



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ

Αριθμ.Πρωτ.: **49509**
Προς τα :

Αθήνα, **25/9/2018**

1) Μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής κ.κ.

Γ. Γιαννή, Καθηγητή (επιβλέποντα) ΕΜΠ

Ν. Κοζύρη, Καθηγητή ΕΜΠ

Ε. Βλαχογιάννη, Επικ. Καθηγήτρια ΕΜΠ

Ι. Γκόλια, Καθηγητή ΕΜΠ

Α. Λοΐζο, Καθηγητή ΕΜΠ

Κ. Αντωνίου, Καθηγητή TU Munich

Ν. Γερολιμίνη, Αναπλ. Καθηγητή EPFL

2) τον Υποψήφιο Διδάκτορα κ. Τσελέντη Δημήτριο

3) τον Διευθυντή του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής Καθηγητή Γ. Γιαννή

Κοιν.: Προς όλα τα Μέλη ΔΕΠ της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών

Προσκαλείστε στην δημόσια υποστήριξη της Διδακτορικής Διατριβής του Υ.Δ. κου **Τσελέντη Δημητρίου**, την Τετάρτη 3 Οκτωβρίου 2018 και ώρα 16.00 στο Αμφιθέατρο του Εργαστηρίου Σιδηροδρομικής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π.

Στη συνέχεια η Εξεταστική Επιτροπή θα συνεδριάσει χωρίς την παρουσία τρίτων για την κρίση της διατριβής.

Της δημόσιας συνεδρίασης θα προεδρεύσει το μέλος της Κοσμητείας κ. Γ. Γιαννής, Καθηγητής.

Παρακαλούνται τα μέλη ΔΕΠ της Σχολής στα οποία κοινοποιείται το παρόν καθώς και κάθε ενδιαφερόμενος να παραστεί στη δημόσια υποστήριξη.

Ο Κοσμήτορας της Σχολής

Ν. Λαγαρός



Γιώργος Γιαννής
Καθηγητής ΕΜΠ
Τηλ.: +30.210.7721326
email: geyannis@central.ntua.gr

ΕΘΝ. ΜΕΤΣ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Αριθ. Πρωτ. 49322
Παρελτήθη 24/9/2018

Αθήνα, 19 Σεπτεμβρίου 2018

Προς τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ

Θέμα: Εξέταση Διδακτορικής Διατριβής του κ. Δημητρίου Τσελέντη

Σας ενημερώνω ότι η εξέταση της Διδακτορικής Διατριβής του υποψήφιου κ. Δημητρίου Τσελέντη με τίτλο **"Συγκριτική ανάλυση της οδηγικής επίδοσης με χρήση τεχνικών της επιστήμης των δεδομένων εφαρμοζόμενων σε δεδομένα κινητών τηλεφώνων μεγάλης κλίμακας"** έχει καθοριστεί για την Τετάρτη 03 Οκτωβρίου 2018 και ώρα 16:00 στο Αμφιθέατρο Σιδηροδρομικής του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής.

Επισυνάπτεται περίληψη της Διδακτορικής Διατριβής, σύντομο βιογραφικό σημείωμα του κ. Δημητρίου Τσελέντη και κατάλογος με τις επιστημονικές εργασίες του.

Ο Επιβλέπων Καθηγητής

Γιώργος Γιαννής
Καθηγητής ΕΜΠ
www.nrso.ntua.gr/geyannis

Περίληψη Διδακτορικής Διατριβής

με τίτλο

"Συγκριτική ανάλυση της οδηγικής επίδοσης με χρήση τεχνικών της επιστήμης των δεδομένων εφαρμοζόμενων σε δεδομένα κινητών τηλεφώνων μεγάλης κλίμακας"

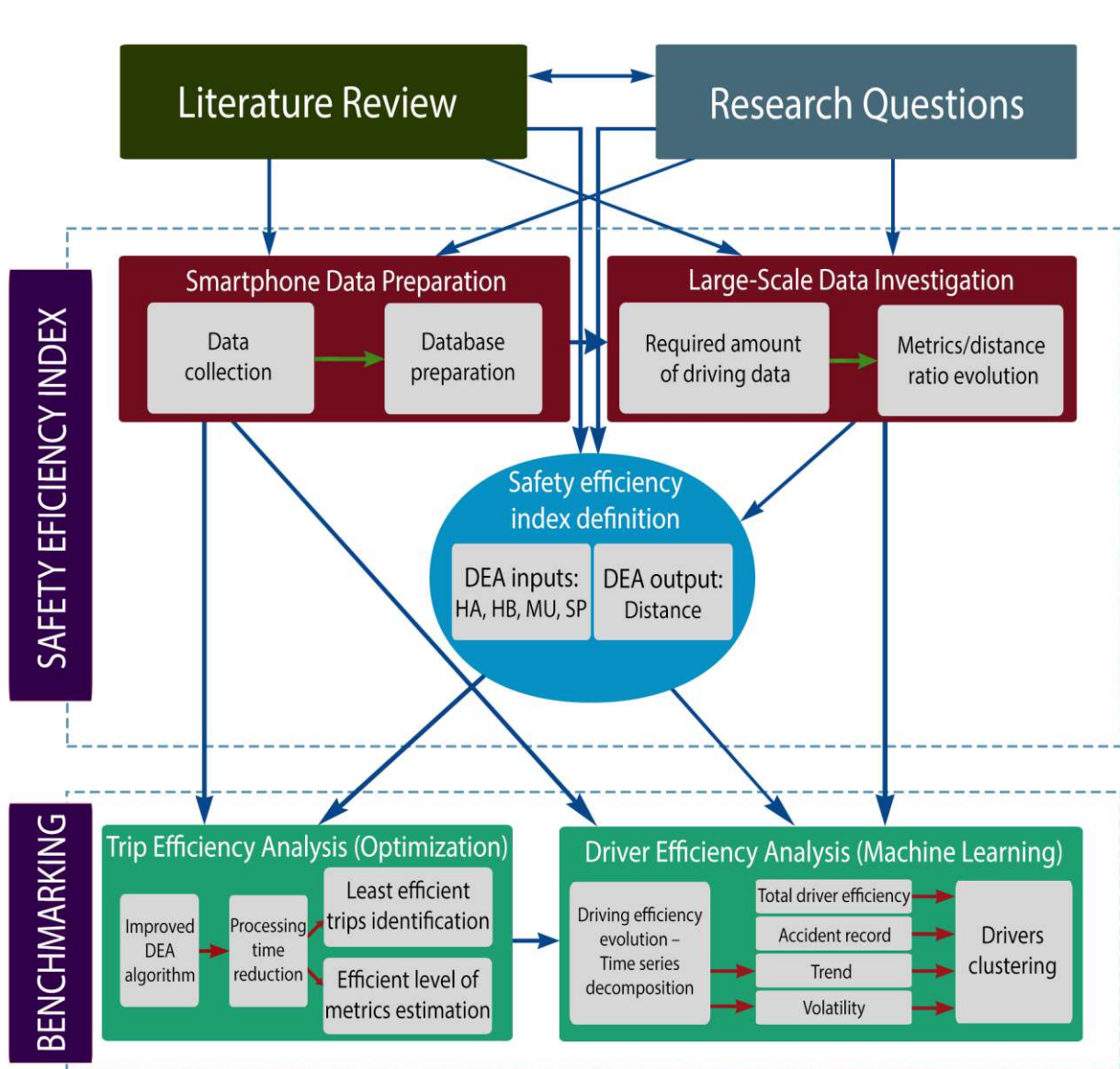
του Δημητρίου Τσελέντη, Πολιτικού Μηχανικού ΕΜΠ

Ο κύριος στόχος της Διδακτορικής Διατριβής είναι η ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας για τη συγκριτική αξιολόγηση της οδηγικής επίδοσης ως προς την ασφάλεια σε επίπεδο ταξιδιού και οδηγού με τη χρήση τεχνικών της επιστήμης δεδομένων. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, καθορίζεται ένας δείκτης επίδοσης της οδήγησης ως προς την ασφάλεια βασισμένος στις μετρήσεις των χαρακτηριστικών του ταξιδιού και της οδηγικής συμπεριφοράς που συλλέγονται από συσκευές έξυπνων κινητών τηλεφώνων. Αναλύονται τα χαρακτηριστικά οδήγησης κάθε ομάδας επίδοσης που προκύπτει και εντοπίζονται τα κύρια μοτίβα οδήγησης. Μία από τις σημαντικότερες αδυναμίες της μεθόδου της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (Data Envelopment Analysis - DEA), είναι ο σημαντικός χρόνος που απαιτείται για την επεξεργασία δεδομένων μεγάλης κλίμακας, η οποία ξεπερνιέται χρησιμοποιώντας τεχνικές υπολογιστικής γεωμετρίας. Επιπλέον, η παρούσα διδακτορική έρευνα προτείνει ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για τον εντοπισμό των ταξιδιών ενός δείγματος που έχουν την χαμηλότερη επίδοση καθώς επίσης και για την εκτίμηση του επιπέδου των οδηγικών χαρακτηριστικών που πρέπει να φτάσει κάθε ταξίδι με χαμηλή επίδοση για να καταστεί αποδοτικό. Τέλος, ο στόχος αυτής της διατριβής είναι να μελετήσει τη χρονική εξέλιξη της οδηγικής επίδοσης και να προσδιορίσει τα κύρια μοτίβα οδήγησης και τα προφίλ των ομάδων οδηγών που σχηματίζονται.

Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας αποκάλυψε ότι είναι σημαντικό να μελετηθεί το δυναμικό συγκριτικής αξιολόγησης της οδηγικής επίδοσης ως προς την ασφάλεια χρησιμοποιώντας μικροσκοπικά δεδομένα οδήγησης που συλλέγονται από συσκευές έξυπνων κινητών τηλεφώνων. Το συγκεκριμένο ζήτημα επιχειρείται να αντιμετωπιστεί προτείνοντας ένα μεθοδολογικό πλαίσιο που βασίζεται σε τεχνικές επιστήμης δεδομένων για την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών οδήγησης. Χρησιμοποιείται ένα βελτιωμένο μοντέλο περιβάλλουσας ανάλυσης δεδομένων (DEA) για την ανάλυση των δεδομένων ευρείας κλίμακας που συλλέγονται από έξυπνα κινητά τηλέφωνα κατά την οδήγηση. Το μοντέλο που αναπτύχθηκε ενσωματώνει διάφορες μετρήσεις συμπεριφοράς οδήγησης που επιτρέπουν την ανάλυση πολλαπλών κριτηρίων σχετικά με την απόδοση οδήγησης.

Το γενικό μεθοδολογικό πλαίσιο που εφαρμόζεται απεικονίζεται στο Σχήμα 1. Υπάρχουν δύο πηγές δεδομένων: α) μια βάση δεδομένων με οδηγούς που συμμετείχαν σε ένα πείραμα φυσικής οδήγησης (naturalistic driving) όπου τα δεδομένα καταγράφηκαν χρησιμοποιώντας το έξυπνο τηλέφωνο κάθε συμμετέχοντα και β) το ερωτηματολόγιο που συμπληρώθηκε από ένα μέρος των συμμετεχόντων. Μετά τη συλλογή των δεδομένων, καθορίζονται οι παράγοντες που αντιπροσωπεύουν την οδηγική επίδοση όσον αφορά στην ασφάλεια με βάση την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. Αφού εξεταστεί ότι α) συλλέγονται επαρκή στοιχεία από κάθε συμμετέχοντα που λαμβάνονται υπόψη στην έρευνα αυτή και β) οι τιμές των χαρακτηριστικών οδήγησης και η συνολική απόσταση που καταγράφηκαν αυξάνονται αναλογικά καθώς και ότι ο λόγος τους δεν μεταβάλλεται σημαντικά όσο τα χιλιόμετρα αυξάνονται, αυτοί οι παράγοντες χρησιμοποιούνται ως εισροές και εκροές για τα μοντέλα DEA που αναπτύχθηκαν. Η ανάλυση

της επίδοσης του ταξιδιού και του οδηγού εφαρμόζεται ανά τύπο οδού ακολουθώντας την λεπτομερή περιγραφή που δίνεται παρακάτω. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την ανάλυση της επίδοσης του ταξιδιού αξιοποιούνται κυρίως για να μειωθεί ο χρόνος επεξεργασίας για την ανάλυση της απόδοσης του οδηγού, όπου διερευνάται η εξέλιξη της επίδοσης της οδήγησης μέσα στο χρόνο και δευτερευόντως για να αξιολογηθεί η πρακτικότητα της παροχής μεθοδολογίας για αναγνώριση των ταξιδιών χαμηλότερης επίδοσης. Τα αποτελέσματα των ερευνών εξέλιξης του οδηγού και της οδηγικής επίδοσης συνδυάζονται για την εκτέλεση ανάλυσης συσταδοποίησης σε επίπεδο οδηγού. Για κάθε ομάδα οδήγησης που προκύπτει από αυτή τη διαδικασία, εξετάζονται και παρουσιάζονται τα τυπικά χαρακτηριστικά οδήγησης των οδηγών που ανήκουν σε αυτήν.



Σχήμα 1: Γραφική αναπαράσταση του πλαισίου της μεθοδολογικής προσέγγισης της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Για την επίτευξη των στόχων που θέτει η παρούσα διδακτορική διατριβή, η δομή αυτής της έρευνας αποτελείται από έξι επιμέρους μεθοδολογικά βήματα που παρουσιάζονται ως ακολούθως (Σχήμα 1):

Η αναλυτική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας λαμβάνει χώρα ως πρώτο βήμα, καλύπτοντας μια συνολική εικόνα της οδικής ασφάλειας και ατυχημάτων και τους τομείς οδηγικής συμπεριφοράς και κινδύνου, τα χαρακτηριστικά οδήγησης, παράμετροι οδηγικής επίδοσης (απόσπαση της προσοχής, επιθετικότητα, κλπ), πειράματα φυσικής οδήγησης, μεθοδολογία περιβάλλουσας ανάλυσης δεδομένων (DEA), τρόποι του χρόνου υπολογισμού της ανάλυσης δεδομένων μεγάλης κλίμακας και τις εφαρμογές της στις μεταφορές και την οδηγική επίδοση. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανασκόπηση και το κενό γνώσης που προκύπτει συμβάλλουν στον καθορισμό των ερευνητικών στόχων και των ερευνητικών υποθέσεων και γενικότερα στη δημιουργία του προβλήματος.

Το δεύτερο βήμα της μεθοδολογίας είναι η συλλογή και προετοιμασία δεδομένων, η οποία περιλαμβάνει τον σχεδιασμό της έρευνας και του ερωτηματολογίου καθώς και περιγραφή του τρόπου λειτουργίας της πλατφόρμας της OSeven, συμπεριλαμβανομένης της διαδικασίας καταγραφής, συλλογής, αποθήκευσης, αξιολόγησης και απεικόνισης των δεδομένων συμπεριφοράς οδήγησης με τη χρήση εφαρμογών έξυπνων κινητών τηλεφώνων και προηγμένων αλγορίθμων μηχανικής μάθησης (Machine Learning - ML). Μια σημαντική ποσότητα δεδομένων καταγράφεται χρησιμοποιώντας την εφαρμογή έξυπνων κινητών τηλεφώνων που αναπτύχθηκε από την OSeven Telematics. Αυτή η καινοτόμος μέθοδος συλλογής και ανάλυσης δεδομένων μεγάλης κλίμακας που εφαρμόζεται, παρουσιάζει νέες προκλήσεις συγκεντρώνοντας μεγάλες ποσότητες δεδομένων για ανάλυση κατά τη διάρκεια αυτής της έρευνας. Όλα τα ανώνυμα δεδομένα που λαμβάνονται απευθείας από το σύστημα OSeven, αναλύονται και φιλτράρονται για να διατηρηθούν μόνο εκείνα που θα χρησιμοποιηθούν ως εισροές και εκροές για την DEA. Το φιλτράρισμα των δεδομένων και οι αλγόριθμοι βελτίωσης της DEA υλοποιείται στη γλώσσα προγραμματισμού Python, η οποία είναι κατάλληλη για ανάλυση δεδομένων μεγάλης κλίμακας και για αυτό το λόγο έχουν γραφτεί αρκετά σενάρια κώδικα.

Στο πλαίσιο αυτής της διδακτορικής έρευνας, συλλέχθηκε δείγμα από 171 οδηγούς σε διάρκεια 7 μηνών και αναπτύχθηκε μια μεγάλη βάση δεδομένων με 49,722 ταξίδια από τη βάση δεδομένων της OSeven. Για κάθε επιμέρους μέρος της ανάλυσης, αξιοποιήθηκαν διαφορετικά υποσύνολα αυτής της βάσης δεδομένων που επιλέχθηκαν με βάση τις απαιτήσεις κάθε ανάλυσης. Η επιλογές δείγματος για κάθε ανάλυση παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Δείγμα οδήγησης που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε ανάλυση της παρούσας διατριβής

	Διερεύνηση του χρόνου δειγματοληψίας	Ανάλυση επίδοσης ταξιδιού	Ανάλυση επίδοσης οδηγού			
			Δείγμα_οδήγησης_1		Δείγμα_οδήγησης_2	
			Αστικό	Προαστιακό	Αστικό	Προαστιακό
Αριθμός οδηγών	171	88	100	100	43	39
Αριθμός ταξιδιών	49,722	10,088	23,000	15,000	9,890	5,850

Μια εκτεταμένη παρουσίαση των στατιστικών χαρακτηριστικών του οδηγικού δείγματος που χρησιμοποιείται σε κάθε έναν από τους τρεις τύπους ανάλυσης δεδομένων παρουσιάζεται

επίσης για να δοθεί μια σαφή εικόνα του δείγματος που χρησιμοποιείται. Στο πρώτο μέρος της ανάλυσης, χρησιμοποιείται το σύνολο των 171 οδηγών και των 49.722 ταξιδιών. Όσον αφορά στην ανάλυση της επίδοσης ταξιδιού, χρησιμοποιήθηκε δείγμα ογδόντα οκτώ (88) οδηγών και 10.088 ταξιδιών. Για τους σκοπούς της ανάλυσης επίδοσης οδηγού, τα δεδομένα οδήγησης επιλέχθηκαν από την αρχική βάση δεδομένων των 171 οδηγών βάσει ορισμένων κριτηρίων. Η διαδικασία αυτή οδήγησε σε 100 οδηγούς αστικού και προαστιακού δρόμου που πληρούσαν τα κριτήρια αυτά και διατηρήθηκαν για την ανάλυση που διενεργήθηκε ενώ οι υπόλοιποι οδηγοί εξαλείφθηκαν από τη μελέτη αυτή. Η κατάργηση των οδηγών οδήγησε σε μόνο 18 οδηγούς σε αυτοκινητόδρομους, οι οποίοι θεωρήθηκαν χαμηλός αριθμός συμμετεχόντων για την ανάλυση που πρέπει να διεξαχθεί και ως εκ τούτου δεν συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση. Ο συνολικός αριθμός των ταξιδιών που πραγματοποιήθηκαν από καθέναν από τους οδηγούς που επιλέχθηκαν ήταν 230 για αστικούς και 150 για προαστιακούς δρόμους που δημιουργήσαν έτσι μια μεγάλη βάση δεδομένων 23.000 ταξίδια σε αστικό και 15.000 σε προαστιακό περιβάλλον. Από αυτούς τους οδηγούς, 43 αστικοί και 39 αγροτικοί οδηγοί απάντησαν στο ερωτηματολόγιο που δόθηκε.

Η διερεύνηση της επαρκούς ποσότητας δεδομένων που θα συμπεριληφθεί στην ανάλυση και η εξέλιξη του λόγου μετρήσεων/ απόστασης λαμβάνει χώρα ως επόμενο βήμα. Αυτό το βήμα είναι απαραίτητο για να προσδιοριστεί το ακριβές ποσό των δεδομένων που πρέπει να χρησιμοποιούνται στην ανάλυση ώστε να μην είναι ανεπαρκές ή/και υπερβολικό. Ένα ανεπαρκές ποσό δεδομένων θα οδηγούσε την έρευνα αυτή σε αβέβαια αποτελέσματα ενώ ένα υπερβολικό ποσό δεδομένων θα αύξανε σημαντικά τον απαιτούμενο χρόνο επεξεργασίας. Όσον αφορά στα αστικά, προαστιακά και υπεραστικά περιβάλλοντα, η απαιτούμενη απόσταση δειγματοληψίας είναι τα 519, 579 και 611 χιλιόμετρα, τα οποία είναι περίπου ίσα με 75, 81 και 106 διαδρομές. Αυτό είναι το μήκος του κινούμενου παραθύρου που χρησιμοποιείται στην ανάλυση επίδοσης του οδηγού για να δημιουργηθούν οι χρονοσειρές οδηγικής επίδοσης. Η τιμή αυτή προτιμάται αντί της μέσης τιμής για τους ίδιους λόγους που αναφέρονται παραπάνω για τον προσδιορισμό της απαιτούμενης απόστασης δειγματοληψίας.

Στη συνέχεια διεξάγεται ανάλυση απόδοσης του ταξιδιού για τον προσδιορισμό της τεχνικής με τις καλύτερες επιδόσεις από αυτούς που δοκιμάστηκαν και για την ανάπτυξη μεθοδολογίας για τον εντοπισμό των λιγότερο αποτελεσματικών ταξιδιών που υπάρχουν σε μια συγκεκριμένη βάση δεδομένων ταξιδιού. Τα πρότυπα DEA, RBE DEA και κυρτό κύτος DEA δοκιμάζονται και συγκρίνονται με βάση τον απαιτούμενο χρόνο επεξεργασίας. Ο αλγόριθμος Convex Hull σε συνδυασμό με την DEA υπερέχει των άλλων δύο μεθοδολογιών που εξετάστηκαν. Αυτό είναι ένα κρίσιμο βήμα που επιτρέπει τη μείωση του απαιτούμενου χρόνου εκτέλεσης για όλα τα επακόλουθα βήματα που εμπλέκονται με τη χρήση της DEA. Τέλος, προτείνεται μια μεθοδολογική προσέγγιση για την λιγότερο αποτελεσματική ταυτοποίηση του ταξιδιού και την αποτελεσματική εκτίμηση των μετρήσεων οδήγησης βάσει του δείκτη αποτελεσματικότητας ασφαλείας που ορίζεται παραπάνω.

Η ανάλυση επίδοσης οδηγού εκτελείται για να εξεταστεί η δυνατότητα της ομαδοποίησης των οδηγών και να εντοπιστούν τα κύρια χαρακτηριστικά οδήγησης κάθε ομάδας. Με βάση το δείκτη επίδοσης της ασφαλείας που ορίζεται, υπολογίζεται για κάθε οδηγό η συνολική επίδοση για τη συνολική περίοδο, μαζί με την επίδοση του οδηγού για το χρονικό παράθυρο κάθε εξεταζόμενου βήματος. Αναλύεται η χρονοσειρά επίδοσης που δημιουργείται και τα αποτελέσματα αξιοποιούνται για την ομαδοποίηση των οδηγών.

Για καθένα από τα 2 δείγματα, η μέση τιμή των χαρακτηριστικών κάθε κατηγορίας εμφανίζεται στον Πίνακα 2 όπου παρουσιάζονται τα μοντέλα ανά αστικό και προαστιακό τύπο οδού με βάση τις εισροές που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε μοντέλο. Οι οδηγοί της κλάσης 1 αναφέρονται ως οι πιο αποδοτικοί οδηγοί, παρά το γεγονός ότι μόνο οι οδηγοί με αποδοτικότητα μονάδας βρίσκονται στο όριο αποτελεσματικότητας. οι οδηγοί κατηγορίας 2 και 3 αναφέρονται ως ελαφρώς αποδοτικοί και μη αποδοτικοί οδηγοί.

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά οδήγησης των κατηγοριών επίδοσης ανά 100 χλμ., τύπο οδού και οδηγικού δείγματος

Δείγμα	Τύπος οδού	Αριθμός οδηγών	Οδηγικά χαρακτηριστικά	Κατηγορίες επίδοσης		
				Κατηγορία 1: 0 - 25 % εκατοστημόριο	Κατηγορία 2: 25 - 75 % εκατοστημόριο	Κατηγορία 3: 75 - 100 % εκατοστημόριο
δείγμα_οδήγησης_1	Αστικό	100	Επίδοση	0.22	0.36	0.61
			ha	21.49	11.82	8.82
			hb	9.64	5.31	3.68
			mu	316	205	141
			sp	1243	878	355
	Προαστιακό	100	Επίδοση	0.24	0.42	0.90
			ha	34.11	24.06	11.30
			hb	14.92	9.16	5.42
			mu	529	419	165
			sp	1564	1004	708
δείγμα_οδήγησης_2	Αστικό	43	Επίδοση	0.21	0.38	1.00
			ha	39.26	21.71	9.98
			hb	16.38	8.07	4.19
			mu	751	553	100
			sp	1892	965	477
	Προαστιακό	39	Επίδοση	0.28	0.44	1.00
			ha	23.04	11.86	7.49
			hb	9.28	5.21	3.16
			mu	316	305	160
			sp	1423	939	378

Όπως αναμενόταν, για όλα τα μοντέλα οδικών δικτύων και δειγμάτων, το μέσο των χαρακτηριστικών μειώνεται ενώ μετατοπίζεται σε μια κατηγορία υψηλότερης επίδοσης. Η διαφορά μεταξύ των κλάσεων 1 και 2 διαπιστώθηκε ότι είναι λιγότερο σημαντική και ελαφρώς λιγότερο σημαντική για το δείγμα 1 και 2. Αυτό το αποτέλεσμα δείχνει ότι οι οδηγοί και των δύο τύπων οδών έχουν παρόμοια συμπεριφορά όσον αφορά στη χρήση κινητών τηλεφώνων και ως εκ τούτου η χρήση κινητού δεν αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας οδήγησης με χρήση DEA.

Η εξέλιξη της μέσης απόδοσης οδήγησης με την πάροδο του χρόνου διερευνάται επίσης με τη χρήση διαφορετικών βάσεων δεδομένων που συγκεντρώνονται σε διαφορετικά χρονικά πλαίσια από την αρχή του χρόνου εγγραφής έως το τέλος κάθε χρονικού πλαισίου. Η χρονοσειρά των αποτελεσμάτων μελετάται και αποσυντίθεται στα κύρια συστατικά της, στασιμότητα και τάση.

Χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο μηχανικής μάθησης k-mean, η συσταδοποίηση των οδηγών εκτελείται στη συνέχεια βάσει της συνολικής απόδοσης οδήγησης, της μεταβλητότητας, της

τάσης, της σταθερότητας των χρονοσειρών που προκύπτουν, καθώς και των δεδομένων ερωτηματολογίου που συλλέγονται από το δείγμα 2. Τα ερωτήματα σχετικά με τον αριθμό των οδηγών και τον αριθμό των συνολικών ατυχημάτων μέχρι σήμερα ήταν τα δεδομένα ερωτηματολογίου που εκμεταλλεύτηκαν στην προσέγγιση συσταδοποίησης. Ο βέλτιστος αριθμός συστάδων προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας τον κανόνα elbow method.

Η ανάλυση συσταδοποίησης οδήγησε σε τρεις ομάδες οδήγησης, οι οποίες αντιπροσωπεύουν κυρίως τους μέσους οδηγούς, τους ασταθείς οδηγούς και τους επιφυλακτικούς οδηγούς. Το κύριο κοινό χαρακτηριστικό μεταξύ όλων των ομάδων προσεκτικών οδηγών είναι ο υψηλός δείκτης απόδοσης της οδήγησης και η χαμηλή τιμή της αξίας του ατυχήματος ανά έτος ανεξάρτητα από το αν συμπεριλήφθηκε ή όχι ως παράγοντας στην ανάλυση συμπλέγματος. Από την άλλη πλευρά, όλες οι συστάδες των μέσων οδηγών χαρακτηρίζονται από υψηλό δείκτη οδηγικής επίδοσης και χαμηλή θετική τάση που δείχνει μια σταθερά κακή οδηγική συμπεριφορά. Τέλος, οι ασταθείς οδηγοί του δεύτερης συστάδας παρουσιάζουν μεσαία έως υψηλή μεταβλητότητα, η οποία θεωρείται ότι είναι το μόνο κοινό χαρακτηριστικό μεταξύ τους. Τα υπόλοιπα σύνολα παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά σε όλα τα χαρακτηριστικά. Τα αποτελέσματα της διαδικασίας ομαδοποίησης συνοψίζονται στον Πίνακα 3.

Table 3: Ποιοτικά χαρακτηριστικά των οδηγικών συστάδων

Δείγμα	Τύπος οδού	Συστάδα	Τάση (*10-3)	Μεταβλητότητα	Επίδοση	Αριθμός ατυχημάτων/ 10 χρόνια οδηγικής εμπειρίας
δείγμα_οδήγησης_1	Αστικό	1 (Μέσοι)	πολύ χαμηλά θετική	μεσαία - υψηλή	χαμηλή	χαμηλός - μεσαίος
		2 (Ασταθείς)	μετρίως θετική	μεσαία - υψηλή	μεσαία	χαμηλός
		3 (Προσεκτικοί)	μετρίως αρνητική	χαμηλή - μεσαία	μεσαία - υψηλή	χαμηλός
	Προαστιακό	1 (Μέσοι)	χαμηλά θετική	μεσαία	χαμηλή	χαμηλός - μεσαίος
		2 (Ασταθείς)	υψηλά αρνητική	υψηλή	μεσαία - υψηλή	μεσαίος - υψηλός
		3 (Προσεκτικοί)	υψηλά θετική	μεσαία - υψηλή	υψηλή	χαμηλός
δείγμα_οδήγησης_2	Αστικό	1 (Μέσοι)	πολύ χαμηλά θετική	μεσαία	χαμηλή	χαμηλός
		2 (Ασταθείς)	χαμηλά - μετρίως θετική	μεσαία	χαμηλή	υψηλός
		3 (Προσεκτικοί)	μετρίως αρνητική	χαμηλή	υψηλή	χαμηλός
	Προαστιακό	1 (Μέσοι)	ανεπαίσθητη τάση	μεσαία - υψηλή	χαμηλή	χαμηλός
		2 (Ασταθείς)	χαμηλά αρνητική	μεσαία	χαμηλή	υψηλός
		3 (cauti	υψηλά θετική	μεσαία - υψηλή	υψηλή	χαμηλός

Τέλος, η πληροφορία σχετικά με τα ατυχήματα κατά την οδήγηση φαίνεται να επηρεάζουν μόνο τη μορφή της δεύτερης συστάδας των πιο ασταθών οδηγών, η οποία ενσωματώνει οδηγούς με χαμηλότερη επίδοση και ασταθείς. Αυτό είναι εξαιρετικά ελπιδοφόρο για τη βιβλιογραφία συμπεριφοράς οδήγησης, καθώς υποδηλώνει ότι είναι εφικτό να μελετηθούν μαζικά ανώνυμα σύνολα δεδομένων για τα οποία δεν παρέχονται προσωπικά δεδομένα και παράγονται εξίσου σημαντικά και όχι προκατειλημμένα αποτελέσματα.

Αυτή η διατριβή καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η μεθοδολογική προσέγγιση για τον προσδιορισμό της απαιτούμενης απόστασης δειγματοληψίας οδήγησης εξαρτάται από το πεδίο εφαρμογής της ερευνητικής μεθοδολογίας που θα εφαρμοστεί. Ένα εξίσου σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι η επαρκής ποσότητα δεδομένων οδήγησης μειώνεται καθώς αυξάνονται οι μετρήσεις οδήγησης (για όλες τις μετρήσεις εκτός από την ταχύτητα), τουλάχιστον για προαστιακούς δρόμους και αυτοκινητόδρομους. Αυτό σημαίνει ότι όσο πιο επιθετικός γίνεται ο οδηγός, τόσο λιγότερη παρακολούθηση απαιτείται για να αποκτηθεί μια σαφής εικόνα για τα πρότυπα οδήγησης του.

Τα αποτελέσματα δείχνουν επίσης ότι ο προτεινόμενος αλγόριθμος DEA σε συνδυασμό με το Convex Hull έχει σημαντικά καλύτερη απόδοση για δεδομένα μεγάλης κλίμακας σε σύγκριση με άλλες υπάρχουσες αλγοριθμικές μεθοδολογίες DEA όπως οι μεθοδολογίες Standard και RBE DEA. Τέλος, παρέχονται τα μεθοδολογικά βήματα για την ταυτοποίηση των λιγότερο αποτελεσματικών ταξιδιών σε μια βάση δεδομένων, κάτι που θα ήταν πολύτιμο εύρημα για ένα σύστημα παροχής οδηγιών στους χρήστες.

Ενδιαφέρον συμπέρασμα είναι ότι η χρήση του κινητού τηλεφώνου δεν θεωρείται κρίσιμος παράγοντας στην εκτίμηση της επίδοσης της ασφάλειας, πιθανότατα επειδή η DEA παρέχει σχετική εκτίμηση της αποδοτικότητας οδήγησης και ταυτόχρονα δεν διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά στην χρήση κινητών τηλεφώνων μεταξύ διαφορετικών κατηγοριών.

Αποδεικνύεται επίσης ότι παρά το γεγονός ότι οι οδηγοί διατηρούν μια σταθερή οδηγική συμπεριφορά για μια ορισμένη χρονική περίοδο, υπάρχουν δυναμικές σημαντικές μεταβολές στη συστηματική συμπεριφορά σε μια μακροπρόθεσμη περίοδο. Η ανάλυση συσταδοποίησης που πραγματοποιήθηκε οδήγησε σε τρεις συστάδες οδηγών, οι οποίες αντιπροσωπεύουν κυρίως τους μέσους οδηγούς, τους ασταθείς οδηγούς και τους επιφυλακτικούς οδηγούς.

Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας μπορούν να αξιοποιηθούν α) από ένα σύστημα πληροφόρησης των χρηστών αναφορικά με την οδηγική τους συμπεριφορά και τα χαρακτηριστικά οδήγησης που πρέπει να βελτιώσουν προκειμένου να γίνουν περισσότερο ασφαλείς και β) από συστήματα ασφαλιστικής τιμολόγησης για τον προσδιορισμό του ύψους των ασφαλίσεων κάθε χρήστη ανάλογα με τον κίνδυνο εμπλοκής του σε ατύχημα.

Σύντομο βιογραφικό σημείωμα και επιστημονικές εργασίες

του κ. Δημητρίου Τσελέντη

Σύντομο βιογραφικό σημείωμα

Ο Δημήτρης Τσελέντης είναι Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ (2012), υποψήφιος Διδάκτωρ και Ερευνητής στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Έχει συμμετάσχει σε 4 ερευνητικά έργα στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, εκ των οποίων τα 3 ανατέθηκαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, και το 1 από Ελληνικές Αρχές. Στο παρελθόν, έχει επίσης συμμετάσχει σε 1 ερευνητικό έργο στο Πανεπιστήμιο του Κουίνσλαντ (Queensland University of Technology). Έχει δημοσιεύσει 14 επιστημονικές εργασίες (5 σε επιστημονικά περιοδικά με κριτές, 9 σε πρακτικά συνεδρίων με κρίση εργασίας), 8 εργασίες είναι σε διαδικασία κρίσης για δημοσίευση σε επιστημονικά περιοδικά (2) και πρακτικά συνεδρίων (6), ενώ έχει παρακολουθήσει σειρά επιστημονικών συνεδρίων και ημερίδων στα οποία έχει κάνει 3 παρουσιάσεις ενώ συμμετέχει επικουρικά στην επίβλεψη εκπόνησης Διπλωματικών Εργασιών. Τέλος, είναι κριτής σε 4 επιστημονικά περιοδικά και 1 συνέδριο.

Επιστημονικές εργασίες

Δημοσιεύσεις σε Επιστημονικά Περιοδικά

7. Papadimitriou, E., Argyropoulou A., Tselentis, D. I. & Yannis, G. "Detecting road safety offenders through smartphone data: The case of mobile phone use while driving." Safety Science (Under Review)
6. Tselentis, D. I., Vlahogianni, E. I. & Yannis, G. "Driving Efficiency Benchmarking Using Smartphone Data." Transportation Research Part C: Emerging Technologies (Under Review)
5. Tselentis I. D., Theofilatos A., George Y., Konstantinopoulos E. (2018). "Public opinion on usage-based motor insurance schemes: A stated preference approach", Travel Behaviour and Society, Volume 11, April 2018, Pages 111–118.
4. Tselentis, D. I., Yannis, G., & Vlahogianni, E. I. (2017). "Innovative motor insurance schemes: a review of current practices and emerging challenges." Accident Analysis & Prevention, 98, 139-148.
3. Papadimitriou, E., Lassarre, S., Yannis, G., & Tselentis, D. I. (2016). "Road, Traffic, and Human Factors of Pedestrian Crossing Behavior: Integrated Choice and Latent Variables Models." Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (2586), 28-38.
2. Vlahogianni, E. I., Karlaftis, M. G., Nikolas Papageorgiou and Tselentis, D. I. (2014). "Factors Influencing Freeway Traffic Upstream of an Incident". Advances in Transportation Studies, 2014 Special Issue, Vol. 1, 17-26.
1. Tselentis, D. I., Vlahogianni, E. I., & Karlaftis, M. G. (2014). "Improving short-term traffic forecasts: to combine models or not to combine?". IET Intelligent Transport Systems, 9(2), 193-201.

Δημοσιεύσεις σε Πρακτικά διεθνών Συνεδρίων με κρίση της εργασίας

14. Tselentis I. D., Vlahogianni I. E., George Y. "Investigating the Temporal Evolution of Driving Safety Efficiency Using Data Collected from Smartphone Sensors". Transportation Research Board, 2019 (Under Review)
13. Tselentis I. D., Vlahogianni I. E., George Y. "Quantifying the Necessary Amount of Driving Data for Driving Behavior Assessment". Transportation Research Board, 2019 (Under Review)

12. Tselentis I. D., Folla K., Vittoratos N., George Y., Golias J. "Investigation of the correlation between stated and revealed driving behaviour using data collected from on-board diagnostics (OBD) devices". World Conference on Transport Research, 2019 (Under Review)
11. Tselentis I. D., Folla K., Agathangelou V., George Y. "Investigating the Correlation between Driver's Characteristics and Safety Performance". World Conference on Transport Research, 2019 (Under Review)
10. Tselentis I. D., Vlahogianni I. E., George Y. "Hybrid Data Envelopment Analysis for Large-Scale Smartphone Data Modeling". World Conference on Transport Research, 2019 (Under Review)
9. Tselentis I. D., Gonidi C., George Y., Golias J. "Driving speed model development using driving data obtained from smartphone sensors". World Conference on Transport Research, 2019 (Under Review)
8. Theofilatos A., George Y., Tselentis I. D., Papadimitrou E., Quan Y. (2017). "Exploring Weather Effects on Powered-Two-Wheeler Safety on Urban Arterials in Athens". hEART 2018.
7. Eleonora Papadimitriou, Dimitris Tselentis, George Yannis. "Analysis of Driving Behaviour Characteristics on the basis of Smartphone Data." Transport Research Arena 2018.
6. Dimitrios I. Tselentis, Eleni I. Vlahogianni, George Yannis. "Comparative Evaluation of Driving Efficiency Using Smartphone Data." Transportation Research Board 97th Annual Meeting. No. 18-04182. 2018.
5. George Yannis, Dimitrios I. Tselentis, Eleni I. Vlahogianni, Anastasia Argyropoulou. "Monitoring distraction through smartphone naturalistic driving experiment" 6th International Naturalistic Driving Research Symposium, The Hague, Netherlands, 7-9 June 2017.
4. Theofilatos A., Tselentis I. D., Yannis G., Konstantinopoulos M. (2017) "Willingness - to - Pay for Usage-Based Motor Insurance", Proceedings of the 96th Annual meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C, January 8-12, 2017.
3. Yannis G., Tselentis D., Papadimitriou E., Mavromatis S., "Star rating driver traffic and safety behavior through OBD and smartphone data collection", Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and Intelligent Transport Systems, Technical University of Brest, Brest, Belarus, May 2016.
2. Tselentis D. I., Yannis G., Vlahogianni, E. I. (2016). "About new innovative insurance schemes: pay as / how you drive". Presented in Transport Research Arena Conference - TRA 2016.
1. Papadimitriou E., Lassarre S., Yannis G., Tselentis I. D. (2016) "Road, Traffic, and Human Factors of Pedestrian Crossing Behavior: Integrated Choice and Latent Variable Models", Proceedings of the 95th Annual meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C, January 10-14, 2016.

Δημοσιεύσεις σε Πρακτικά Ελληνικών Συνεδρίων με κρίση της εργασίας

1. Tselentis I. D., Vlahogianni I. E., George Y. (2018). "Quantifying the Need for Driving Data Collection in Driving Behaviour Assessment Using Smartphone Data". PanHellenic Road Safety Conference.

Παρουσιάσεις σε Επιστημονικά Συνέδρια

3. Yannis G., Tselentis D. I., Konstantinopoulos E. (2016). "Willingness to pay for innovative vehicle insurance schemes". Presented in the 12th World Conference on Injury Prevention and Safety Promotion, Tampere, Finland, 18 - 21 September 2016.
2. Yannis G., Tselentis D. I. 2015. "Bicycle Traffic Rules Survey". Presented in 21st meeting of the international traffic safety data and analysis group (IRTAD), 12-14 October 2015, Ljubljana – Slovenia.
1. Yannis G., Tselentis D. I. 2015. "Star rating driver traffic and safety behaviour through OBD and smartphone data collection". Presented in International Symposium on Road Safety Behaviour Measurements and Indicators, 23 April 2015, Brussels – Belgium.