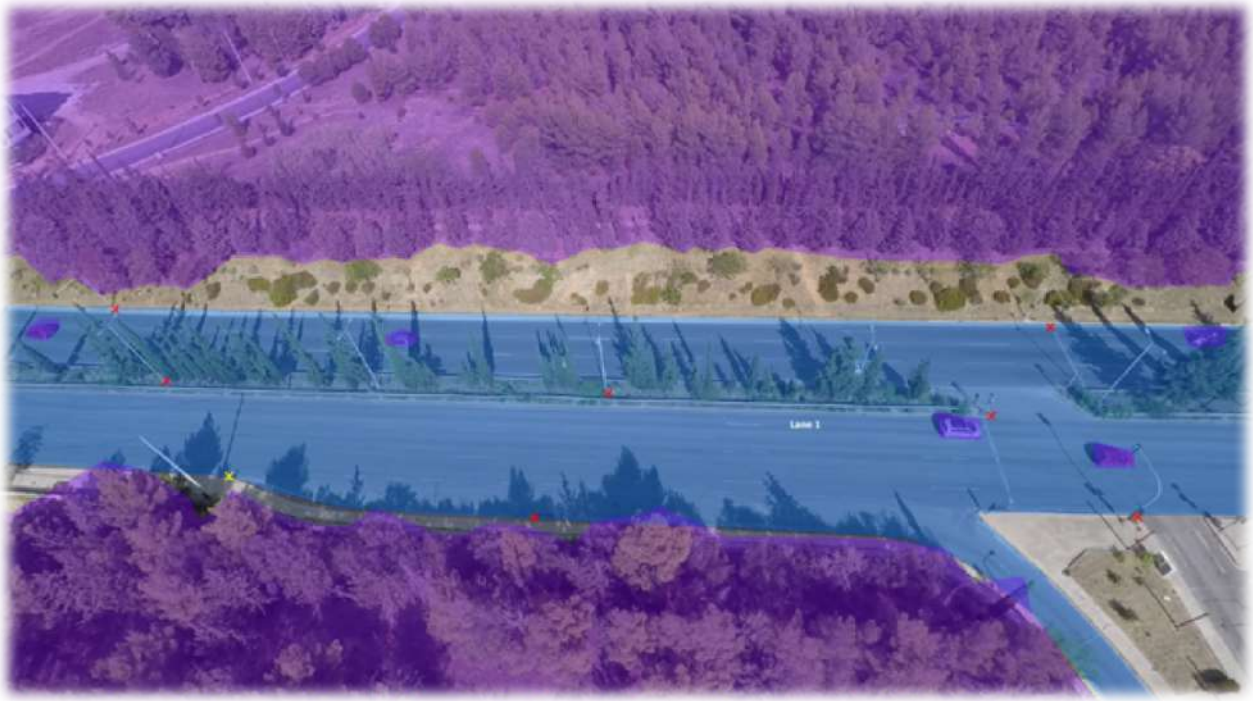


Barmpounakis, E.N., Vlahogianni, E.I., Golias, J.C., Babinec, A., 2017. How accurate are small Drones for measuring microscopic traffic parameters? Transp. Lett. Int. J. Transp. Res. In Press.

Συλλογή Δεδομένων

Διαδικασία Δημιουργίας Βάσης Δεδομένων

Σταθεροποίηση Βίντεο



Διαδικασία Σταθεροποίησης και
ταύτιση εικονικών συντεταγμένων

Συλλογή Δεδομένων

Διαδικασία Δημιουργίας Βάσης Δεδομένων

- Θέση ως προς το χρόνο x(t)
  - Χωρικοί Διαχωρισμοί
  - Χρονικοί Διαχωρισμοί
- Ταχύτητα u(t) = x'(t)
- Επιτάχυνση a(t) = u'(t)
- Εικονικοί φορατές

Συλλογή Δεδομένων

Περιγραφή Βάσης Δεδομένων

Γενικά Στοιχεία

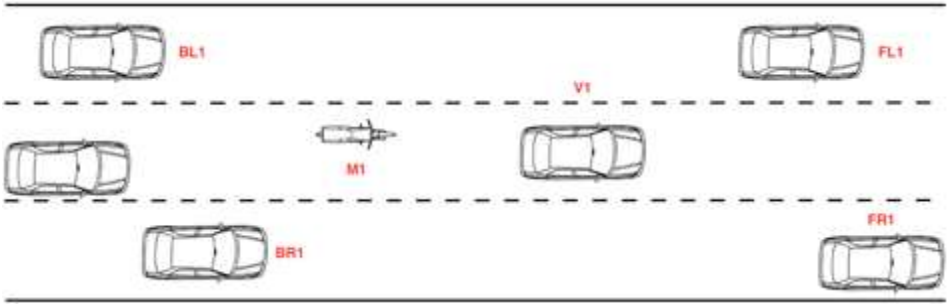
Μεταβλητή	Επεξήγηση	Τιμές
typeM	Τύπος ΜΔ	0: Σκούτερ, 1: Μοτοσυκλέτα
typeVeh	Τύπος οχήματος που προσπερνάται	1: ΙΧ, 2: Σκούτερ, 3: Μοτοσυκλέτα, 4: Βαρύ Όχημα
typeOver	Είδος Προσπέρασης	0: Χωρίς Πλάγιο Ελιγμό, 1: Με Πλάγιο Ελιγμό
laneM	Λωρίδα στην οποία κινείται το ΜΔ	0: Δεξιά, 1: Μεσαία, 2: Αριστερή
laneV	Λωρίδα στην οποία κινείται το όχημα που προσπερνάται	0: Δεξιά, 1: Μεσαία, 2: Αριστερή
laneSame	Είναι τα δύο οχήματα στη ίδια λωρίδα;	LaneM - LaneV
passenger	Υπάρχει δεύτερος αναβάτης στο δίκυκλο;	0: Όχι, 1: Ναι
platoon	Έχει διαμορφωθεί φάλαγγα δικύκλων;	0: Όχι, 1: Ναι
helmet	Ο οδηγός του ΜΔ φοράει κράνος;	0: Όχι, 1: Ναι

Συλλογή Δεδομένων

Περιγραφή Βάσης Δεδομένων

Αρχή Προσπέρασης (Φάση 1)

Ταχύτητες & Επιταχύνσεις



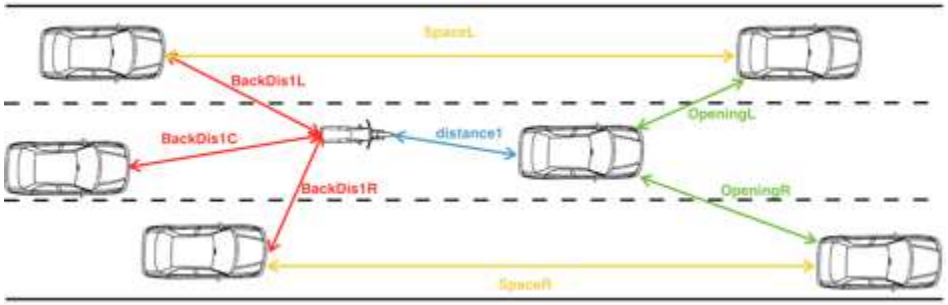
Μεταβλητή	Επεξήγηση	Τιμές
speedM1	Ταχύτητα του ΜΔ	km/h
accelM1	Συνολική Επιτάχυνση του ΜΔ	m/s/s
speedV1	Ταχύτητα του Οχήματος που προσπερνάται	km/h
accelV1	Επιτάχυνση του Οχήματος που προσπερνάται	m/s/s
speedFL1	Ταχύτητα του Οχήματος Μπροστά (Αριστέρα)	km/h
accelFL1	Επιτάχυνση του Οχήματος Μπροστά (Αριστερά)	m/s/s
speedFR1	Ταχύτητα του Οχήματος Μπροστά (Δεξιά)	km/h
accelFR1	Επιτάχυνση του Οχήματος Μπροστά (Δεξιά)	m/s/s
speedBL1	Ταχύτητα του Οχήματος Πίσω (Αριστέρα)	km/h
accelBL1	Επιτάχυνση του Οχήματος Πίσω (Αριστερά)	m/s/s
speedBR1	Ταχύτητα του Οχήματος Πίσω (Δεξιά)	km/h
accelBR1	Επιτάχυνση του Οχήματος Πίσω (Δεξιά)	m/s/s

Συλλογή Δεδομένων

Περιγραφή Βάσης Δεδομένων

Αρχή Προσπέρασης (Φάση 1)

Αποστάσεις

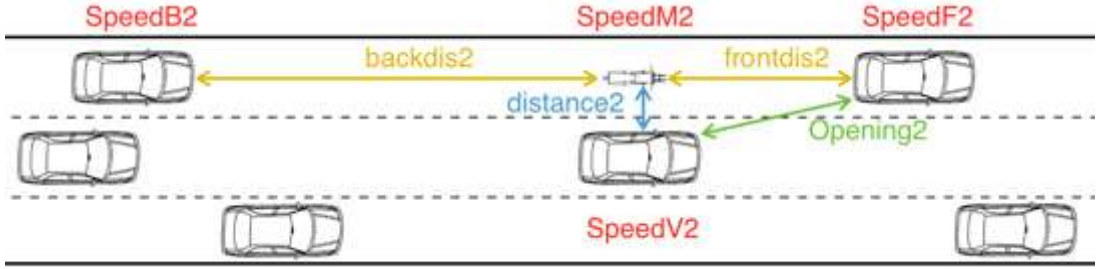


Μεταβλητή	Επεξήγηση	Τιμές
distance1	Απόσταση μεταξύ του ΜΔ και του Οχήματος που προσπερνάται	m
OpeningL	Άνοιγμα (Αριστερά)	m
OpeningR	Άνοιγμα (Δεξιά)	m
SpaceL	Διαθέσιμη Διαμήκης Απόσταση πλαγίως του Οχήματος που προσπερνάται (Αριστερά)	m
SpaceR	Διαθέσιμη Διαμήκης Απόσταση πλαγίως του Οχήματος που προσπερνάται (Δεξιά)	m
LateralL1	Διαθέσιμη Διαμήκης απόσταση πλαγίως του οχήματος που προσπερνάται (Αριστερά)	m
LateralR1	Διαθέσιμη Διαμήκης απόσταση πλαγίως του οχήματος που προσπερνάται (Δεξιά)	m
BackDis1L	Απόσταση μεταξύ του ΜΔ και του οχήματος πίσω (Αριστερά)	m
BackDis1C	Απόσταση μεταξύ του ΜΔ και του οχήματος πίσω (Κέντρο)	m
BackDis1R	Απόσταση μεταξύ του ΜΔ και του οχήματος πίσω (Δεξιά)	m
OverPhase1	Ολοκλήρωσε το ΜΔ την πρώτη φάση της προσπέρασης;	0: Όχι, 1: Ναι

Συλλογή Δεδομένων

Περιγραφή Βάσης Δεδομένων

Αρχή Προσπέρασης (Φάση 2)



Μεταβλητή	Επεξήγηση	Τιμές
relativePos	Σχετική θέση του ΜΔ ως προς το όχημα που προσπερνάται	0: Δεξιά, 1: Αριστερά
speedM2	Ταχύτητα του ΜΔ	km/h
accelM2	Συνολική επιτάχυνση του ΜΔ	m/s/s
speedV2	Ταχύτητα του Οχήματος που προσπερνάται	km/h
accelV2	Επιτάχυνση του Οχήματος που προσπερνάται	m/s/s
distance2	(Εγκάρσια) Απόσταση του ΜΔ με το Όχημα που προσπερνάται	m
opening2	Άνοιγμα (Σχετική Θέση)	m
speedF2	Ταχύτητα του Οχήματος Μπροστά (Σχετική Θέση)	km/h
accelF2	Επιτάχυνση του Οχήματος Μπροστά (Σχετική Θέση)	m/s/s
frontdis2	Απόσταση μεταξύ του ΜΔ και του Οχήματος Μπροστά (Σχετική Θέση)	m
speedB2	Ταχύτητα του Οχήματος Πίσω (Σχετική Θέση)	km/h
accelB2	Επιτάχυνση του Οχήματος Πίσω (Σχετική Θέση)	m/s/s
backDis2	Απόσταση μεταξύ του ΜΔ και του Οχήματος Πίσω (Σχετική Θέση)	m
overPhase2	Ολοκλήρωσε το ΜΔ τη δεύτερη φάση της προσπέρασης?	0: Όχι, 1: Ναι

Συλλογή Δεδομένων

Περιγραφή Βάσης Δεδομένων

Συμπληρωματικές Μεταβλητές

Μεταβλητή	Επεξήγηση	Τιμές
BestOpening	Μεγαλύτερο άνοιγμα μεταξύ δεξιού και αριστερού	m
Opening_Effect	Είναι το άνοιγμα μεγαλύτερο από 12 μέτρα;	0: Όχι, 1: Ναι
SpeedDiff_P1	Διαφορά ταχύτητας ΜΔ και Προπ. Οχήματος	km/h
SpeedDiff_FR_P1	Διαφορά ταχύτητας ΜΔ και Οχήματος Μπροστά (Δεξιά)	km/h
SpeedDiff_FL_P1	Διαφορά ταχύτητας ΜΔ και Οχήματος Μπροστά (Αριστερά)	km/h
SpeedDiff_BR_P1	Διαφορά ταχύτητας ΜΔ και Οχήματος Πίσω (Δεξιά)	km/h
SpeedDiff_BL_P1	Διαφορά ταχύτητας ΜΔ και Οχήματος Πίσω (Αριστερά)	km/h
SpeedDiff_P2	Διαφορά ταχύτητας ΜΔ και Προπ. Οχήματος (Φάση 2)	km/h
SpeedDiff_F_P2	Διαφορά ταχύτητας ΜΔ και Οχήματος Μπροστά (Σχετική Θέση)	km/h
AreaL	Διαθέσιμη Περιοχή πλαγίως του Οχήματος που προσπερνάται (Αριστερά)	m2
AreaR	Διαθέσιμη Περιοχή πλαγίως του Οχήματος που προσπερνάται (Δεξιά)	m2
TTC_BR	Χρόνος μέχρι την πρόσκρουση με το όχημα που έρχεται από πίσω (Δεξιά)	s
TTC_BL	Χρόνος μέχρι την πρόσκρουση με το όχημα που έρχεται από πίσω (Αριστερά)	s
Back_Veh	Είναι ο χρόνος μέχρι την πρόσκρουση με το όχημα που έρχεται από πίσω μικρότερος από 5 δευτερόλεπτα;	0: Όχι, 1: Ναι
PredictedOpeningDifference	**Διαφορά ανοίγματος μεταξύ Φάσης 1 και Φάσης 2**	**m**
FinalOvertake	Ολοκλήρωσε τελικά το ΜΔ και τις δύο φάσεις;	0: Όχι, 1: Ναι

Προτυποποίηση Διαδικασίας Προσπέρασης

Προτυποποίηση Διαδικασίας Προσπέρασης

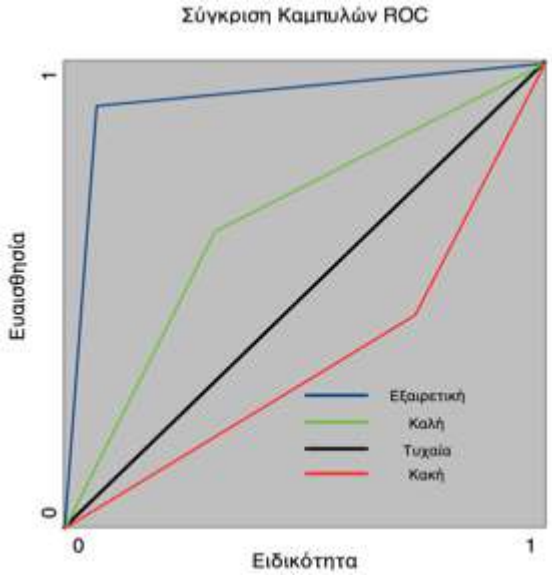
Μέθοδοι Αξιολόγησης

$$\text{Ευαισθησια (True Positive Rate)} = \frac{\text{Αριθμός Ορθών Ταξινομησεων Κλασης 1}}{\text{Συνολικός Αριθμός Περιπτώσεων Κλασης 1}} = \frac{\text{TP}}{\text{P}} \quad (1)$$

$$\text{Ειδικότητα (False Positive Rate)} = \frac{\text{Αριθμός Λαθος Ταξινομησεων Κλασης 1}}{\text{Συνολικός Αριθμός Περιπτώσεων Κλασης 0}} = \frac{\text{FP}}{\text{N}} \quad (2)$$

$$\text{Ακριβεια (Precision)} = \frac{\text{Αριθμός Ορθών Ταξινομησεων Κλασης 1}}{\text{Συνολικός Αριθμός Ταξινομησεων Κλασης 1}} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}} \quad (3)$$

$$\text{F} - \text{Measure} = 2\times\frac{1}{\frac{1}{\text{Ακριβεια}} + \frac{1}{\text{Ευαισθησια}}} = \frac{2\times\text{TP}}{2\times\text{TP} + \text{FP} + \text{FN}} \quad (4)$$



Προτυποποίηση Διαδικασίας Προσπέρασης

Πρόβλεψη επιτυχούς προσπέρασης

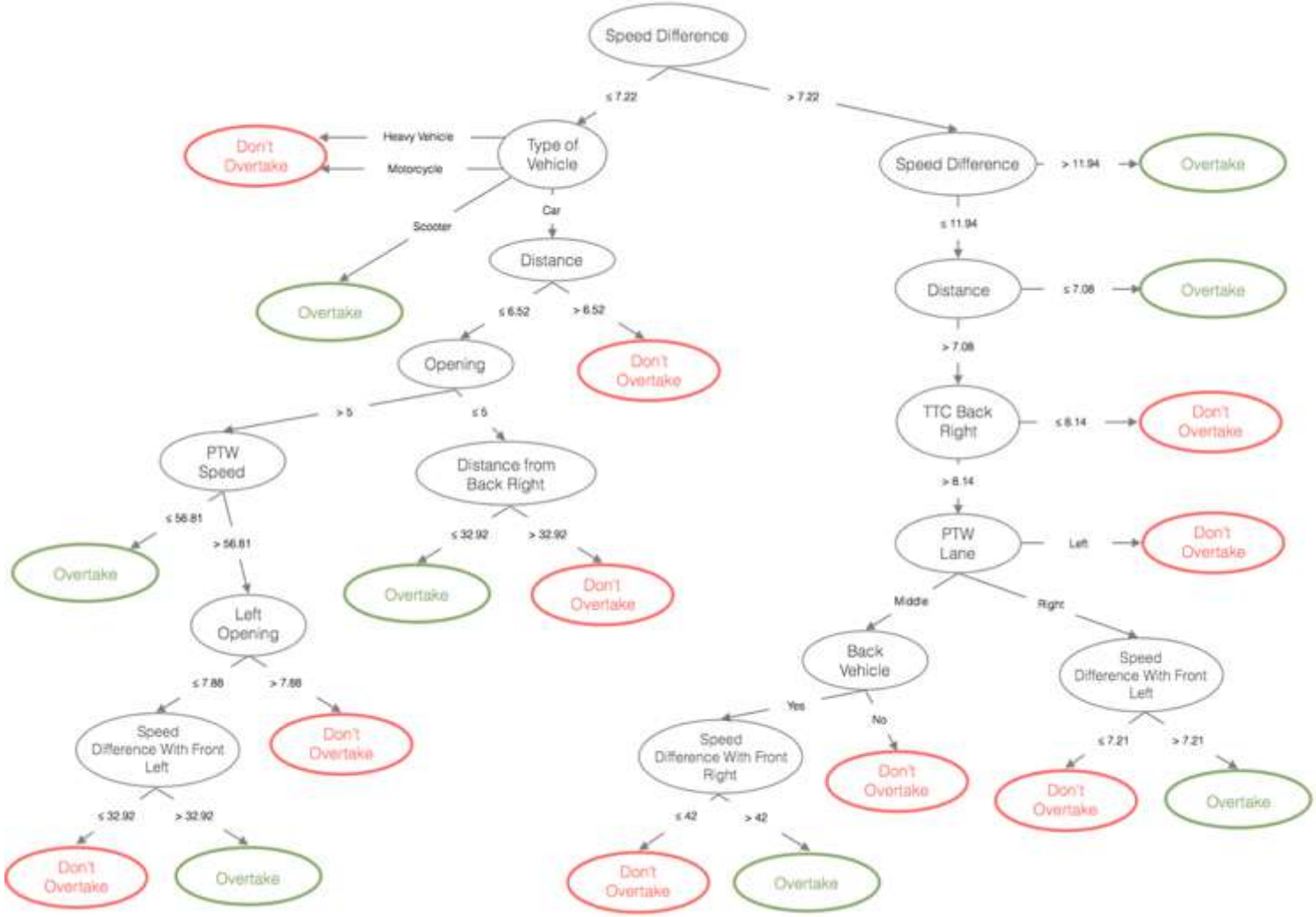
	Πρότυπο 1 (Σταυρωτή Αξιολόγηση)	Πρότυπο 2 (Διαχωρισμός Δείγματος 66%)	Πρότυπο 3 (AdaBoostM1)	Πρότυπο 4 (Opening Difference)
TP Rate	0.829	0.871	0.850	0.918
FP Rate	0.275	0.182	0.257	0.063
Precision	0.828	0.875	0.847	0.929
F-Measure	0.829	0.872	0.848	0.921
AUROC	0.818	0.902	0.876	0.954

- Τύπος Οχημάτων
- Λωρίδες Κίνησης ΜΔ και Οχήματος που προσπερνάται
- Ταχύτητες Οχημάτων & Διαφορές Ταχυτήτων
- Χωρικοί Διαχωρισμοί μεταξύ οχημάτων
- TTC

- Ολοκληρώθηκε Προσπέραση (0/1)

Προτυποποίηση Διαδικασίας Προσπέρασης

Πρόβλεψη επιτυχούς προσπέρασης



Προτυποποίηση Διαδικασίας Προσπέρασης

Πρόβλεψη σχετικής θέσης της μοτοσυκλέτας

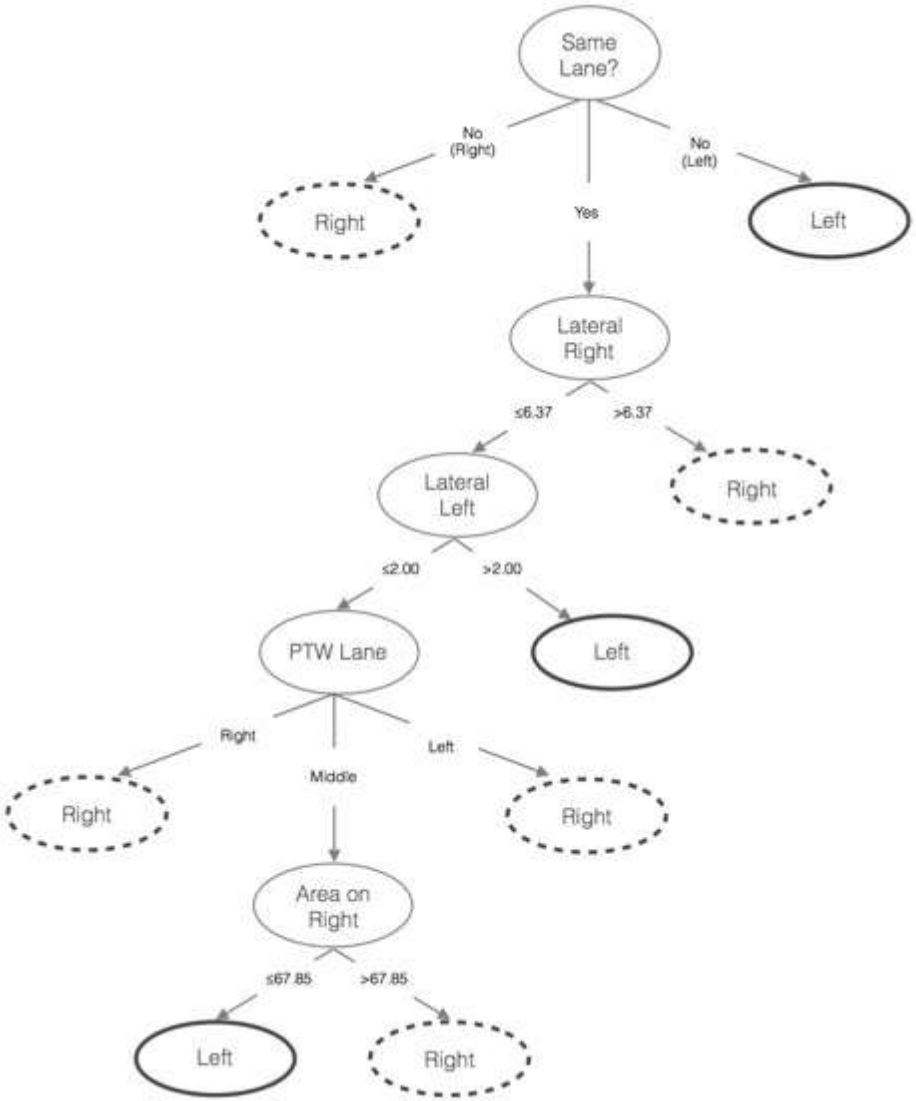
	Πρότυπο 1 (Σταυρωτή Αξιολόγηση)	Πρότυπο 2 (Διαχωρισμός Δείγματος 66%)	Πρότυπο 3 (AdaBoostM1)
TP Rate	0.896	0.918	0.936
FP Rate	0.137	0.118	0.077
Precision	0.895	0.918	0.937
F-Measure	0.895	0.918	0.937
AUROC	0.836	0.836	0.866

- Τύπος Οχημάτων
- Λωρίδες Κίνησης ΜΔ και Οχήματος που προσπερνάται
- Ταχύτητες Οχημάτων & Διαφορές Ταχυτήτων
- Χωρικοί Διαχωρισμοί μεταξύ οχημάτων
- TTC

- Προσπέραση από Αριστερά ή Δεξιά; (0/1)

Προτυποποίηση Διαδικασίας Προσπέρασης

Πρόβλεψη σχετικής θέσης της μοτοσυκλέτας



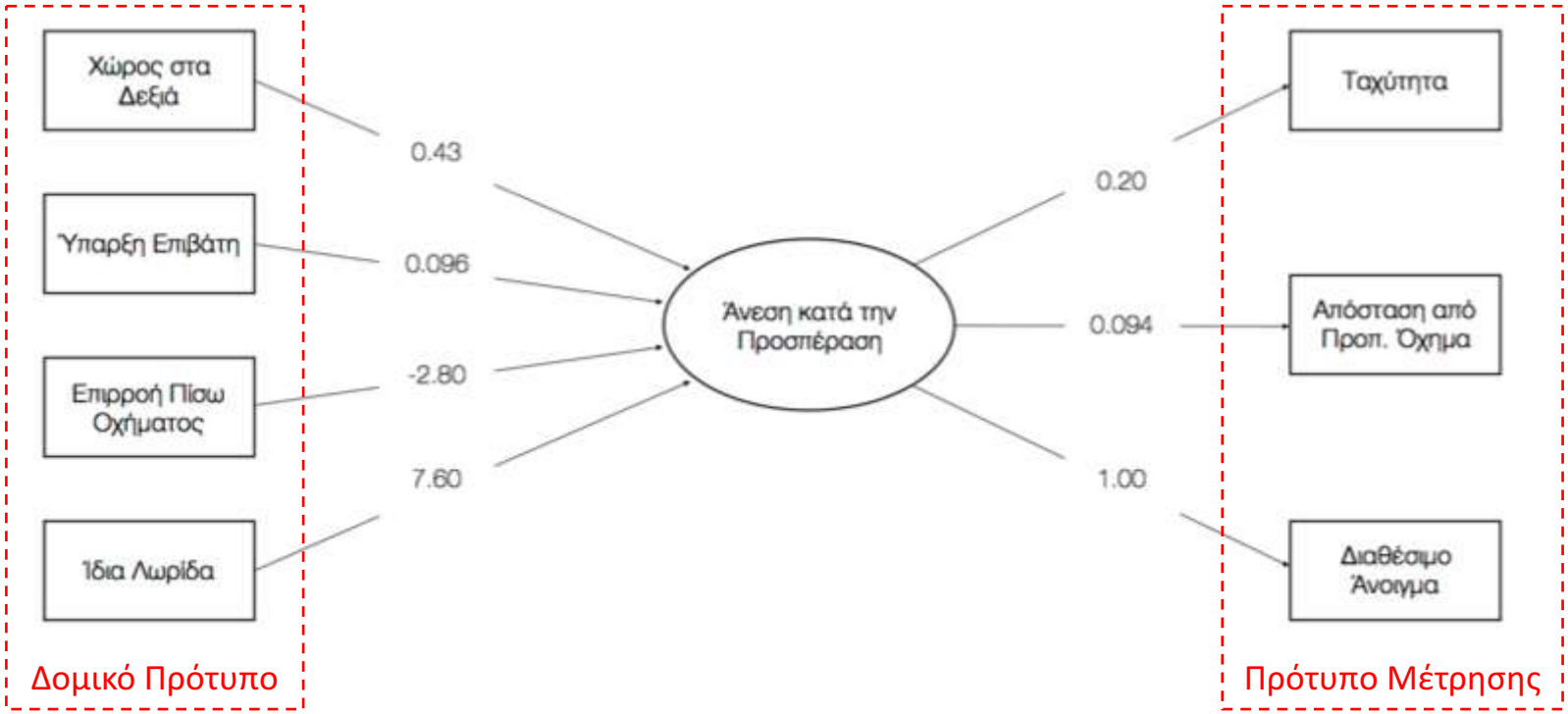
Συνεργασία Μεταξύ Οδηγών

Συνεργασία Μεταξύ Οδηγών

Ποσοτικοποίηση Απολαβής για το ΜΔ

Για την περίπτωση του ΜΔ, τρεις διαφορετικές μεταβλητές ορίζονται ως δείκτες στο πρότυπο SEM:

- η ταχύτητα του δικύκλου, που εκφράζει την επιθυμία του οδηγού του ΜΔ να οδηγήσει γρηγορότερα
- ο χωρικός διαχωρισμός μεταξύ των δύο οχημάτων, που εκφράζει την επιθυμία του οδηγού να αποφευχθεί κάποια σύγκρουση με το προπορευόμενο όχημα
- το άνοιγμα κατάντη που έχει διαθέσιμο ο μοτοσυκλετιστής για να ολοκληρώσει την προσπέραση

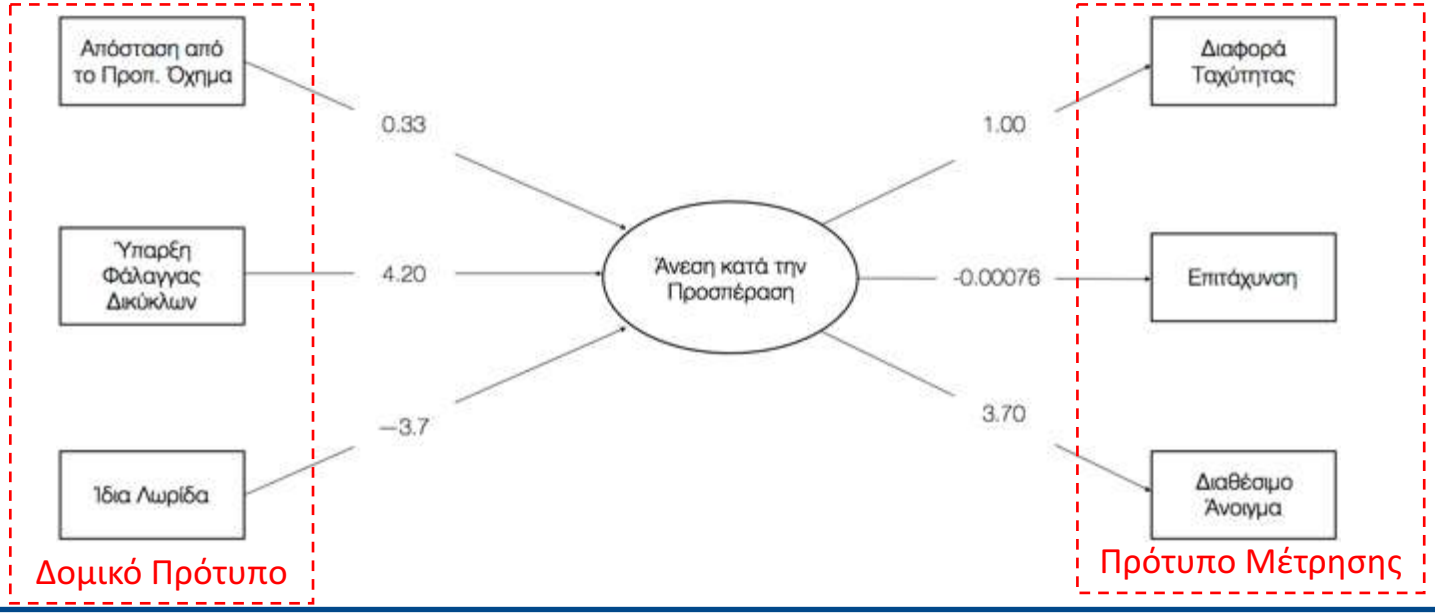


Συνεργασία Μεταξύ Οδηγών

Ποσοτικοποίηση Απολαβής για το προπορευόμενο όχημα

Για το προπορευόμενο όχημα οι δείκτες για το πρότυπο είναι:

- η διαφορά ταχύτητας μεταξύ των δύο οχημάτων, που εκφράζει την επιθυμία του οδηγού του να μην προσπερνάται με υπερβολικές ταχύτητες
- ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητάς του, που εκφράζει την επιθυμία του οδηγού να μην μεταβάλλει τον τρόπο οδήγησής του για να ολοκληρωθεί η προσπέραση
- ο χωρικός διαχωρισμός από το προπορευόμενο όχημα, που εκφράζει ταυτόχρονα το άνοιγμα που έχει διαθέσιμο ο μοτοσυκλετιστής για να προσπεράσει



Συνεργασία Μεταξύ Οδηγών

Παίγνιο για την Προτυποποίηση της Προσπέρασης

Για το συγκεκριμένο παίγνιο οι συνθήκες συνεργασίας που ορίζονται ώστε το δίκυκλο να χαρακτηρίζεται ως μη συνεργάσιμο είναι οι εξής:

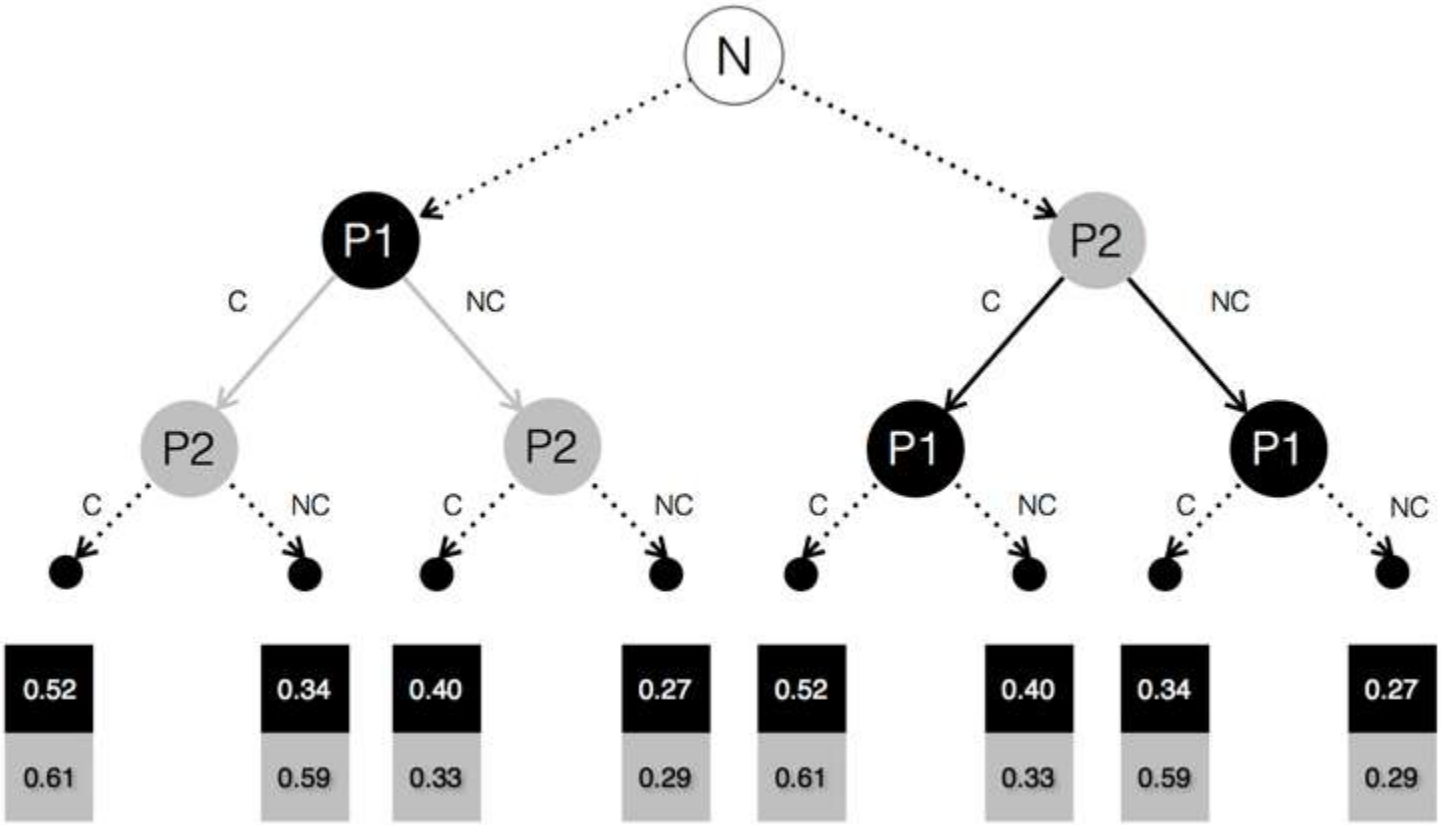
- ακολουθεί το όχημα σε μικρότερη απόσταση από 4.95 μέτρα *(Nguyen and Hanaoka, 2013)*, αφού επηρεάζει τον οδηγό του προπορευόμενου οχήματος λόγω μικρών χωρικών διαχωρισμών και μη δυνατότητα έκτακτων απότομων ελιγμών ή αλλαγής ταχύτητας.
- προσπαθεί να προσπεράσει το προπορευόμενο όχημα από δεξιά.
- ο μοτοσυκλετιστής δεν φοράει κράνος, ως ένα είδος μη ορθολογικότητας.

Για το προπορευόμενο όχημα οι συνθήκες που ορίζονται και το χαρακτηρίζουν ως μη συνεργάσιμο είναι οι εξής:

- όταν το διαθέσιμο άνοιγμα για το δίκυκλο είναι μικρότερο από 11.90 μέτρα.
- η διαφορά των ταχυτήτων των δύο οχημάτων είναι μικρότερη από 7.22 km/h.
- το προπορευόμενο όχημα επιταχύνει αφού κατ' αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η διάρκεια της προσπέρασης, κατάσταση μη επιθυμητή από τους οδηγούς

Συνεργασία Μεταξύ Οδηγών

Παίγνιο για την Προτυποποίηση της Προσπέρασης



Συνεργασία Μεταξύ Οδηγών

Παίγνιο για την Προτυποποίηση της Προσπέρασης

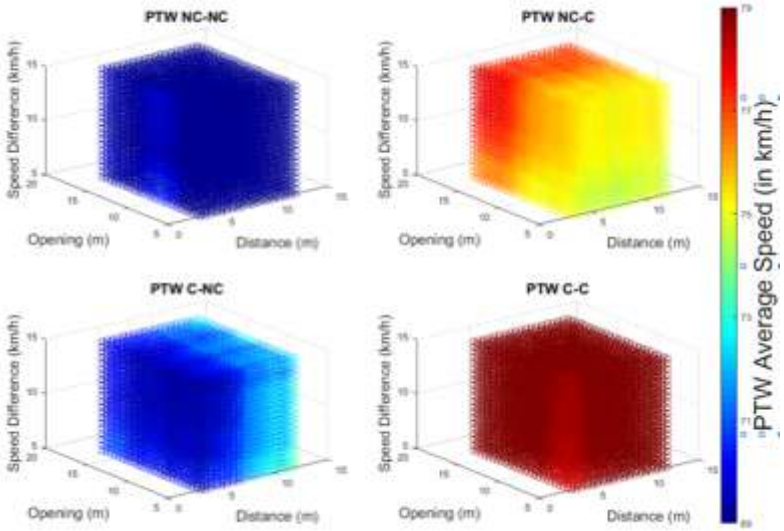
Σετ Επιλεγμένων Στρατηγικών	Αριθμός Προσπαθειών για Προσπέραση	Επιτυχημένες Προσπεράσεις	Ποσοστό Επιτυχημένων Προσπεράσεων
(NC, NC)	54	30	56%
(NC, C)	98	73	74%
(C, NC)	63	25	40%
(C, C)	218	178	82%

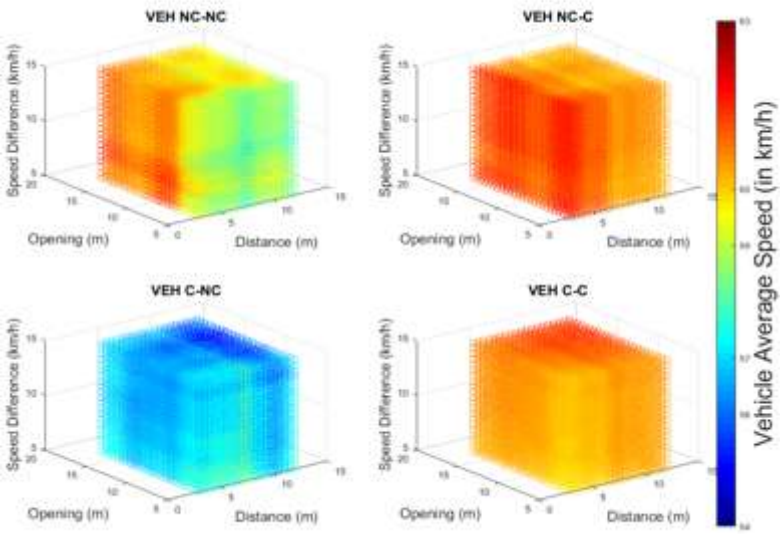
Σετ Επιλεγμένων Στρατηγικών	Μέση Ταχύτητα Παίκτη 1	Μέση Ταχύτητα Παίκτη 2
(NC, NC)	69.2	60.6
(NC, C)	75.3	60.4
(C, NC)	70.5	56.8
(C, C)	79.4	60.5

Συνεργασία Μεταξύ Οδηγών

Ανάλυση Ευαισθησίας Συνθηκών Συνεργασίας

Μέσης Ταχύτητα ΜΔ & Προπορευόμενου Οχήματος

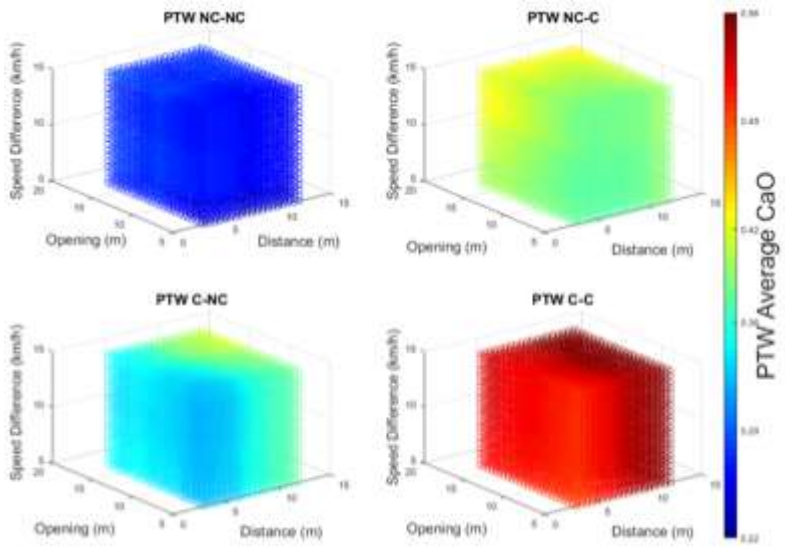


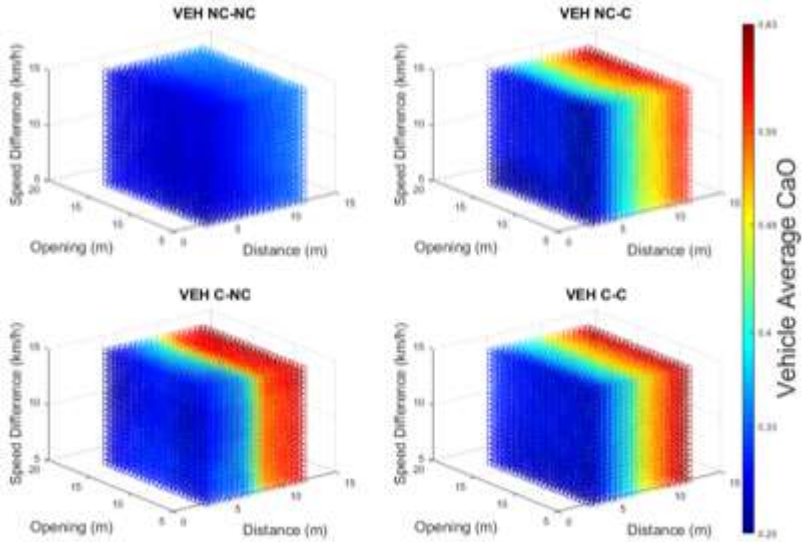


Συνεργασία Μεταξύ Οδηγών

Ανάλυση Ευαισθησίας Συνθηκών Συνεργασίας

«Άνεσης κατά την Προσπέραση» για το ΜΔ και το Προπορευόμενο Όχημα





Συνεργασία Μεταξύ Οδηγών

Ανάλυση Ευαισθησίας Συνθηκών Συνεργασίας

Για το ΜΔ προκύπτει ότι:

- Η μέση ταχύτητά του παρουσιάζει την υψηλότερή της τιμή σε καταστάσεις συνεργασίας και των δύο οχημάτων, ενώ στην αντίθετη περίπτωση παρουσιάζεται μείωση έως και 12.6%.
- Η μέση «Άνεση κατά την Προσπέραση» που χαρακτηρίζει τις καταστάσεις συνεργασίας και των δύο οχημάτων παρουσιάζει την υψηλότερή της τιμή, ενώ σε αντίθετη περίπτωση υπάρχει μείωση έως και 60%.
- Και για τα δύο μεγέθη, όταν το προπορευόμενο όχημα συνεργάζεται ενώ το ΜΔ όχι (NC-C), οι απολαβές είναι καλύτερες σε σχέση με την αντίθετη περίπτωση (C-NC).
- Το ποσοστό επιτυχημένων προσπεράσεων παρουσιάζει την υψηλότερη τιμή του σε καταστάσεις συνεργασίας και των δύο οχημάτων, ενώ στην αντίθετη περίπτωση παρουσιάζεται μείωση έως και 58%.
- Το ποσοστό επιτυχημένων προσπεράσεων είναι αυξημένο κατά 10% όταν το ΜΔ ακολουθεί μια μη συνεργατική συμπεριφορά ενώ το προπορευόμενο όχημα όχι (NC-C) σε σχέση με την αντίθετη περίπτωση (C-NC).

Συνεργασία Μεταξύ Οδηγών

Ανάλυση Ευαισθησίας Συνθηκών Συνεργασίας

Για το προπορευόμενο όχημα προκύπτει ότι:

- Η μέση ταχύτητά του όπως και η μέση «Άνεση κατά την Προσπέραση» επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την επιλογή του οδηγού του ΜΔ, αφού μπορεί να μειωθεί μέχρι και 10%.
- Ανεξαρτήτως τη στρατηγική του ΜΔ, το προπορευόμενο όχημα έχει περισσότερες πιθανότητες για μεγαλύτερη μέση ταχύτητα όταν συνεργάζεται.
- Η μέση «Άνεση κατά την Προσπέραση» εξαρτάται σημαντικά από την απόσταση που τον ακολουθεί το ΜΔ. Εξαιρείται η περίπτωση που και οι δύο οδηγοί επιλέγουν τη μη-συνεργασία όπου η τιμή της «Άνεσης κατά την Προσπέραση» παίρνει τις χαμηλότερες τιμές.
- Όταν το όχημα συνεργάζεται, παρατηρείται αυξημένο ποσοστό επιτυχημένων προσπεράσεων.

Συμπεράσματα &
Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Συμπεράσματα & Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Σύνοψη

- Η χρήση Μη Επανδρωμένων Εναέριων Συστημάτων για την καταγραφή της κυκλοφορίας και η συλλογή δεδομένων από πραγματικές τροχιές Μηχανοκίνητων Δικύκλων
- Δυναμική προσέγγιση στην αλληλεπίδραση των οχημάτων σε δύο (2) φάσεις με εφαρμογή στο φαινόμενο της προσπέρασης:
  - από τη στιγμή που ο μοτοσυκλετιστής αποφασίζει να προσπεράσει το προπορευόμενο όχημα
  - από τη στιγμή που βρίσκεται παράλληλα με το προπορευόμενο όχημα και αποφασίζει να ολοκληρώσει την προσπέραση
- Πραγματοποίηση ανεπτυγμένων τεχνικών Μηχανικής Μάθησης
  - Πρόβλεψη επιτυχούς προσπέρασης
  - Πρόβλεψη σχετικής θέσης της μοτοσυκλέτας
- Προτυποποίηση της αλληλεπίδρασης των ΜΔ με τα υπόλοιπα οχήματα σε συνθήκες στρατηγικής αλληλεξάρτησης με χρήση της Θεωρίας Παιγνίων

Συμπεράσματα & Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Αποτελέσματα Διδακτορικής Διατριβής

- Αναλυτική βάση δεδομένων με χρήση Μη Επανδρωμένων Εναέριων Συστημάτων
- Το πρότυπο πρόβλεψης επιτυχούς προσπέρασης ανέδειξε τους σημαντικούς παράγοντες που λαμβάνει υπόψη του ο δικυκλιστής κατά την προσπέραση:
  - Διαφορά ταχύτητας
  - Τύπος Οχήματος που προσπερνάται
  - Απόσταση από προπορευόμενο όχημα
  - Διαθέσιμο Άνοιγμα
- Το πρότυπο πρόβλεψης της σχετικής θέσης της μοτοσυκλέτας ανέδειξε ότι ο μοτοσυκλετιστής κατά την προσπέραση:
  - αρχικά επιθυμεί να ελαχιστοποιήσει τους ελιγμούς του
  - έπειτα να προσπεράσει με ασφαλή απόσταση
  - τέλος, να κινηθεί σε σημεία όπου έχει αρκετό διαθέσιμο χώρο
- Ορίστηκε το νέο μέγεθος «Άνεση κατά την Προσπέραση» που εκφράζει την επιθυμία των οδηγών ώστε η προσπέραση να γίνεται με ασφάλεια, ταχύτητα και άνεση.

Συμπεράσματα & Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Αποτελέσματα Διδακτορικής Διατριβής

- Τα παίγνια που αναπτύχθηκαν ανέδειξαν ότι:
  - Οι συνεργατικές στρατηγικές αποτελούν κυρίαρχες στρατηγικές και την ισορροπία Nash.
- Στο 70% των περιπτώσεων συνεργάστηκε τουλάχιστον ένας παίκτης, ενώ στο 50% συνεργάστηκαν και οι δύο.
- Με την ανάλυση ευαισθησίας διαπιστώθηκε ότι σε καταστάσεις συνεργασίας:
  - η μέση ταχύτητα των δύο οχημάτων παρουσιάζει την υψηλότερή της τιμή
  - η Άνεση Κατά την Προσπέραση παρουσιάζει την υψηλότερη τιμή της
  - για το ΜΔ ισχύει ότι όταν αυτό δεν συνεργάζεται παρουσιάζει αυξημένες τιμές και στα δύο μεγέθη
  - παρατηρείται το μέγιστο ποσοστό επιτυχημένων προσπεράσεων

Συμπεράσματα & Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Συμπεράσματα & Συνεισφορά Διδακτορικής Διατριβής

Γενικά Συμπεράσματα

Η σημαντική συμβολή των Μη Επανδρωμένων Εναέριων Συστημάτων (UAS) ως μέρος της υποδομής των ITS

Οι τεχνικές μηχανικής μάθησης είναι ισχυρά εργαλεία για τον εντοπισμό σημαντικών μεταβλητών και την προτυποποίηση της οδηγικής συμπεριφοράς

Συμπεράσματα & Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Συμπεράσματα & Συνεισφορά Διδακτορικής Διατριβής

Συνεισφορά Προτύπων Διαδικασίας Προσπέρασης

Συμπεράσματα & Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Μη Επανδρωμένα Εναέρια Συστήματα

- Εντοπισμός και παρακολούθηση συγκεκριμένου αντικειμένου (μοτοσυκλετιστή)
- Αυξημένο μήκος καταγραφής με στόλο UAV
- Αύξηση δείγματος και περιπτώσεων ματαιωμένων προσπαθειών προσπέρασης

Πρότυπα Πρόβλεψης Προσπέρασης & Σχετικής Θέσης

- Διαφορετικές Προσεγγίσεις Μηχανικής Μάθησης
- Περαιτέρω διερεύνηση συνεπειών των προτεινόμενων προτύπων σε θέματα οδικής ασφάλειας
- Έρευνα αποδοχής τέτοιων συστημάτων από τους μοτοσυκλετιστές

Πρότυπα Αλληλεπίδρασης / Θεωρία Παιγνίων

- Διαφορετικός Ορισμός Παιγνίου (Συνθήκες Συνεργασίας, Αριθμός Στρατηγικών και Παικτών, Απολαβές)
- Θεώρηση του φαινομένου υπό το πρίσμα της Θεωρίας Απολαβής (Prospect Theory)
- Προσομοίωση Συνθηκών Συνεργασίας

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Διδακτορική Διατριβή

Διερεύνηση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων οδηγών κατά την προσπέραση οχημάτων από μηχανοκίνητα δίκυκλα

Μπαρμπουνάκης Ν. Εμμανουήλ
Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ | Συγκοινωνιολόγος

Επιβλέπων: Ιωάννης Γκόλιας, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, 13 Ιουλίου 2017