



BESMART
iDREAMS
i-safemodels
smart maps

Ημερίδα
«Τηλεματική και Βελτίωση
Οδηγικής Συμπεριφοράς»

στο Αμφιθέατρο
Σιδηροδρομικής ΕΜΠ
+ online

Τρίτη 22-02-2022
14:30

Αξιολόγηση και βελτίωση της συμπεριφοράς και της ασφάλειας των οδηγών μέσω της εφαρμογής BeSmart

Απόστολος Ζιακόπουλος, Ερευνητής

Μαζί με τους:
Αρμία Κονταξή, Δημήτρη Νικολάου,
Γιώργο Γιαννή



Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής,
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Εισαγωγή

- Η ακριβής παρακολούθηση της συμπεριφοράς του οδηγού έχει επιστημονικές και τεχνικές απαιτήσεις
- Νέες δυνατότητες παρακολούθησης, ανάλυσης και βελτίωσης της συμπεριφοράς του οδηγού μέσω:
 - Προσιτών Διαγνωστικών Συστημάτων Οχήματος (On Board Diagnostics - **OBD**),
 - Ευρείας χρήσης έξυπνων κινητών τηλεφώνων (**smartphones**) και μέσων κοινωνικής δικτύωσης,
 - Αποτελεσματικής μεταφοράς και αποθήκευσης δεδομένων,
 - Ανάλυσης Δεδομένων Ευρείας Κλίμακας (**Big Data**)



Το ερευνητικό έργο BeSmart

Στόχος έργου BeSmart:

- **Ανάπτυξη μιας καινοτόμου εφαρμογής**
«Διαδικτύου των Πραγμάτων» (Εφαρμογή BeSmart)
- **Αξιολόγηση και βελτίωση της συμπεριφοράς** και της ασφάλειας των οδηγών κατά τη διάρκεια πολυτροπικών μετακινήσεων
- Οργάνωση και αξιοποίηση **πειράματος φυσικής οδήγησης** 200 οδηγών 4 διαφορετικών τύπων οχημάτων:
 - Ιδιώτες οδηγοί Ι.Χ., Μοτοσικλετιστές, Ποδηλάτες
 - Επαγγελματίες οδηγοί (Νέα Οδός Α.Ε.)



BESMART



Ερευνητικά Ερωτήματα

- Προσδιορισμός **κρίσιμων παραγόντων κινδύνου** της συμπεριφοράς και της ασφάλειας του οδηγού μέσω κινητών τηλεφώνων
- Διερεύνηση της **επίδρασης της ταχύτητας** (υπερβολική ταχύτητα, υπέρβαση ταχύτητας κλπ.), των **απότομων συμβάντων** (απότομη επιτάχυνση, απότομο φρενάρισμα) και της **χρήσης κινητού τηλεφώνου** κατά την οδήγηση στην οδική ασφάλεια
- Διερεύνηση της επιρροής της **ανατροφοδότησης πληροφορίας (feedback)** στην οδηγική συμπεριφορά και την εξέλιξή της με την πάροδο του χρόνου



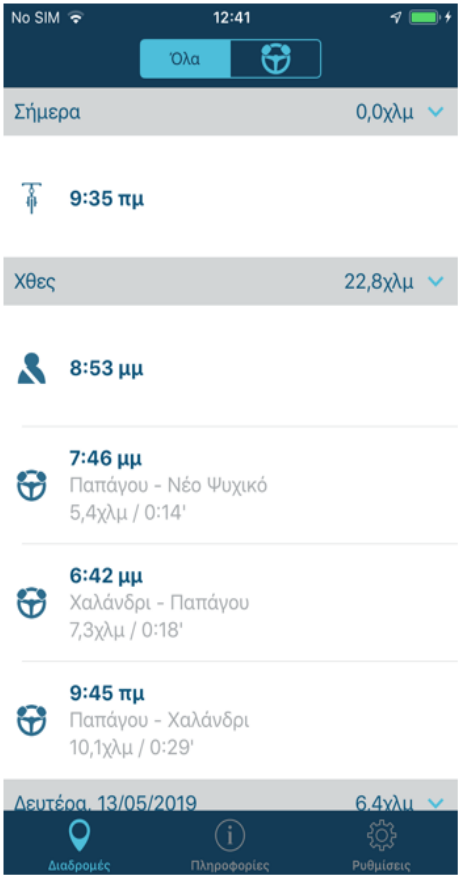
Το πείραμα του BeSmart

- **Συλλογή δεδομένων οδηγικής συμπεριφοράς** κατά τη διάρκεια πολυτροπικών μετακινήσεων μέσω της εφαρμογής BeSmart
- **Ανάλυση δεδομένων για τον εντοπισμό επικίνδυνων συμπεριφορών** (υπερβολική ταχύτητα, απότομοι ελιγμοί, επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις, απόσπαση προσοχής κλπ.)
- **6 διαφορετικές φάσεις πειράματος** ως προς τον τύπο ανατροφοδότησης πληροφορίας:
 - **Εξατομικευμένη ανατροφοδότηση πληροφορίας** σε όλους τους οδηγούς, με οδηγικά στατιστικά και αναφορές
 - Συστήματα παροχής κινήτρων σε ένα πλαίσιο **«κοινωνικού παιχνιδιού»** (social gamification)

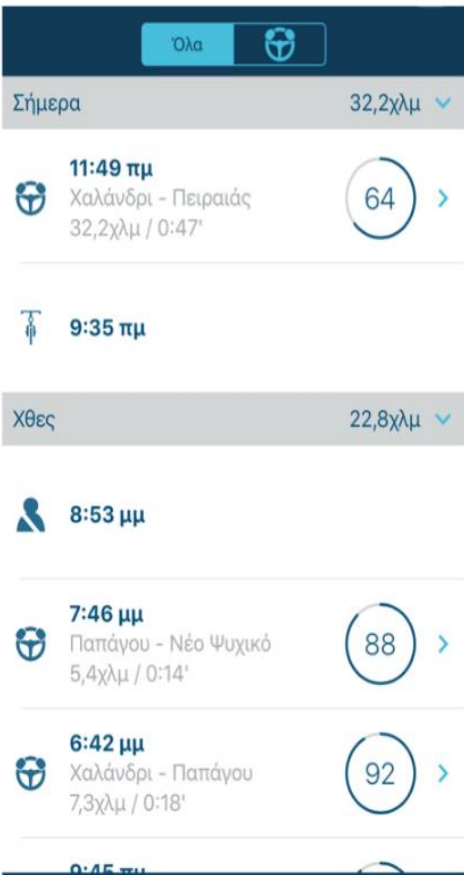


Εφαρμογή BeSmart – Φάσεις Πειράματος

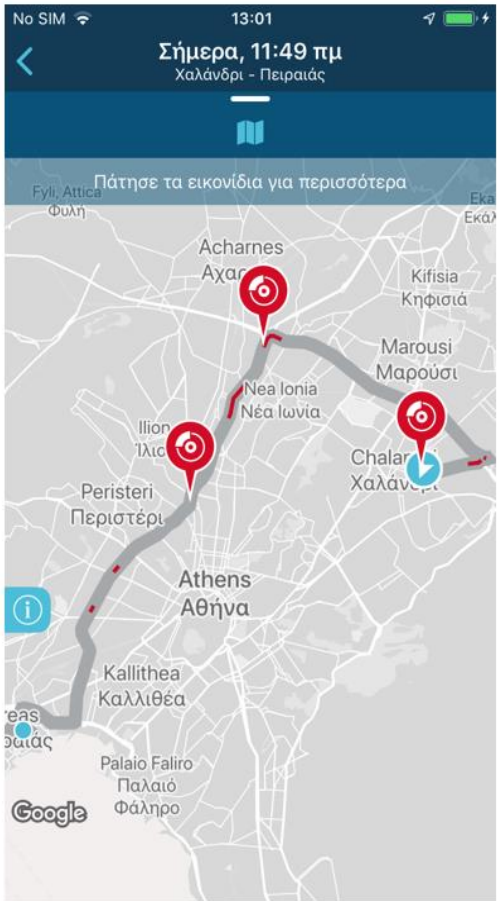
Φάση 1 - Μηδενική ανατροφοδότηση



Φάση 2 - Βαθμολογία χρήστη



Φάση 3 - Εμφάνιση Χαρτών και Επισημάνσεων

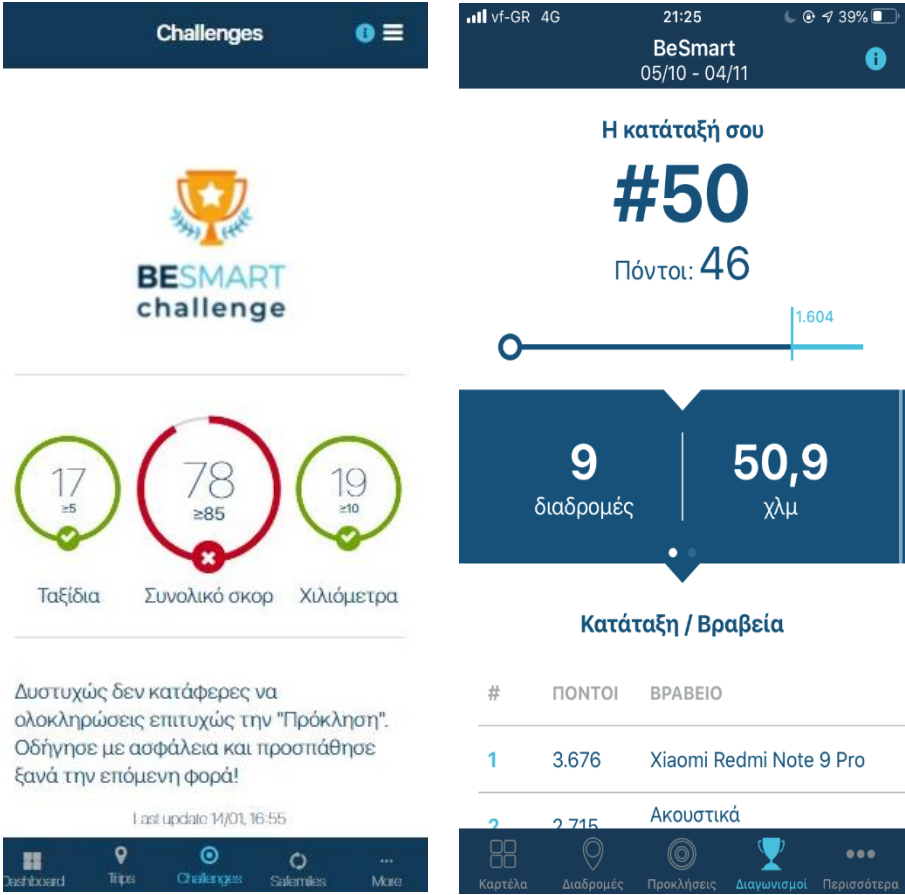


Εφαρμογή BeSmart – Φάσεις Πειράματος

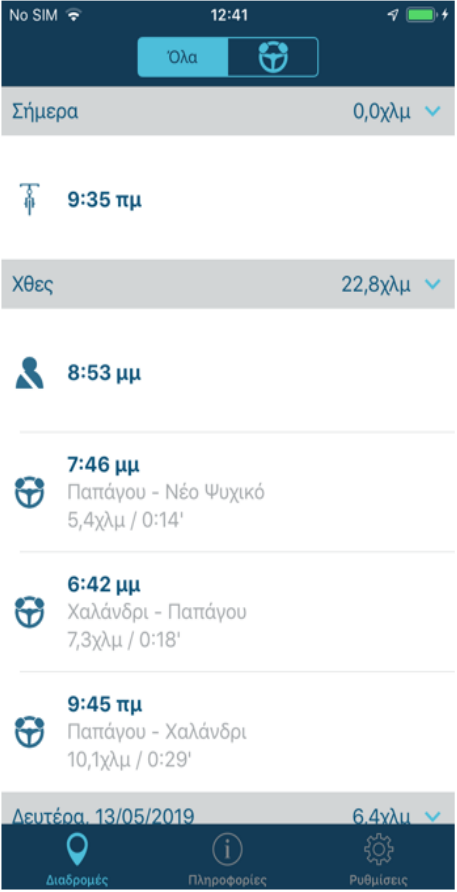
Φάση 4 - Σύγκριση με τους υπόλοιπους οδηγούς



Φάση 5 - Διαγωνισμοί - Προκλήσεις



Φάση 6 - Μηδενική ανατροφοδότηση



Περιγραφικά στατιστικά φάσεων πειράματος

➤ Οι τάσεις που εντοπίστηκαν είναι οι εξής:

- **Συνολική βελτίωση της συμπεριφοράς** οδήγησης από τη Φάση 1 στη Φάση 2
- Μείωση των διαδομών **λόγω πανδημίας Covid-19** και των επακόλουθων μέτρων lockdown
- **Αυξομείωση της βελτίωσης** στη συμπεριφορά του οδηγού σε επόμενες φάσεις
- **Σημαντική βελτίωση** της οδηγικής συμπεριφοράς κατά τη **φάση του Διαγωνισμού**
- Υποτροπή προς ελαφρώς χειρότερη οδηγική συμπεριφορά κατά την τελευταία φάση επαναφοράς σε μηδενική ανατροφοδότηση πληροφορίας

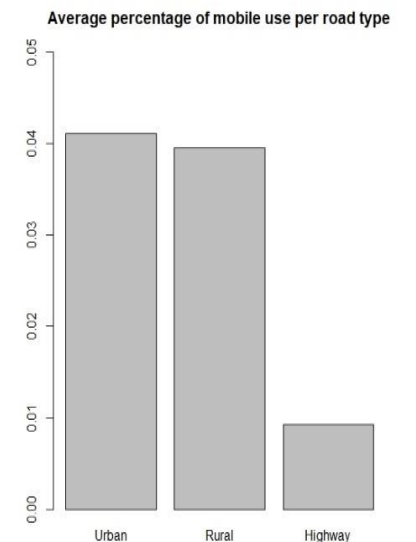
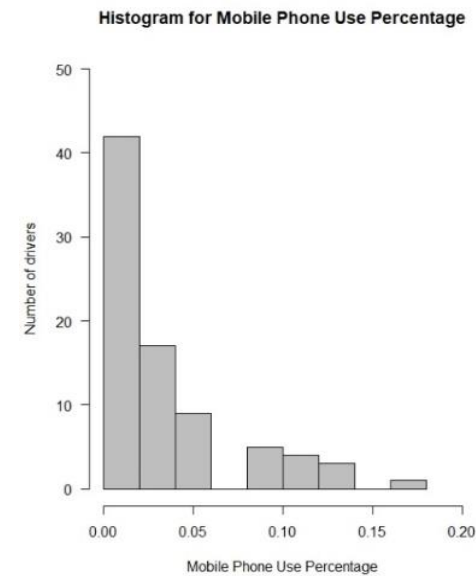
Φάσεις	Ποσοστό χρόνου χρήσης κινητού τηλ.	Αριθμός απότομων επιταχύνσεων ανά 100χλμ	Αριθμός απότομων επιβραδύνσεων ανά 100χλμ	Μέση ταχύτητα υπέρβασης των ορίων ταχύτητας	Ποσοστό χρόνου διαδρομής πάνω από τα όρια ταχύτητας
Φάση 1	3.85%	6.42	15.78	3.89km/h	5.32%
Φάση 2	2.84%	6.26	13.74	3.19 km/h	3.12%
Φάση 3	2.08%	6.26	13.94	2.31 km/h	2.60%
Φάση 4	2.28%	6.96	12.54	2.34 km/h	2.45%
Φάση 5/ Διαγωνισμός	2.19%	6.24	12.14	1.85 km/h	2.13%
Φάση 5/ Προκλήσεις	2.41%	8.11	17.18	2.30 km/h	3.21%
Φάση 6	2.48%	8.26	16.34	2.60 km/h	3.34%



Ενδεικτικές Αναλύσεις (1/5)

Mixed Binary Regression Models για την μοντελοποίηση της **χρήσης κινητού [οδηγοί Ι.Χ.]**

Παράμετρος	Συνολικό μοντέλο		Αστικό Δίκτυο		Υπεραστικό Δίκτυο		Αυτοκινητόδρομοι	
	B	P-value	B	P-Value	B	P-value	B	P-value
Intercept	-1.613	<0.001	-2.313	<0.001	-2.752	<0.001	-6.457	<0.001
Trip Distance	0.051	<0.001	0.182	<0.001	0.095	<0.001	0.025	<0.001
Workday	0.174	0.003	0.176	0.005	0.174	0.008	-	-
Morning Rush	-0.354	<0.001	-0.385	<0.001	-0.44	<0.001	-0.704	<0.001
Afternoon Rush	-	-	0.121	0.046	0.127	0.045	-	-
Average Speed	-0.010	<0.001	-0.007	0.017	0.008	<0.001	0.037	<0.001
Random effect	1.475	<0.001	1.515	<0.001	1.472	<0.001	1.763	<0.001
Number of obs	11398		11398		11398		11398	
No of drivers	82		82		82		82	
AIC	10888		9517		9002		1637	



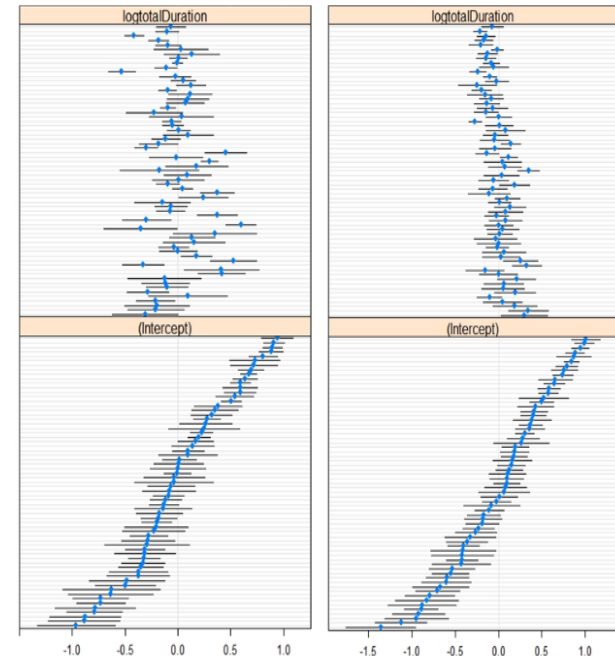
- Οι παράμετροι της **απόστασης διαδρομής**, της **εργάσιμης ημέρας** και της **απογευματινής αιχμής** είναι στατιστικά σημαντικές και **συσχετίζονται θετικά** με τη χρήση κινητού τηλεφώνου
- Η **μέση ταχύτητα** και η **πρωινή αιχμή** είναι στατιστικά σημαντικές και **συσχετίζονται αρνητικά** με τη χρήση κινητού τηλεφώνου



Ενδεικτικές Αναλύσεις (2/5)

Generalized Linear Mixed-Effects Models για την μοντελοποίηση της **συχνότητας απότομων επιταχύνσεων [οδηγοί Ι.Χ.]**

Parameter	Φάση 1					Φάση 2				
	Estimate	s.e.	p-value	Sig.	Relative Risk Ratio	Estimate	s.e.	p-value	Sig.	Relative Risk Ratio
Intercept	-0.927	0.091	0.000	***	0.395	-1.127	0.085	0.000	***	0.324
Maximum Speed	0.321	0.022	0.000	***	1.378	0.412	0.021	0.000	***	1.509
Percentage of Speeding Duration	0.074	0.013	0.000	***	1.076	0.035	0.012	0.003	**	1.035
Percentage of Mobile Use Duration	0.042	0.011	0.000	***	1.042	-	-	-	-	-
Log(Total Trip Duration)	0.848	0.051	0.000	***	2.334	0.729	0.050	0.000	***	2.073
Log(Total Trip Distance)	-0.231	0.050	0.000	***	0.793	-0.087	0.046	0.047	*	0.916



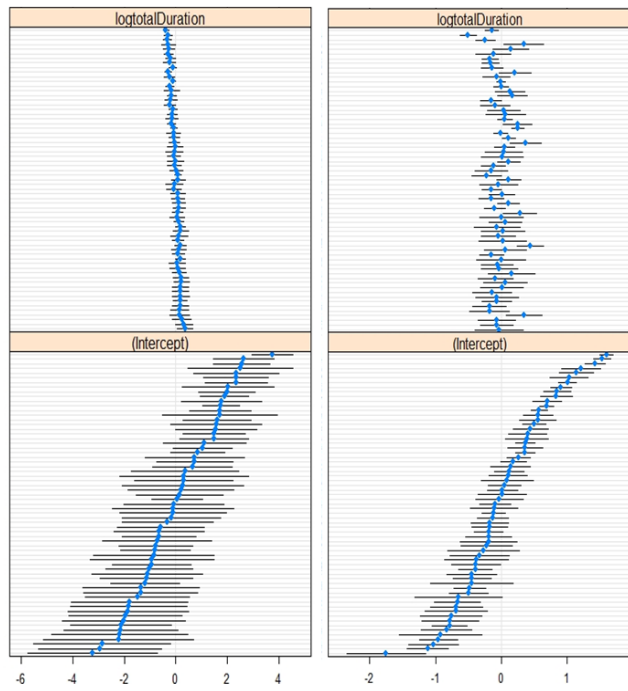
- Η **μέγιστη ταχύτητα**, το ποσοστό χρόνου **υπέρβασης του ορίου ταχύτητας**, η χρήση κινητού τηλεφώνου καθώς και η **συνολική διάρκεια διαδρομής** συσχετίζονται θετικά με τη συχνότητα απότομων επιταχύνσεων
- Αρχικά αποτελέσματα έρευνας υποστηρίζουν **βελτίωση όλων των δεικτών οδηγικής συμπεριφοράς** κατά τη Φάση 2



Ενδεικτικές Αναλύσεις (3/5)

Generalized Linear Mixed-Effects Models για την μοντελοποίηση της **συχνότητας απότομων επιβραδύνσεων** [οδηγοί Ι.Χ.]

Parameter	Φάση 1					Φάση 2				
	Estimate	s.e.	p-value	Sig.	Relative Risk Ratio	Estimate	s.e.	p-value	Sig.	Relative Risk Ratio
Intercept	-0.182	0.067	0.006	**	0.833	-0.313	0.075	0.000	***	0.731
Maximum Speed	0.327	0.016	0.000	***	1.387	0.331	0.015	0.000	***	1.395
Percentage of Speeding Duration	0.097	0.010	0.000	***	1.102	0.081	0.009	0.000	***	1.084
Log(Total Trip Duration)	0.885	0.045	0.000	***	2.423	0.723	0.038	0.000	***	2.061
Log(Total Trip Distance)	-0.298	0.036	0.000	*	0.742	-0.082	0.033	0.015	*	0.921



- Η **μέγιστη ταχύτητα**, το ποσοστό χρόνου **υπέρβασης του ορίου ταχύτητας** καθώς και η **συνολική διάρκεια διαδρομής** συσχετίζονται θετικά με τη συχνότητα απότομων επιβραδύνσεων
- Αρχικά αποτελέσματα έρευνας υποστηρίζουν **βελτίωση όλων των δεικτών οδηγικής συμπεριφοράς** κατά τη Φάση 2 (εκτός της ταχύτητας)



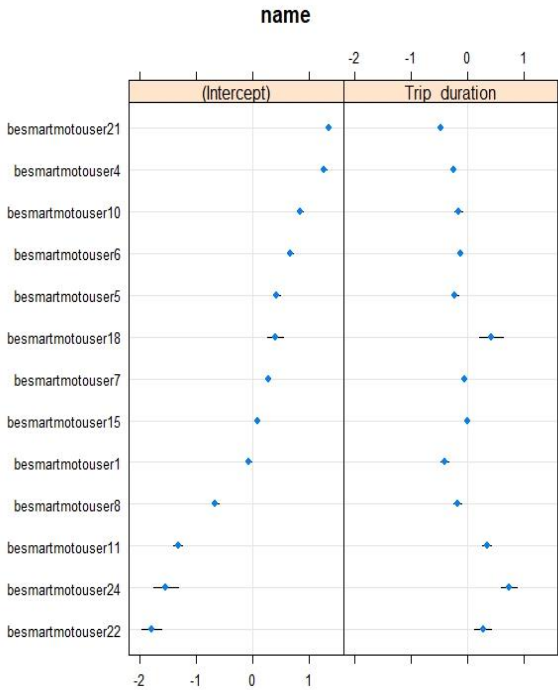
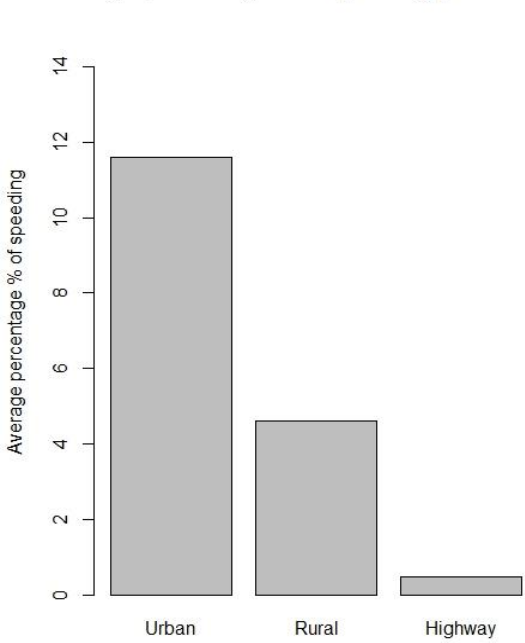
Ενδεικτικές Αναλύσεις (4/5)

Generalized Linear Mixed-Effects Models για την μοντελοποίηση της **υπέρβασης ορίων ταχύτητας [μοτοσικλετιστές]**

Trip Parameter	Συνολικό Μοντέλο		Αστικό Οδικό Δίκτυο		Επαρχιακό Οδικό Δίκτυο	
	B	P-value	B	P-Value	B	P-value
Intercept	1.898	<0.001	1.810	<0.001	-	-
Driver Feedback	-0.145	<0.001	-0.031	0.005	-0.420	<0.001
Trip duration	0.194	0.042	0.001	<0.001	0.003	0.004
Harsh accelerations	0.248	<0.001	-	-	0.056	<0.001
Risky hours	0.018	<0.001	0.006	0.001	0.019	<0.001
Morning Rush	0.067	<0.001	0.093	<0.001	0.130	<0.001
Afternoon Rush	-0.286	<0.001	-0.303	<0.001	-0.436	<0.001
AIC	37114.1		54460.9		34576.3	

- Η **ανατροφοδότηση πληροφορίας** μειώνει σημαντικά το ποσοστό του χρόνου υπέρβασης ορίων ταχύτητας των μοτοσικλετιστών

Average percentage % of speeding per road type



- Οι παράμετροι της **διάρκειας ταξιδιού**, της διανυόμενης απόστασης κατά τις **επικίνδυνες ώρες**, των **πρωινών ωρών αιχμής** και του **αριθμού των απότομων επιταχύνσεων** συσχετίζονται θετικά με το ποσοστό του χρόνου υπέρβασης ορίων ταχύτητας

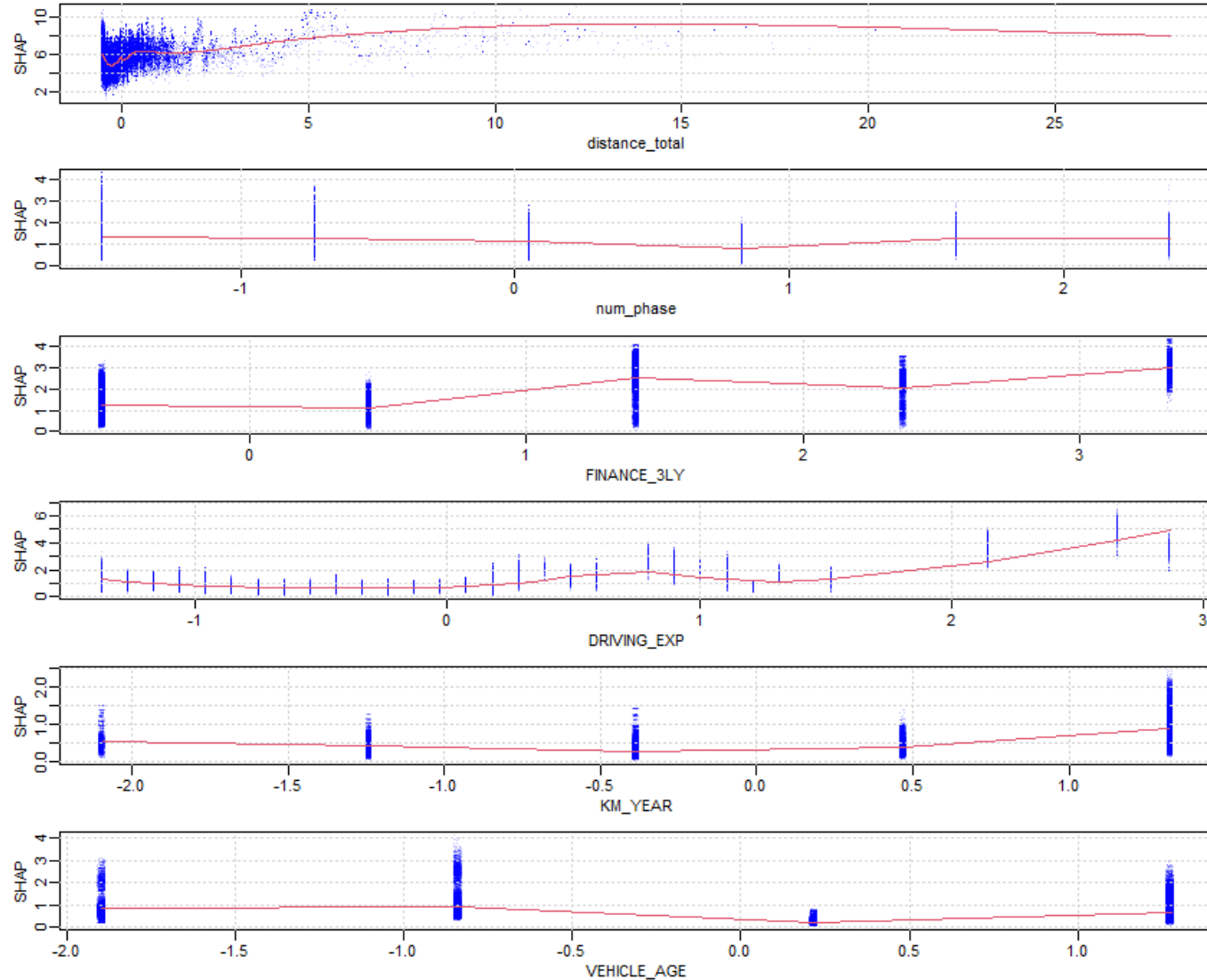


Ενδεικτικές Αναλύσεις (5/5)

➤ Αποτελέσματα σύνθετων αναλύσεων δενδροειδούς μηχανικής μάθησης (XGBoost Tree Ensemble with SHAP values) κατηγορικών μορφών **υπέρβασης ορίων ταχύτητας** και **χρήσης κινητού τηλεφώνου** για τους οδηγούς Ι.Χ.

➤ **Μη γραμμικές** επιδράσεις της συνεισφοράς κάθε μεταβλητής, ήτοι:

- απόσταση διαδρομής
- φάση του πειράματος BeSmart
- οικονομική κατάσταση
- εμπειρία του οδηγού
- ετήσιο σύνολο διαδρομών
- ηλικία του οχήματος



SHAP values for **mobile phone** use (cat.)



Συμπεράσματα

- Παρατηρείται **συνολική βελτίωση της συμπεριφοράς του οδηγού** μέσω της ανατροφοδότησης πληροφορίας με τη χρήση κινητού τηλεφώνου
- Οι μεγαλύτερες βελτιώσεις παρατηρούνται κατά την εμφάνιση της **Κάρτας Αποτελεσμάτων Βαθμολογίας** του χρήστη και κατά τη διάρκεια του **Διαγωνισμού**
- **Οδηγοί Ι.Χ. και Επαγγελματίες οδηγοί:** πλέον βελτιωμένος δείκτης συμπεριφοράς οδηγού η υπέρβαση ορίου ταχύτητας καθώς το 30% των οδηγών παρουσίασε **μείωση μεγαλύτερη από 50%**
- **Μοτοσικλετιστές:** ο αριθμός των απότομων επιταχύνσεων, ο πιο βελτιωμένος παράγοντας κινδύνου, με **μέση μείωση 30%** για το σύνολο των οδηγών



Συνεισφορά του BeSmart

- **Σημασία καταγραφής συμπεριφοράς οδηγού**
 - Πρώτη φορά επιτυγχάνεται **παρακολούθηση** όλων των οχημάτων και ιδιαίτερα των ευάλωτων ομάδων οδικού δικτύου (δίκυκλα)
- Η **εφαρμογή BeSmart** σε έξυπνα κινητά τηλέφωνα καταφέρνει να δημιουργήσει το **«αποτύπωμα» ασφαλείας του οδηγού** ενώ παράλληλα επιτρέπει:
 - την ενημέρωση και την **ανατροφοδότηση πληροφορίας**
 - την **εύκολη και ευρεία συλλογή δεδομένων** συμπεριφοράς των οδηγών
 - την **παροχή κινήτρων** και την εκπαίδευση των οδηγών ώστε να **βελτιώσουν τις δεξιότητές τους**, να μειώσουν τα οδηγικά λάθη αλλά και να αναπτύξουν καλύτερη κουλτούρα οδικής ασφάλειας

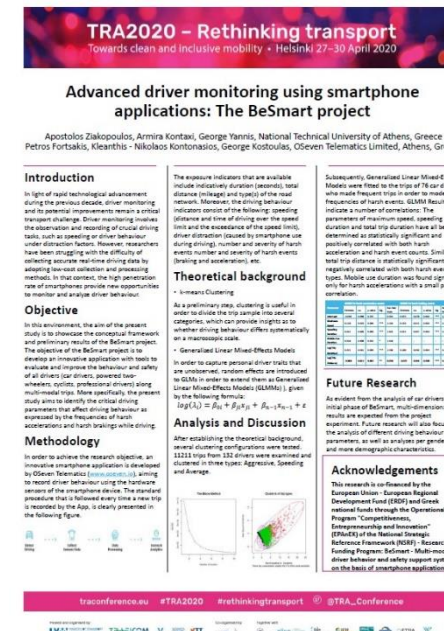


Δημοσιεύσεις και Παρουσιάσεις του έργου BeSmart

➤ 3 εργασίες σε **επιστημονικά περιοδικά** (+ 1 υπό κρίση)

➤ 9 εργασίες σε **επιστημονικά συνέδρια** (+ 2 σε επερχόμενα συνέδρια)

➤ 11 παρουσιάσεις σε **συνέδρια ή ημερίδες**



Δημοσιεύσεις του έργου BeSmart

➤ Εργασίες σε επιστημονικά περιοδικά

- Ziakopoulos, A., Tselentis, D. I., Kontaxi, A., Yannis, G., (2020) **"A critical overview of driver recording tools"**, Journal of Safety Research.
- Kontaxi, A., Ziakopoulos A., Yannis, G., (2021) **"Investigation of the speeding behavior of motorcyclists through an innovative smartphone application"**, Traffic Injury Prevention
- Kontaxi, A., Ziakopoulos A., Yannis, G., (2021) **"Trip characteristics impact on the frequency of harsh events recorded via smartphone sensors"**, IATSS Research
- Ziakopoulos, A., Petraki V., Kontaxi, A., Yannis, G., (2021) **"The transformation of the insurance industry and road safety by driver safety behaviour telematics"**, Case Studies on Transport Policy (under review)

➤ Εργασίες σε επιστημονικά συνέδρια

- Papantoniou P., Yannis G., Pavlou D. (2019) **"How unexpected events affect lateral position variability?"**, Proceedings of World Conference on Transport Research - WCTR 2019 Mumbai 26-31 May 2019.
- Papantoniou P., Yannis G., Pavlou D. (2019) **"How unexpected events affect overall driving performance?"**, Proceedings of International Scientific Conference on Mobility and Transport, "Transportation Systems of the Future" 11-12 September 2019.
- Kontaxi A., Ziakopoulos A., Tselentis D., Yannis G. (2019). **"A review of the impact of driver distraction on driving behavior and road safety"**, Proceedings of 9th International Congress on Transportation Research, 24-25 October 2019, Athens, Greece.



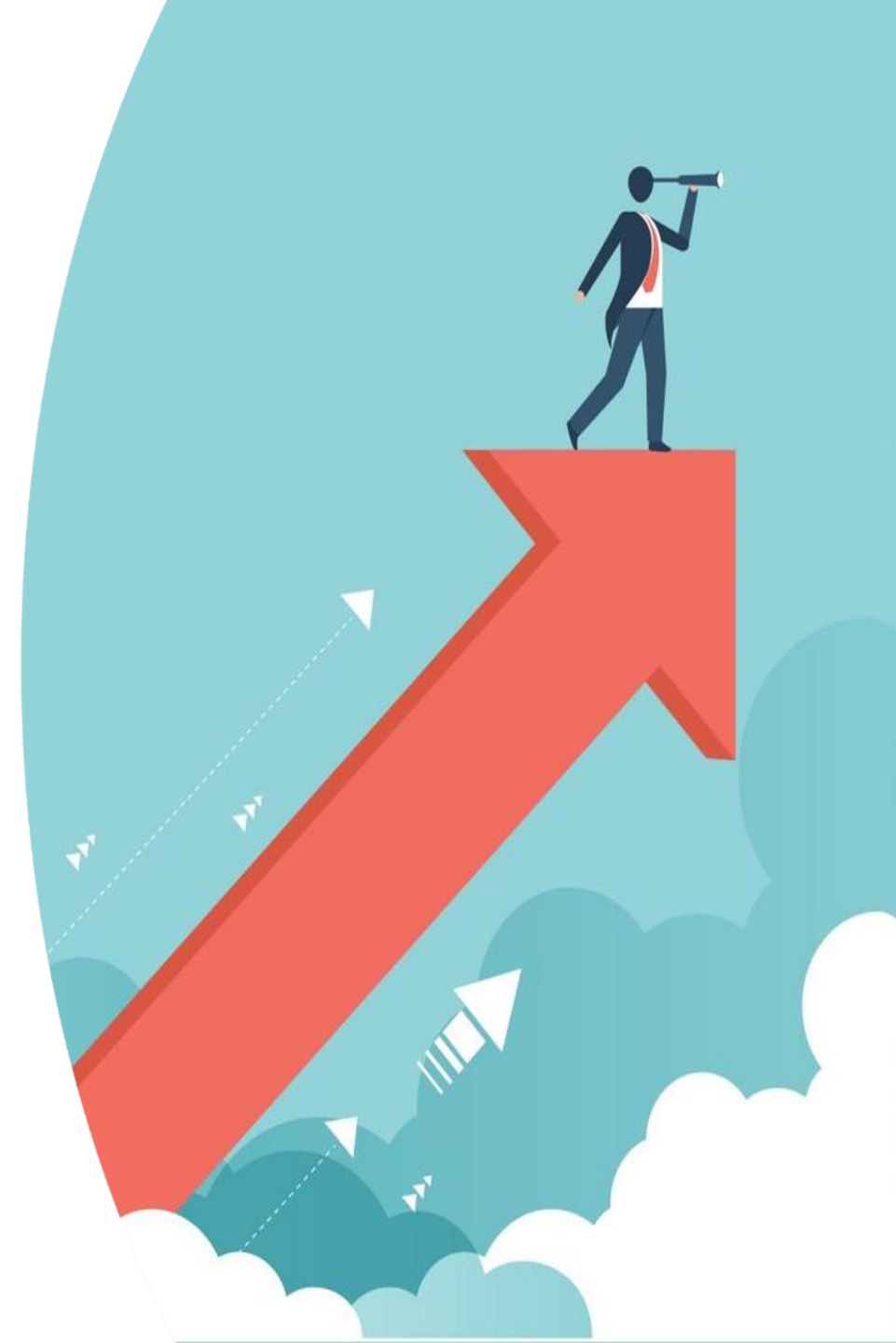
Παρουσιάσεις του έργου BeSmart

- Ziakopoulos A., Kontaxi A., Yannis G., Tselentis D., Fortsakis P. (2019). **“Advanced driver monitoring using smartphone applications: The BeSmart project”**, Proceedings of 8th Transport Research Arena TRA 2020 (Conference cancelled due to COVID-19 pandemic – peer reviewed paper published in Book of Abstracts)
- Tselentis D., Kostoulas G., Kontonassios K.-N., Fortsakis P., Yannis G. (2019). **“Driver feedback during naturalistic driving experiments: A review of types, methods and future challenges”**, Proceedings of 8th Transport Research Arena TRA 2020 (Conference cancelled due to COVID-19 pandemic - peer reviewed paper published in Book of Abstracts)
- Kontaxi A., Frantzola E., Ziakopoulos A., Kostoulas G., Yannis G., **“Investigation of speeding and aggressive behavior of professional drivers on highways through an innovative smartphone application”**, Proceedings of the 10th International Congress on Transportation Research (1-3 September 2021).
- Kontaxi A., Ziakopoulos A., Papantoniou P., Yannis G., Kostoulas G. (2021). **“Monitoring and Improving Driving Behaviour of Motorcyclists Through an Innovative Smartphone Application”**, Proceedings of 7th Humanist Conference, Rhodes Island, Greece, 25-26 October 2021
- Tzoutzoulis D., Kontaxi, A., Ziakopoulos A., Yannis, G. (2022) **“Exploring critical driving parameters affecting speeding using data from smartphones”**, Proceedings of 8th Road Safety & Simulation International Conference, Athens, Greece, 08-10 June, 2022 (full paper accepted)
- Kontaxi, A., Ziakopoulos A., Yannis, G. (2022) **“Discovering the influence of feedback on driver behavior through a multiphase experiment based on a smartphone application”** Proceedings of 8th Road Safety & Simulation International Conference, Athens, Greece, 08-10 June, 2022 (full paper accepted)



Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

- Υλοποίηση παρόμοιας έρευνας με **μεγαλύτερο δείγμα οδηγών και διαδρομών** – επιβεβαίωση των παρόντων αποτελεσμάτων και διεύρυνση των πιθανών συσχετίσεων
- Εντοπισμός μεθόδων **βελτίωσης της ακρίβειας των μοντέλων**, δοκιμάζοντας τα αναπτυγμένα μοντέλα σε διαφορετικά δείγματα και συνθήκες κυκλοφορίας
- **Σύνθετη χωρο-χρονική ανάλυση** των δεδομένων για την ανάπτυξη προηγμένων στατιστικών προτύπων **εντοπισμού επικίνδυνων θέσεων και οδικών τμημάτων**, μέσω αντιπαραβολής με τις θέσεις οδικών ατυχημάτων, και διαδρομών μειωμένης κατανάλωσης καυσίμων





BESMART
iDREAMS
i-safemodels
smart maps

Ημερίδα
«Τηλεματική και Βελτίωση
Οδηγικής Συμπεριφοράς»

στο Αμφιθέατρο
Σιδηροδρομικής ΕΜΠ
+ online

Τρίτη 22-02-2022
14:30

Αξιολόγηση και βελτίωση της συμπεριφοράς και της ασφάλειας των οδηγών μέσω της εφαρμογής BeSmart

Απόστολος Ζιακόπουλος, Ερευνητής

Μαζί με τους:
Αρμία Κονταξή, Δημήτρη Νικολάου,
Γιώργο Γιαννή



Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής,
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο