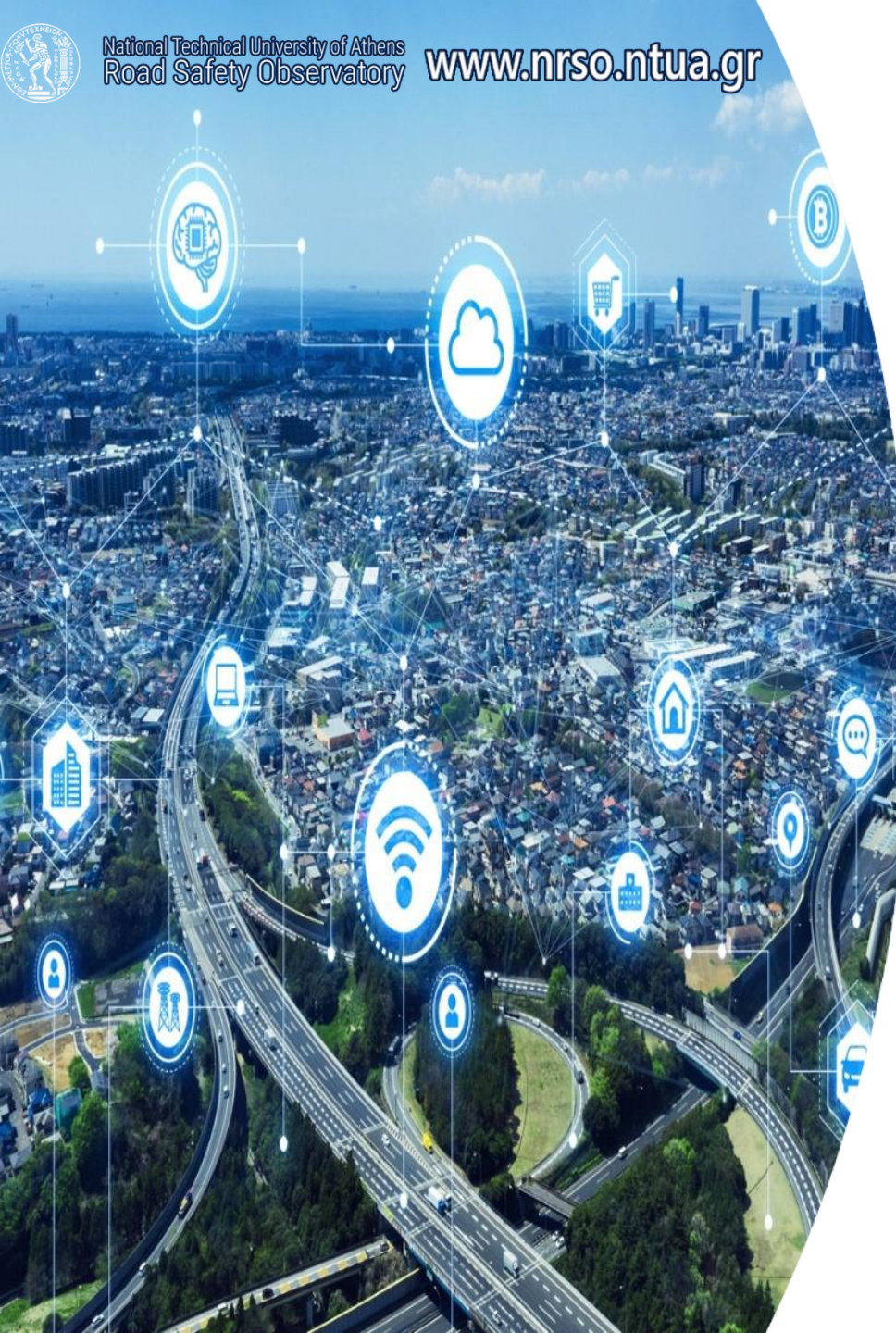




Ανάπτυξη αλγορίθμων πολυπαραμετρικών αναλύσεων οδηγικής συμπεριφοράς και επικινδυνότητας οδικών τμημάτων - SmartMaps

Δημήτριος Νικολάου, Ερευνητής

Μαζί με τους:

Απόστολο Ζιακόπουλο, Αρμίρα Κονταξή, Γιώργο Γιαννή

Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής,
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Το Έργο SmartMaps

➤ Ομάδα Έργου:

- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο,
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής
www.transport.ntua.gr
- OSeven Telematics
www.oseven.io
- Global Link
www.globallink.gr

➤ Διάρκεια:

- 26 μήνες (Οκτώβριος 2021 – Νοέμβριος 2023)

➤ Δικτυακός Τόπος:

- <https://smart-maps.gr/>

➤ Επιχειρησιακό Πρόγραμμα:

- Δράση Εθνικής Εμβέλειας:
«Ερευνώ – Δημιουργώ – Καινοτομώ Β' Κύκλος»

smartmaps



European Union
European Regional
Development Fund



ΕΡΑΝΕΚ 2014-2020
OPERATIONAL PROGRAMME
COMPETITIVENESS • ENTREPRENEURSHIP • INNOVATION



Στόχος

- Αξιοποίηση χωροχρονικών δεδομένων ευρείας κλίμακας από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων, γεωμετρικών δεδομένων οδών, δεδομένων από έρευνες πεδίου και δεδομένων ατυχημάτων για τη **χωρική ανάλυση** εναλλακτικών δεικτών οδικής ασφάλειας σε πολλαπλά οδικά περιβάλλοντα.
- **Δημιουργία χαρτών** οδηγικής συμπεριφοράς και επικινδυνότητας οδικών τμημάτων.



Συλλογή Δεδομένων

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδού (OpenStreetMap)

- Μήκος
- Καμπυλότητα
- Κλίση

Συμπεριφορά Οδηγού – Μετρήσεις πεδίου (Global Link)

- Χρήση ζώνης ασφαλείας
- Χρήση προστατευτικού κράνους
- Υπέρβαση ορίων ταχύτητας
- Απόσπαση προσοχής

Συμπεριφορά Οδηγού – Τηλεματική (OSeven)

- Απότομη επιβράδυνση
- Απότομη επιτάχυνση
- Υπέρβαση ορίων ταχύτητας
- Απόσπαση προσοχής

Δεδομένα Οδικών Ατυχημάτων (ΕΛΣΤΑΤ)



Γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδού

- Η περιοχή της **Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης** επιλέχθηκε σκόπιμα ως μια δύσκολη τοποθεσία λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητας δεδομένων, η οποία αποτέλεσε σημαντικό εμπόδιο για τις αρχικές έρευνες.
- Η ολοκληρωμένη διαδικασία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων που διεξήχθη στην περιοχή της Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης αξιοποιήθηκε ως **πρότυπο** για τις μελέτες στις υπόλοιπες περιοχές της Ελλάδας.
- **6099** οδικά τμήματα:
(Μέσο μήκος: 290m, Συνολικό μήκος: 1700km)
- **Τύποι Οδών**: (68% αστικές, 12% τριτεύουσες, 7% δευτερεύουσες, 3% αυτοκινητόδρομοι, 10% άλλοι τύποι οδών)
- **Κλίσεις**: 76% (επίπεδη: 0-3%), 10% (ήπια: 3-5%), 7% (μεσαία: 5-8%), 3% (απότομη: 8-10%), 4% (πολύ απότομη: >10%).



Συμπεριφορά Οδηγού – Μετρήσεις Πεδίου

- **Μετρήσεις πεδίου** σε δείκτες συμπεριφοράς των οδηγών σε 10 τοποθεσίες (3 αυτοκινητόδρομοι, 4 αγροτικές, 3 αστικές).
- Η **αντίστροφη στάθμιση απόστασης** (IDW) χρησιμοποιήθηκε σε δύο φάσεις για τη χωρική παρεμβολή σε ολόκληρο το οδικό δίκτυο (αυτοκινητόδρομοι, μη αυτοκινητόδρομοι).
- Η IDW εκτιμά την τιμή μιας μεταβλητής σε μια δεδομένη θέση χρησιμοποιώντας έναν **σταθμισμένο μέσο όρο των γύρω γνωστών τιμών**, με βάρη που καθορίζονται από την απόστασή τους από τη θέση-στόχο, υποθέτοντας ότι οι κοντινές θέσεις έχουν παρόμοιες τιμές.
- ~**3500** παρατηρήσεις οδηγών επιβατικών αυτοκινήτων (ζώνη ασφαλείας, απόσπαση προσοχής, υπερβολική ταχύτητα).
- ~**260** παρατηρήσεις οδηγών μοτοσυκλέτας (κράνος).



Συμπεριφορά Οδηγού – Τηλεματική

- Συνολικά εξετάστηκαν **5.129 διαδρομές** οδηγών στην εξεταζόμενη περιοχή εντός του έτους 2021.
- Πραγματοποιήθηκε **χωρική αντιστοίχιση** των δεδομένων τηλεματικής και των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων.

Δεδομένα ανά οδικό τμήμα	Min.	Mean	Max.
Καταμέτρηση διαδρομών	0	32	1272
Δείκτης υπέρβασης ταχύτητας (δευτερόλεπτα / διαδρομές)	0	0.26	110
Δείκτης χρήσης κινητού τηλεφώνου (δευτερόλεπτα / διαδρομές)	0	0.34	133
Δείκτης απότομων επιταχύνσεων (συμβάντα / διαδρομές)	0	0.004	1.00
Δείκτης απότομων επιβραδύνσεων (συμβάντα / διαδρομές)	0	0.007	1.42



Δεδομένα Οδικών Ατυχημάτων

- **Ανακριβής καταγραφή των θέσεων** ατυχημάτων (έλλειψη κωδικοποίησης με γεωγραφικές συντεταγμένες στην εθνική βάση δεδομένων).
- Συγκεντρωτικά στοιχεία ατυχημάτων για **5 Δήμους**. (Ξάνθης, Αβδήρων, Μύκης, Τοπείρου, Νέστου)
- Χωρική παρεμβολή των "**δεικτών που σχετίζονται με τα ατυχήματα στην περιοχή**" με βάση τους συνολικούς αριθμούς χρησιμοποιώντας IDW σε δύο φάσεις (αυτοκινητόδρομοι και μη)

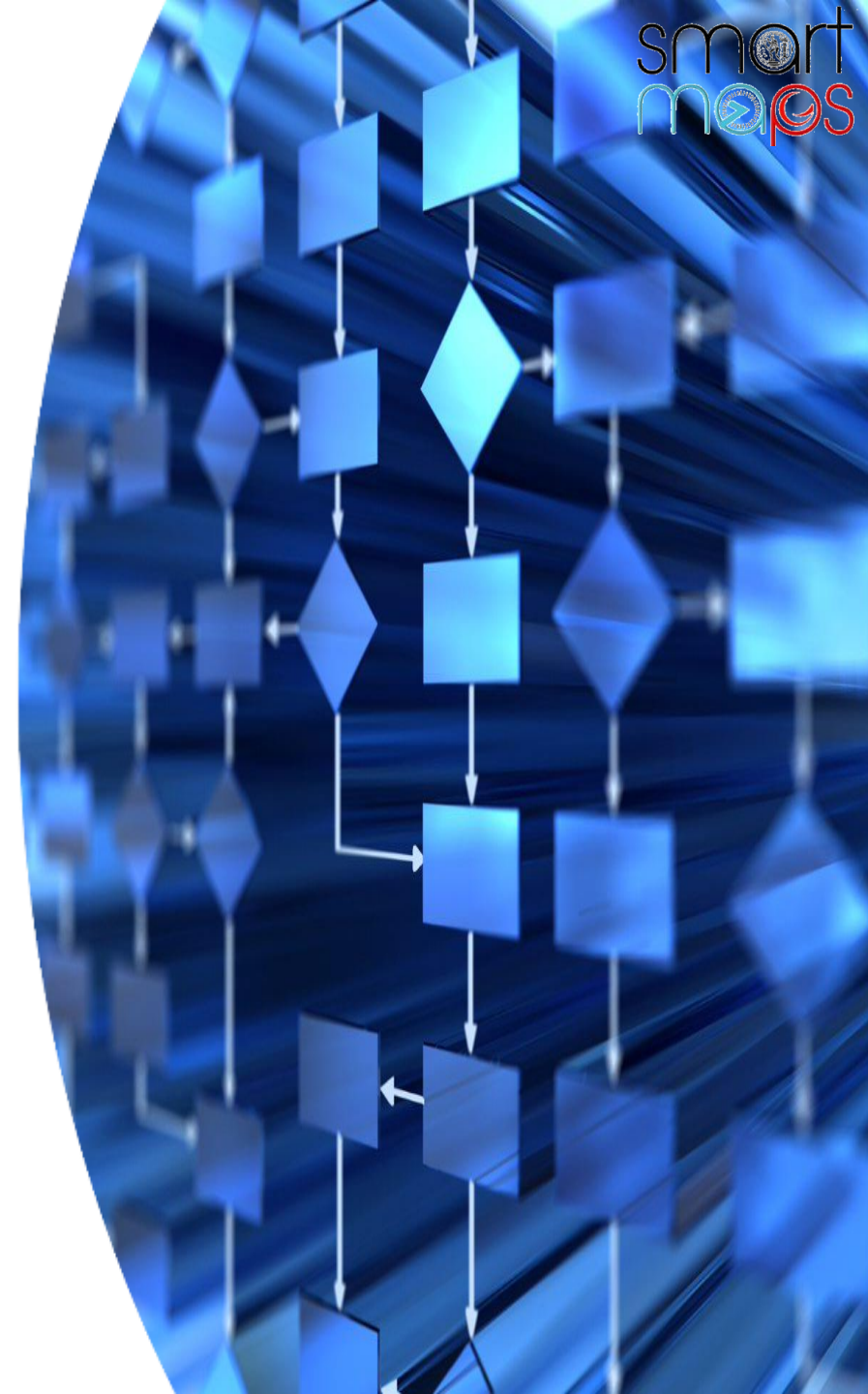
Δήμος	Αυτοκινητό-δρομος	Ατυχήματα (2016-2020)	Νεκροί (2016-2020)	Βαριά Τραυματίες (2016-2020)	Ελαφρά Τραυματίες (2016-2020)
Ξάνθης	Όχι	108	10	15	128
Ξάνθης	Ναι	1	0	2	0
Αβδήρων	Όχι	70	12	20	73
Αβδήρων	Ναι	5	1	2	10
Μύκης	Όχι	20	4	6	16
Μύκης	Ναι	0	0	0	0
Τοπείρου	Όχι	32	7	7	36
Τοπείρου	Ναι	4	3	4	7
Νέστου	Όχι	44	12	9	49
Νέστου	Ναι	12	3	4	15



Χωρικό Μοντέλο Σφάλματος (Spatial Error Model)

- Το μοντέλο σφάλματος χειρίζεται την **χωρική αυτοσυσχέτιση στα κατάλοιπα**.
- Η προσέγγιση είναι ότι τέτοια σφάλματα (κατάλοιπα παλινδρόμησης) είναι **αυτοσυσχετιζόμενα**, με την έννοια ότι το σφάλμα από ένα χωρικό στοιχείο μπορεί να περιγραφεί ως ένας σταθμισμένος μέσος όρος των σφαλμάτων των γειτόνων του.
- Αυτό το μοντέλο μπορεί να εκφραστεί ως:

$$y = X\beta + u, \quad u = \lambda_{Err} W u + \varepsilon$$
 - y είναι ένα διάνυσμα ($N \times 1$) παρατηρήσεων μιας εξαρτημένης μεταβλητής που λαμβάνεται σε κάθε μια από τις N θέσεις,
 - X είναι ένας πίνακας ($N \times k$) συνδιακυμάνσεων,
 - β είναι ένα διάνυσμα ($k \times 1$) παραμέτρων,
 - u είναι ένα χωρικά αυτοσυσχετιζόμενο διάνυσμα διαταραχών ($N \times 1$),
 - ε είναι ένα διάνυσμα ($N \times 1$) ανεξάρτητων και πανομοιότυπα κατανομημένων διαταραχών,
 - λ_{Err} είναι μια κλιμακωτή χωρική παράμετρος.



Χωρικό Μοντέλο Σφάλματος - Αποτελέσματα

Εξαρτημένη μεταβλητή: $\log(\text{πλήθος απότομων επιβραδύνσεων} + 1)$

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Σταθερά)	-0.3077	0.0849	-3.6229	0.0003
$\log(1 + \text{μήκος})$	0.0360	0.0039	9.3512	< 2.2e-16
$\log(1 + \text{κλίση})$	-0.0055	0.0059	-0.9399	0.3473
$\log(1 + \text{απόδοση καμπυλότητας})$	0.1067	0.0580	1.8408	0.0657
$\log(1 + \text{δευτερόλεπτα υπέρβασης ορίων ταχύτητας})$	0.0847	0.0046	18.4841	< 2.2e-16
Δείκτης χρήσης κινητού τηλεφώνου (sec / διαδρομές)	0.0064	0.0015	4.3898	<0.001
Χρήση ζώνης οδηγών επιβατικών ΙΧ (%)	-0.0237	0.0951	-0.2493	0.8031
$\log(\text{δείκτης ατυχημάτων περιοχής 2016-2020})$	0.0233	0.0085	2.7405	0.0061
Αριθμός καταμετρημένων διαδρομών	0.0024	0.0000	52.0655	< 2.2e-16

Lambda: 0.022785, LR test value: 5.1845, p-value: 0.022789

AIC: 3891.5, (AIC for lm: 3894.7)

- Η τιμή του δείκτη Lambda ισούται με 0,022 και είναι στατιστικά σημαντική, υποδηλώνοντας ότι ο όρος σφάλματος είναι **χωρικά αυτοπαλίνδρομος**.
- Από την τιμή του κριτηρίου AIC συμπεραίνεται ότι το χωρικό μοντέλο σφάλματος **αποδίδει καλύτερα** από το γραμμικό μοντέλο, καθώς η χαμηλότερη AIC υποδηλώνει καλύτερη προσαρμογή.



Χωρικό Μοντέλο Υστέρησης (Spatial Lag Model)

- Η **χωρική υστέρηση** είναι μια μεταβλητή που ουσιαστικά υπολογίζει τον μέσο όρο των γειτονικών τιμών μιας θέσης.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση των **γειτονικών τιμών** με εκείνες της ίδιας της τοποθεσίας.
- Για αυτές τις χωρικές υστερήσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το μοντέλο χωρικής υστέρησης για να **αντιμετωπιστεί η χωρική αυτοσυσχέτιση στην εξαρτημένη** μεταβλητή:

$$y = \rho_{Lag}Wy + X\beta + \varepsilon$$
 - όπου ρ_{Lag} είναι **κλιμακωτή χωρική παράμετρος**, που δείχνει πόσο επηρεάζεται ένα χωρικό χαρακτηριστικό από τους γείτονές του.



Χωρικό Μοντέλο Υστέρησης - Αποτελέσματα

Εξαρτημένη μεταβλητή: $\log(\text{πλήθος απότομων επιβραδύνσεων} + 1)$

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Σταθερά)	-0.2929	0.0845	-3.4657	0.0005
$\log(1 + \text{μήκος})$	0.0356	0.0038	9.2738	< 2.2e-16
$\log(1 + \text{κλίση})$	-0.0061	0.0059	-1.0367	0.2999
$\log(1 + \text{απόδοση καμπυλότητας})$	0.1048	0.0579	1.8093	0.0704
$\log(1 + \text{δευτερόλεπτα υπέρβασης ορίων ταχύτητας})$	0.0846	0.0046	18.4784	< 2.2e-16
Δείκτης χρήσης κινητού τηλεφώνου (sec / διαδρομές)	0.0064	0.0015	4.4202	<0.001
Χρήση ζώνης οδηγών επιβατικών ΙΧ (%)	-0.0371	0.0944	-0.3927	0.6945
$\log(\text{δείκτης ατυχημάτων περιοχής 2016-2020})$	0.0218	0.0085	2.5734	0.0101
Αριθμός καταμετρημένων διαδρομών	0.0024	0.0000	51.9864	< 2.2e-16

Rho: 0.016061, LR test value: 3.8597, p-value: 0.04946

AIC: 3892.8, (AIC for lm: 3894.7)

- Η τιμή Rho του χωρικού μοντέλου υστέρησης ισούται με 0,016 και είναι στατιστικά σημαντική, γεγονός που φανερώνει ότι υπάρχει **θετική χωρική αυτοσυσχέτιση**.
- Η προσαρμογή του μοντέλου υστέρησης είναι **καλύτερη** από του απλού γραμμικού μοντέλου.
- Ανάμεσα στα δύο χωρικά μοντέλα, το **χωρικό μοντέλο σφάλματος** εμφανίζει καλύτερη προσαρμογή (χαμηλότερο AIC)



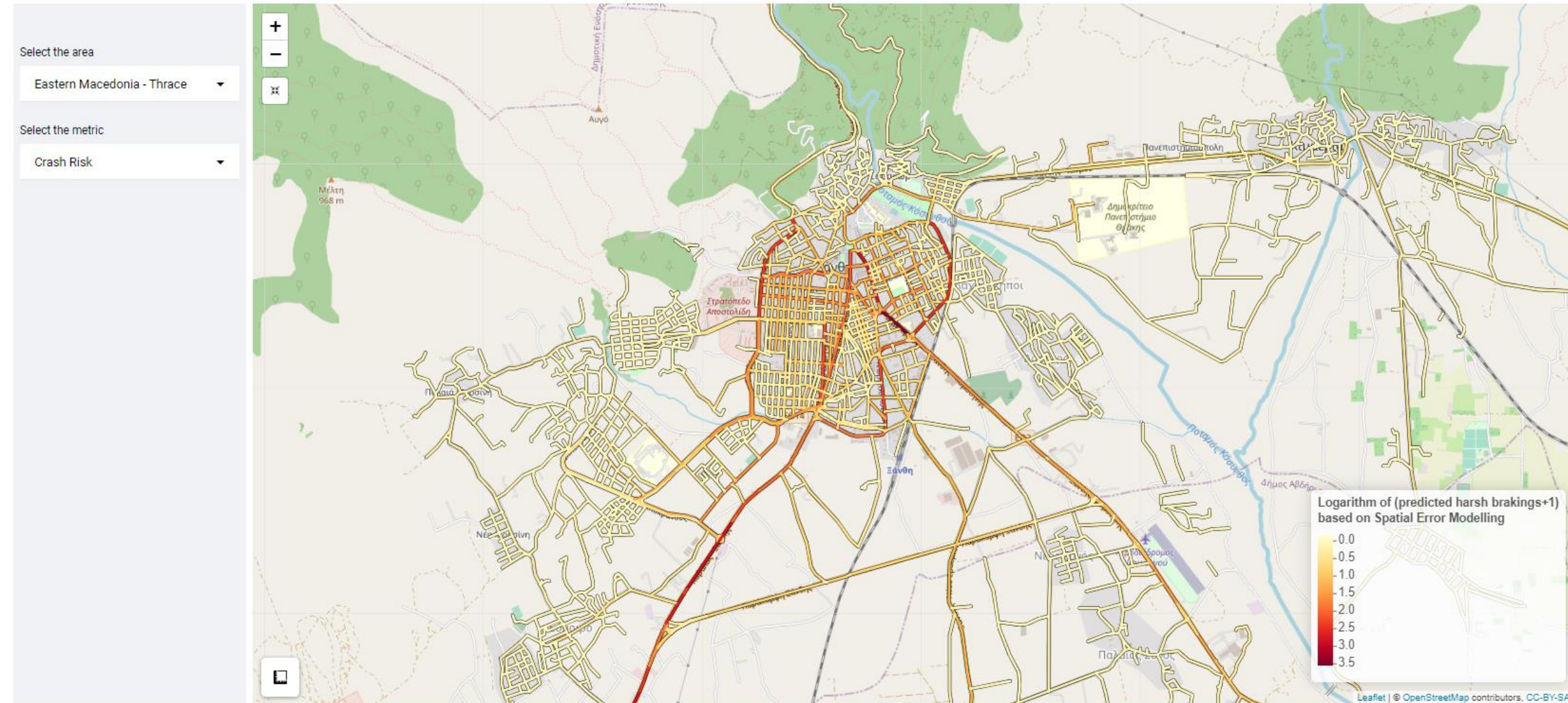
Συμπεράσματα

- Ο αριθμός των **απότομων επιβραδύνσεων** ανά εξεταζόμενο τμήμα αποτελεί έναν εναλλακτικό δείκτη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αναλύσεις οδικής ασφάλειας: είτε σε περιπτώσεις που δεν είναι διαθέσιμη η ακριβής θέση των οδικών ατυχημάτων είτε ως προληπτικός δείκτης πριν συμβούν τα οδικά ατυχήματα.
- Ο αριθμός των απότομων επιβραδύνσεων στα εξεταζόμενα οδικά τμήματα **συσχετίζεται θετικά** με το μήκος του τμήματος, τον αριθμό των καταμετρημένων ταξιδιών ανά τμήμα και την υπέρβαση των ορίων ταχύτητας.
- Τα χωρικά μοντέλα παρουσιάζουν **καλύτερη προσαρμογή** στα δεδομένα και οδηγούν σε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα από τα μη χωρικά μοντέλα.



The SafeRoadsMap is a tool to promote safer and more environmentally friendly driving behavior, providing open and free access to interactive maps throughout Greece with readily accessible online information on road safety and eco-driving.

Select the area and the road safety metrics you would like to check.



The SafeRoadsMap is a tool to promote safer and more environmentally friendly driving behavior, providing open and free access to interactive maps throughout Greece with readily accessible online information on road safety and eco-driving.

Select the area and the road safety metrics you would like to check.

+

-

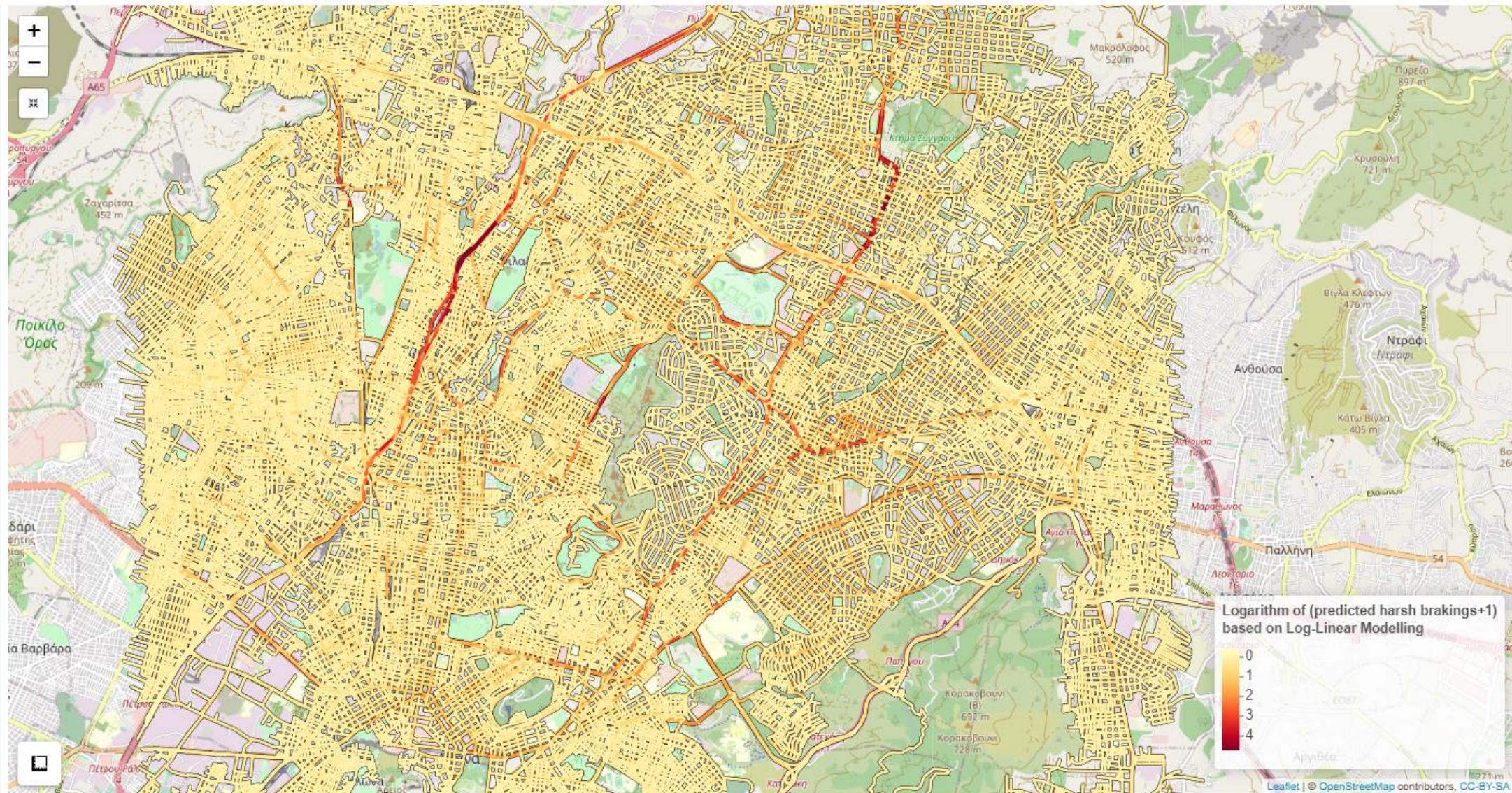
✕

Select the area

Athens

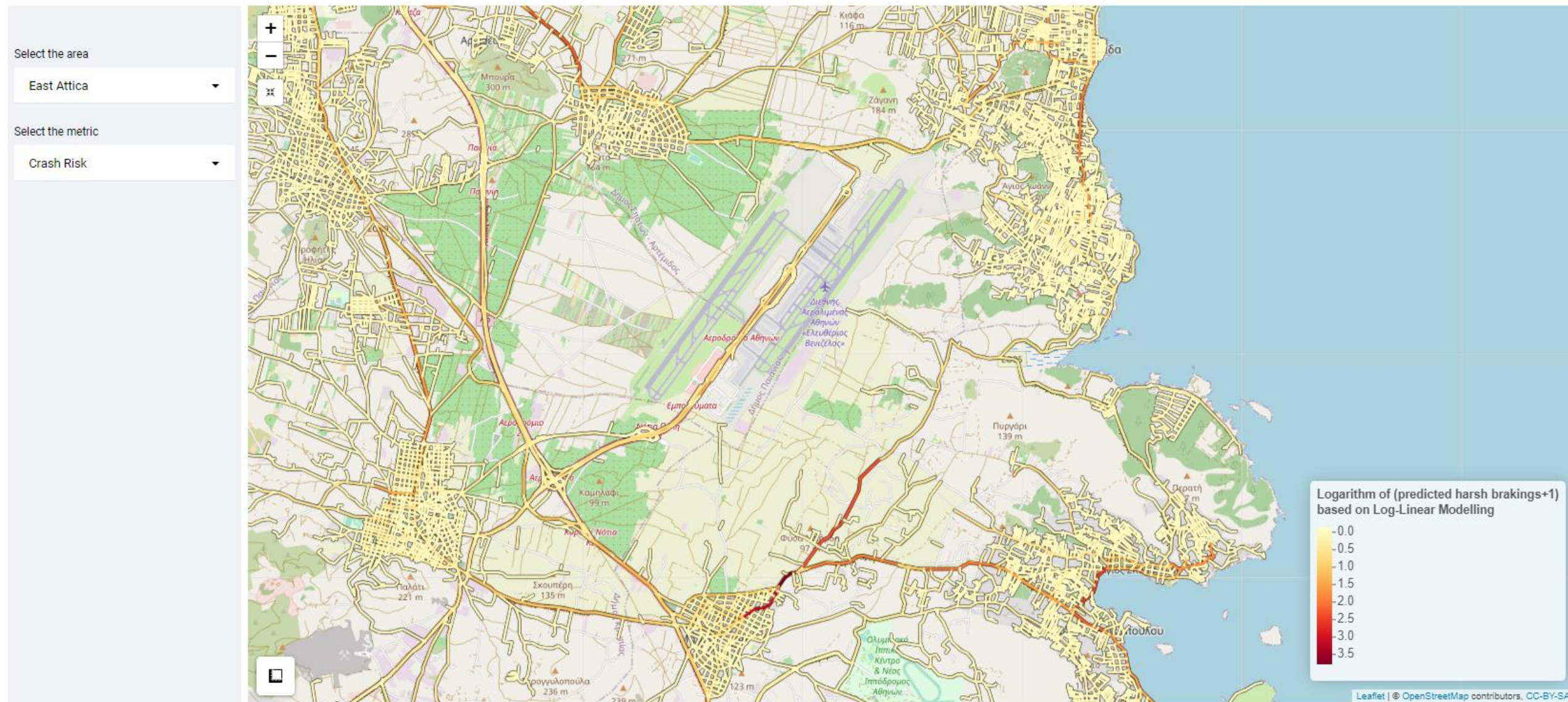
Select the metric

Crash Risk



The SafeRoadsMap is a tool to promote safer and more environmentally friendly driving behavior, providing open and free access to interactive maps throughout Greece with readily accessible online information on road safety and eco-driving.

Select the area and the road safety metrics you would like to check.



The SafeRoadsMap is a tool to promote safer and more environmentally friendly driving behavior, providing open and free access to interactive maps throughout Greece with readily accessible online information on road safety and eco-driving.

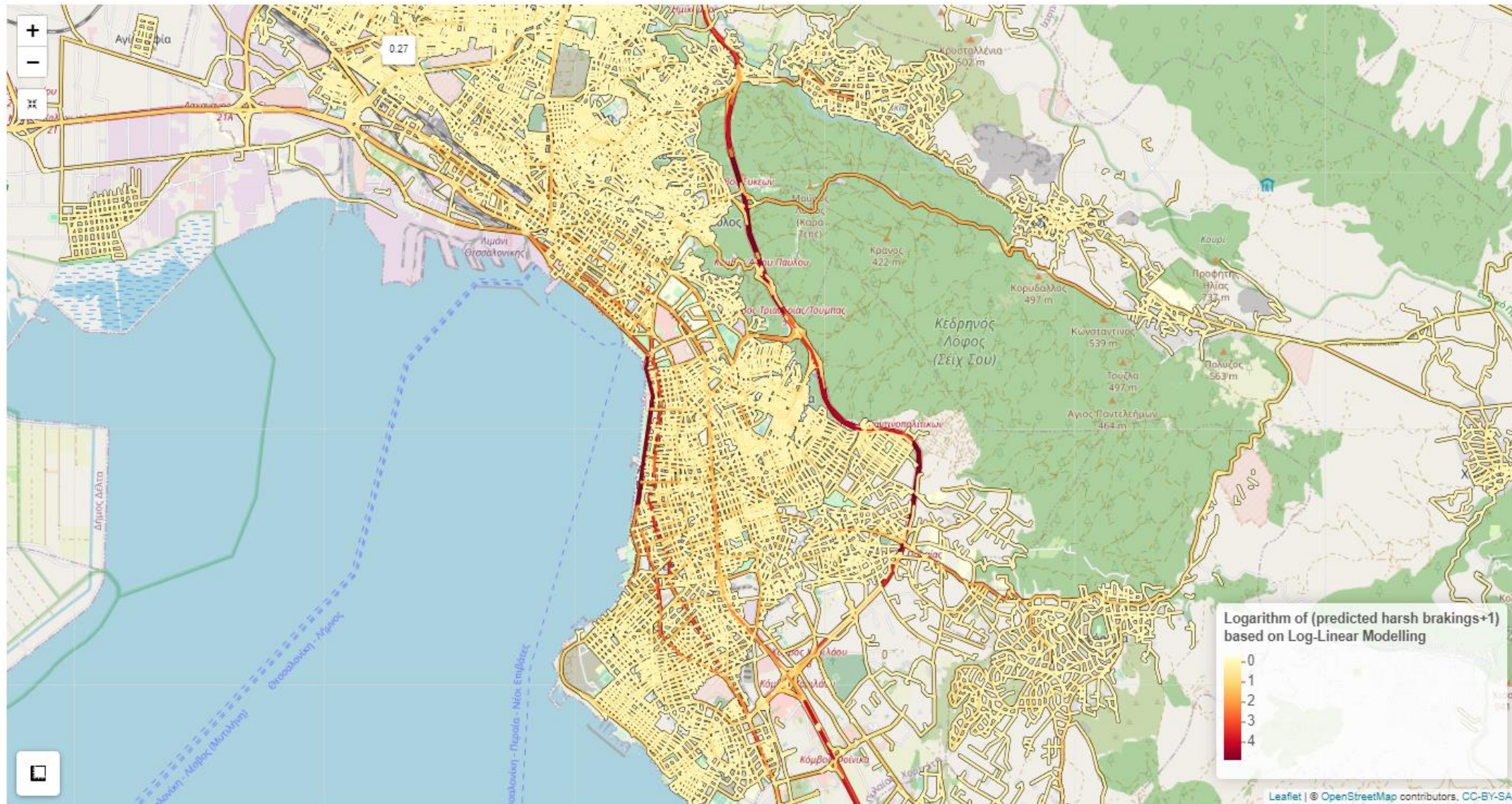
Select the area and the road safety metrics you would like to check.

Select the area

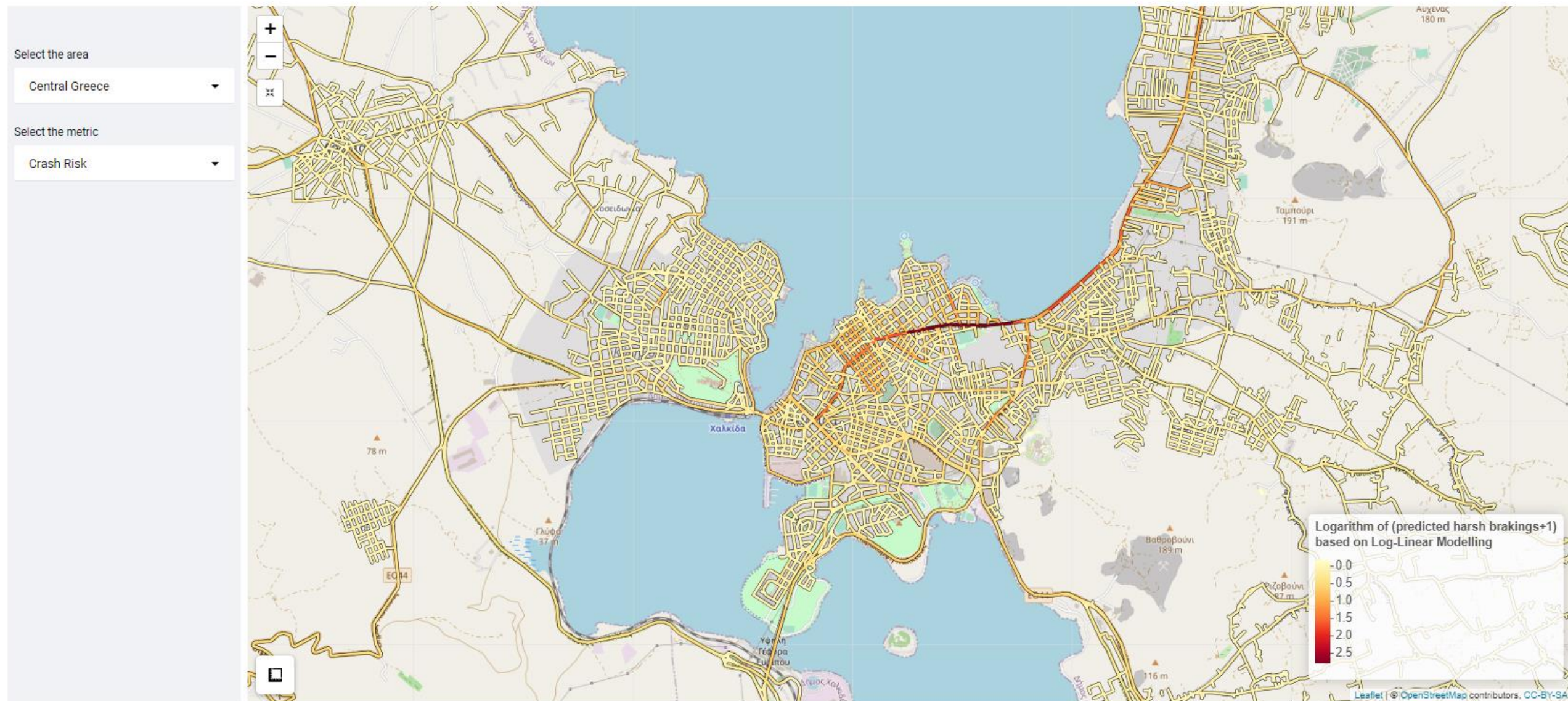
Central Macedonia

Select the metric

Crash Risk



Select the area and the road safety metrics you would like to check.

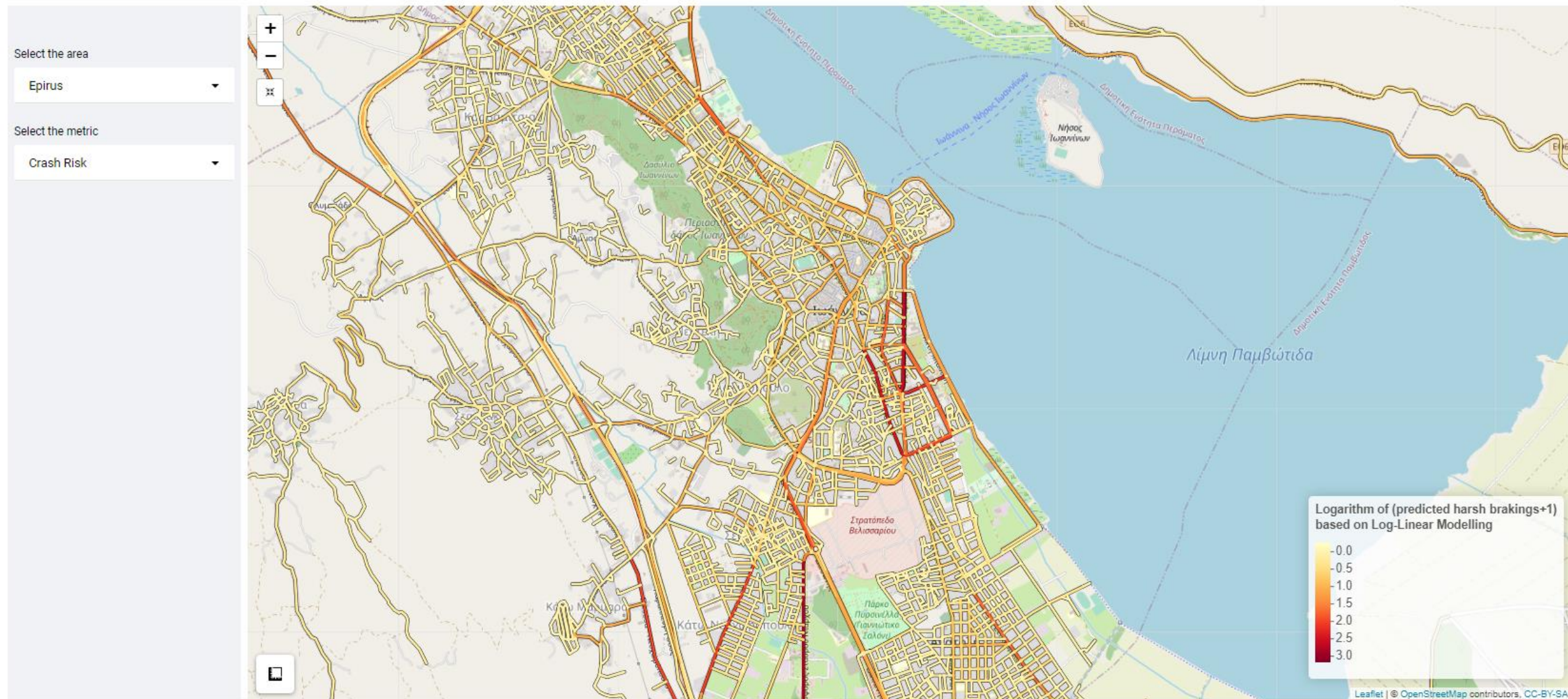


The SafeRoadsMap is a tool to promote safer and more environmentally friendly driving behavior, providing open and free access to interactive maps throughout Greece with readily accessible online information on road safety and eco-driving.

Select the area and the road safety metrics you would like to check.

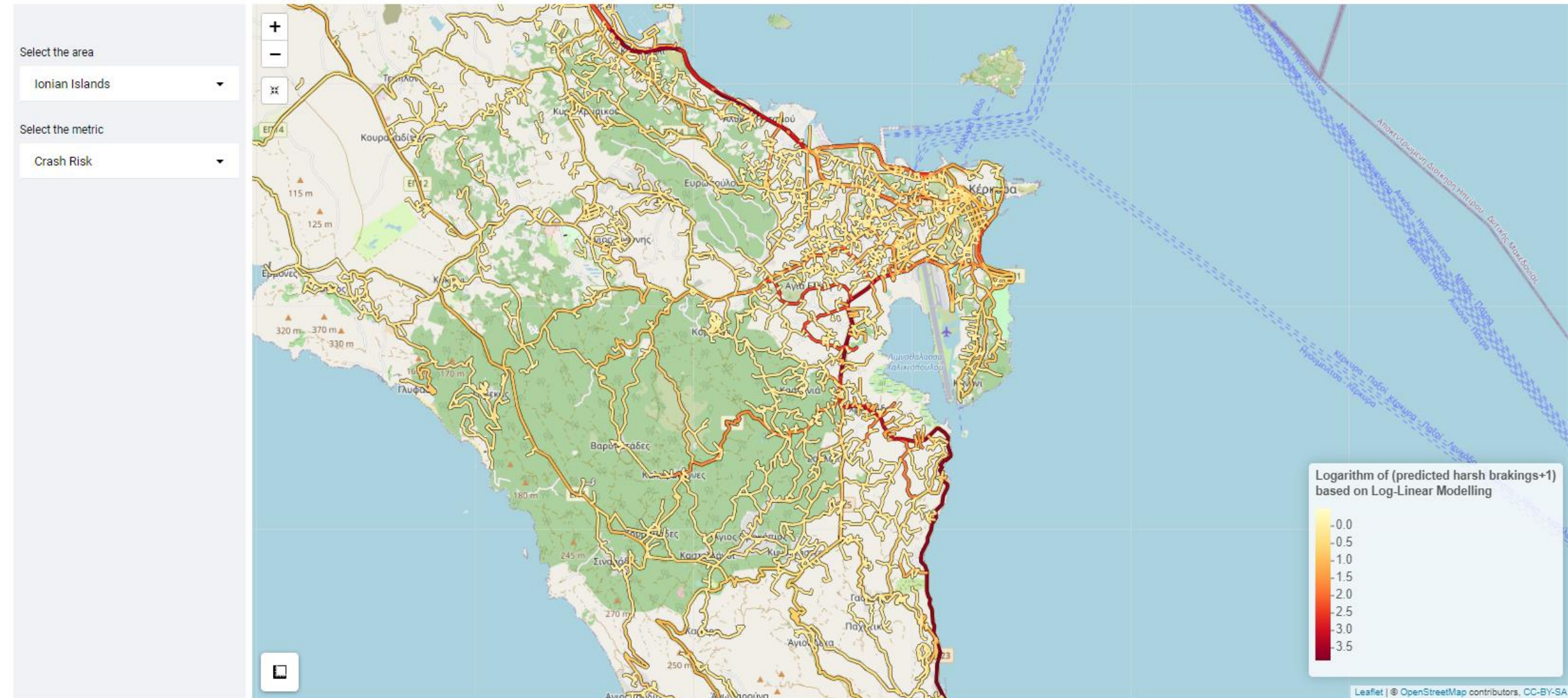


Select the area and the road safety metrics you would like to check.

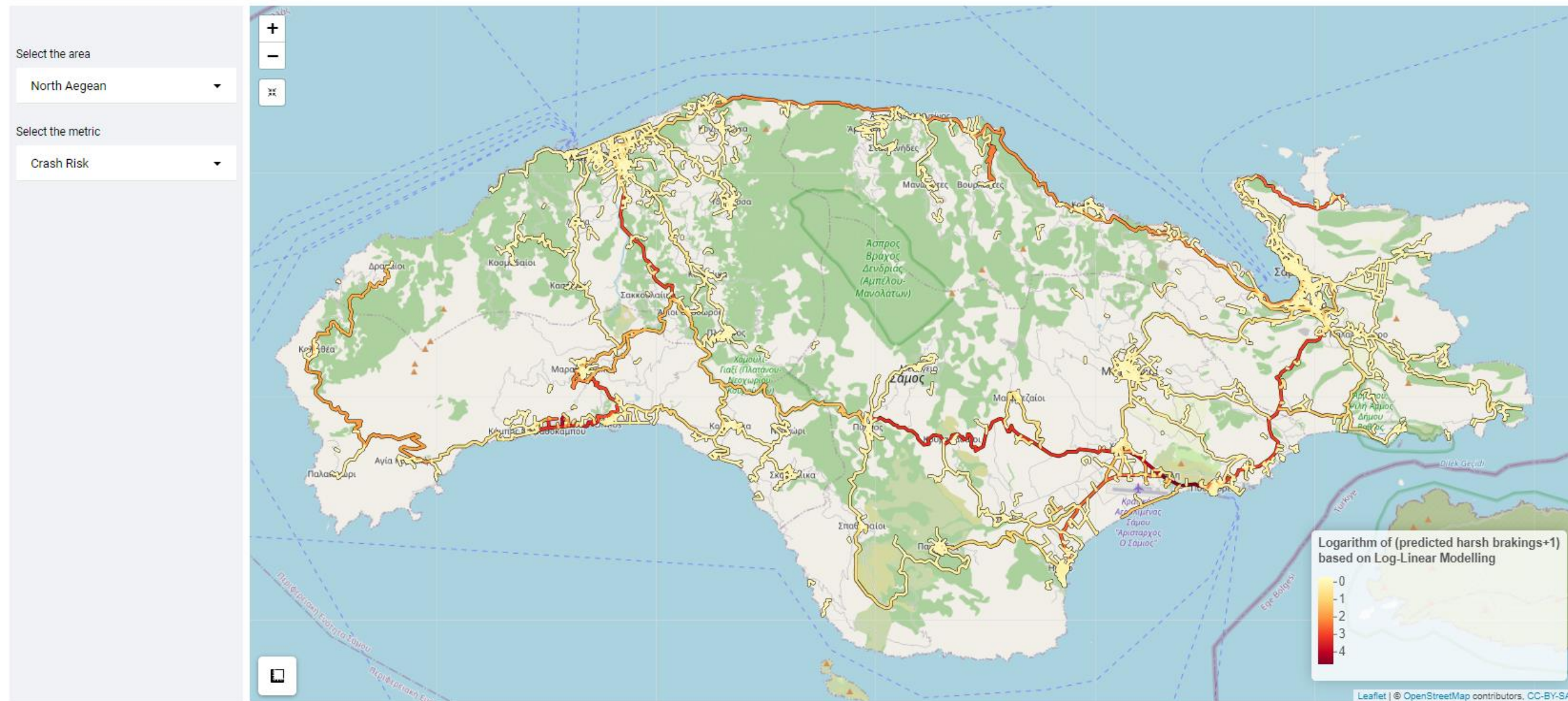


The SafeRoadsMap is a tool to promote safer and more environmentally friendly driving behavior, providing open and free access to interactive maps throughout Greece with readily accessible online information on road safety and eco-driving.

Select the area and the road safety metrics you would like to check.

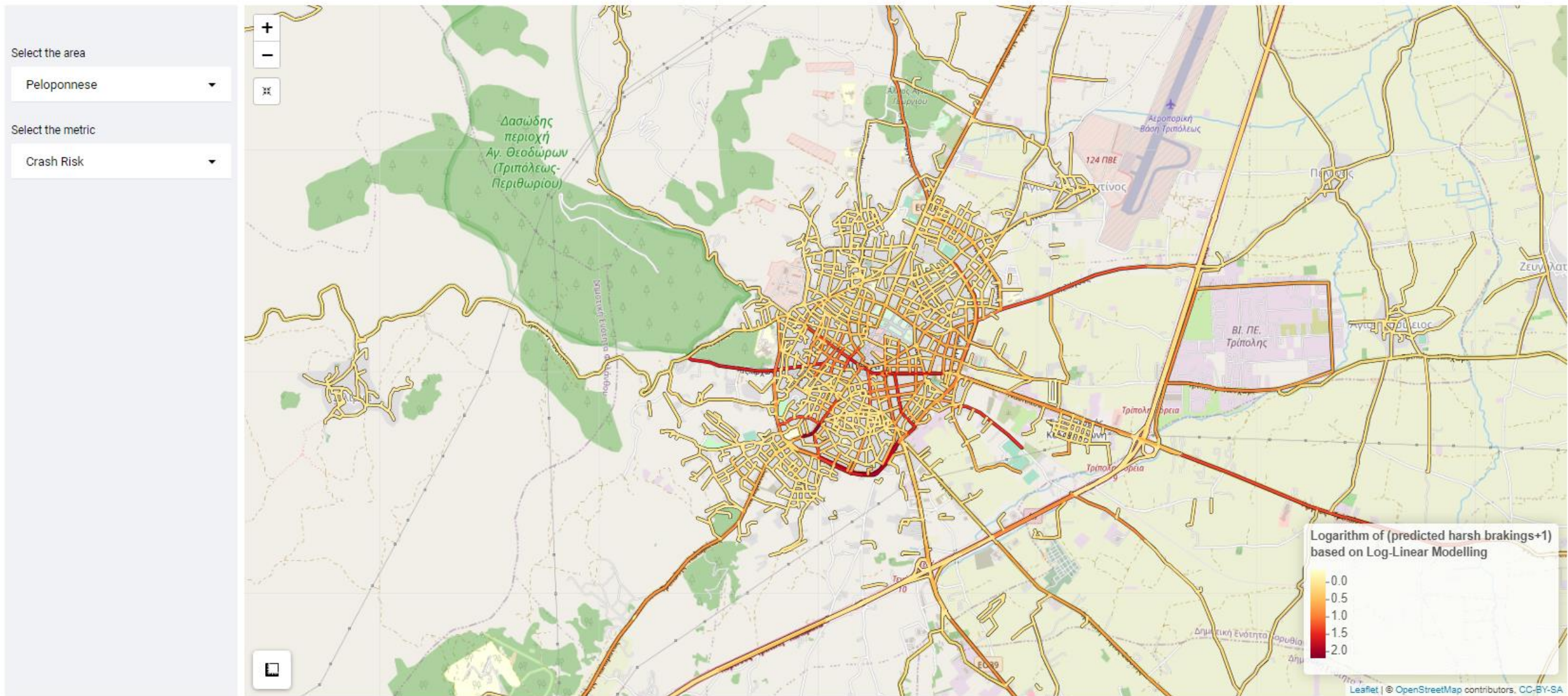


Select the area and the road safety metrics you would like to check.



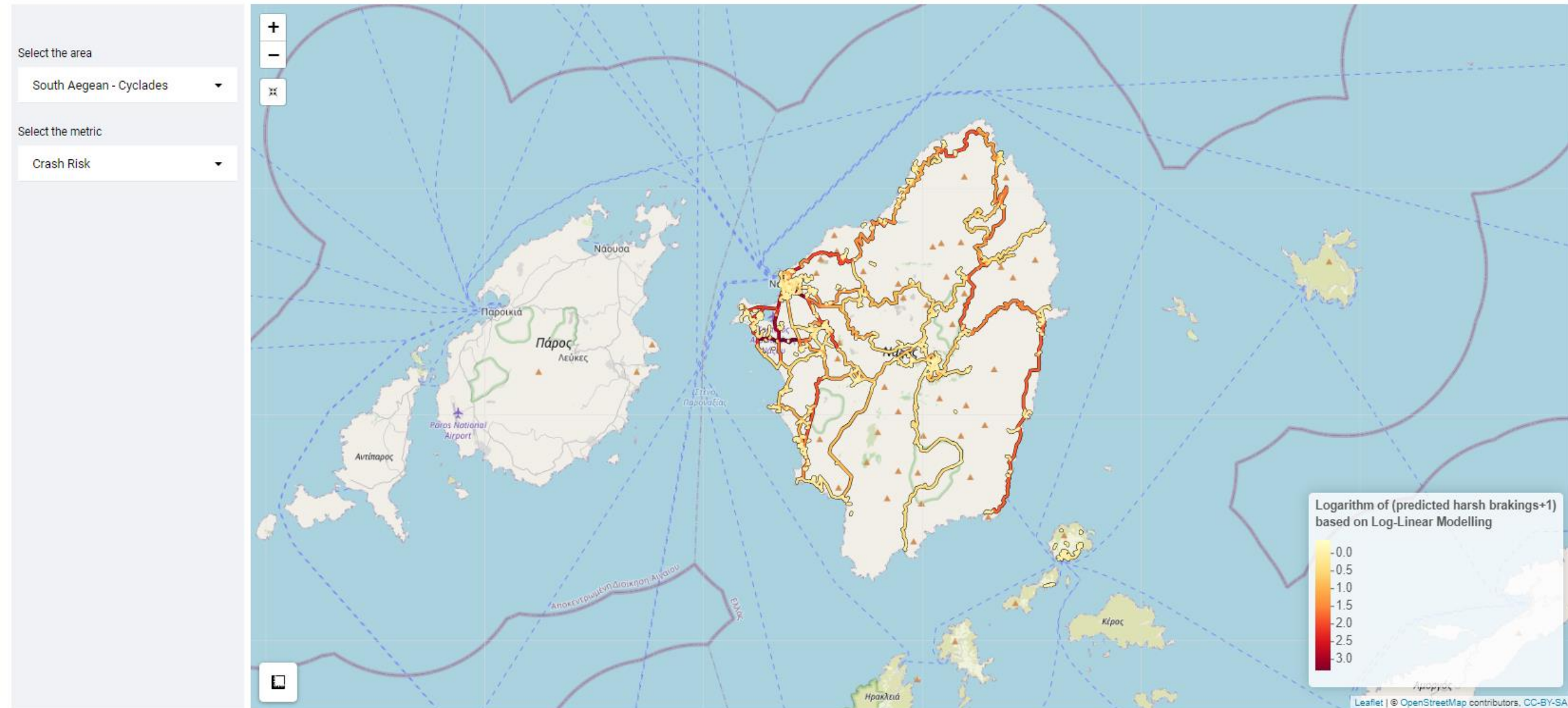
The SafeRoadsMap is a tool to promote safer and more environmentally friendly driving behavior, providing open and free access to interactive maps throughout Greece with readily accessible online information on road safety and eco-driving.

Select the area and the road safety metrics you would like to check.



The SafeRoadsMap is a tool to promote safer and more environmentally friendly driving behavior, providing open and free access to interactive maps throughout Greece with readily accessible online information on road safety and eco-driving.

Select the area and the road safety metrics you would like to check.



The SafeRoadsMap is a tool to promote safer and more environmentally friendly driving behavior, providing open and free access to interactive maps throughout Greece with readily accessible online information on road safety and eco-driving.

Select the area and the road safety metrics you would like to check.

Select the area

South Aegean - Dodecanese

Select the metric

Crash Risk



The SafeRoadsMap is a tool to promote safer and more environmentally friendly driving behavior, providing open and free access to interactive maps throughout Greece with readily accessible online information on road safety and eco-driving.

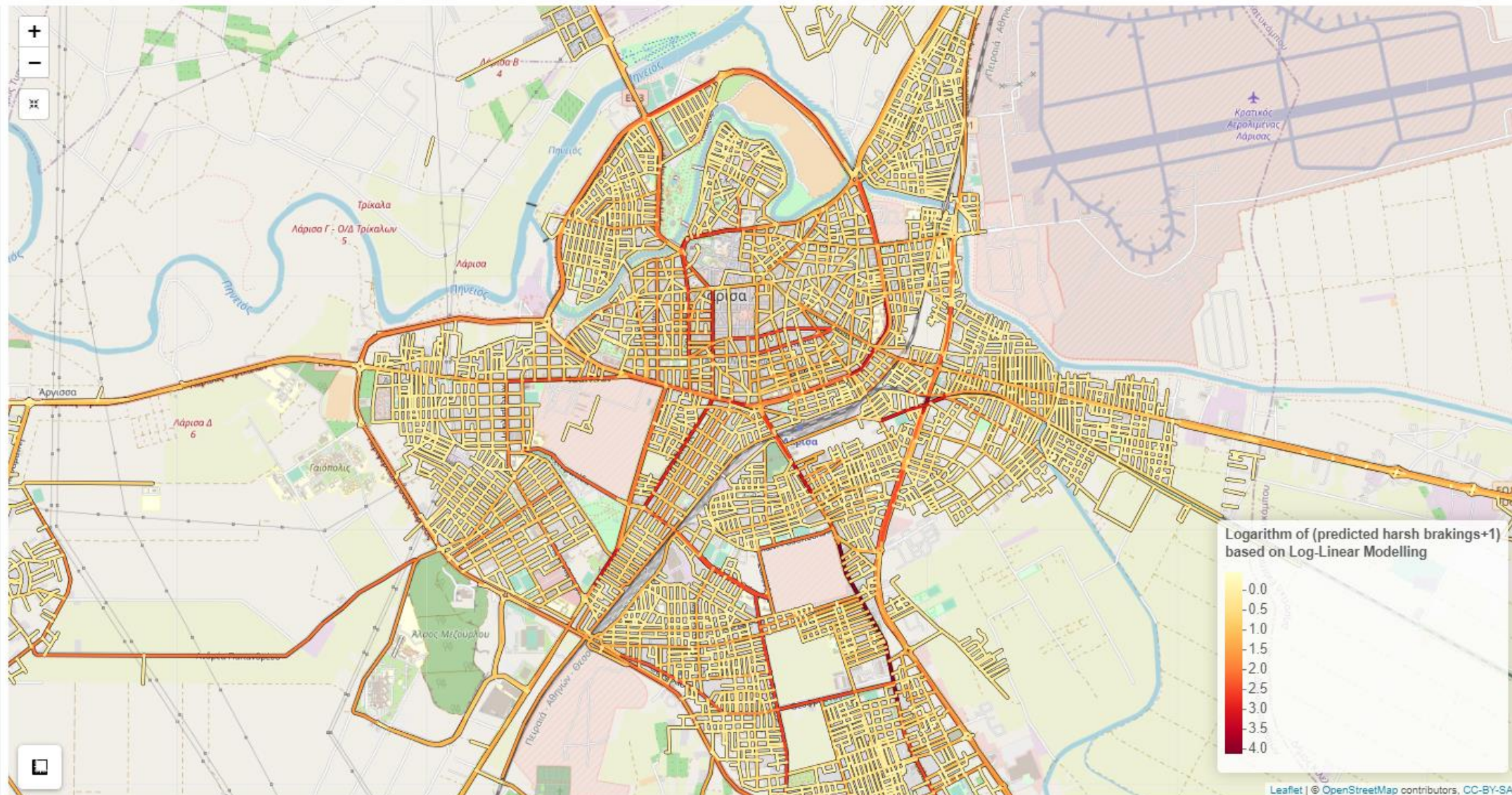
Select the area and the road safety metrics you would like to check.

Select the area

Thessaly

Select the metric

Crash Risk



The SafeRoadsMap is a tool to promote safer and more environmentally friendly driving behavior, providing open and free access to interactive maps throughout Greece with readily accessible online information on road safety and eco-driving.

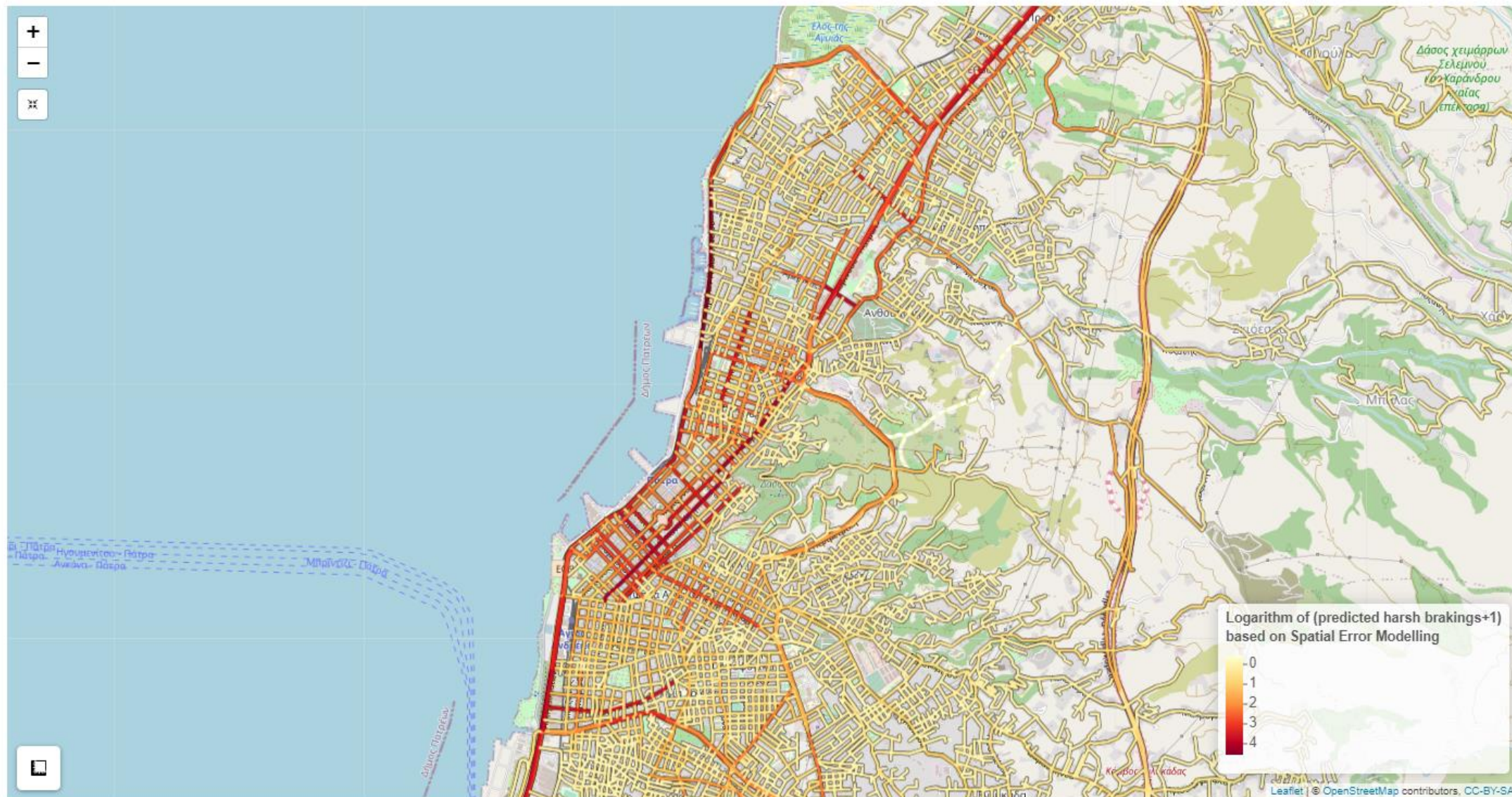
Select the area and the road safety metrics you would like to check.

Select the area

Western Greece

Select the metric

Crash Risk



The SafeRoadsMap is a tool to promote safer and more environmentally friendly driving behavior, providing open and free access to interactive maps throughout Greece with readily accessible online information on road safety and eco-driving.

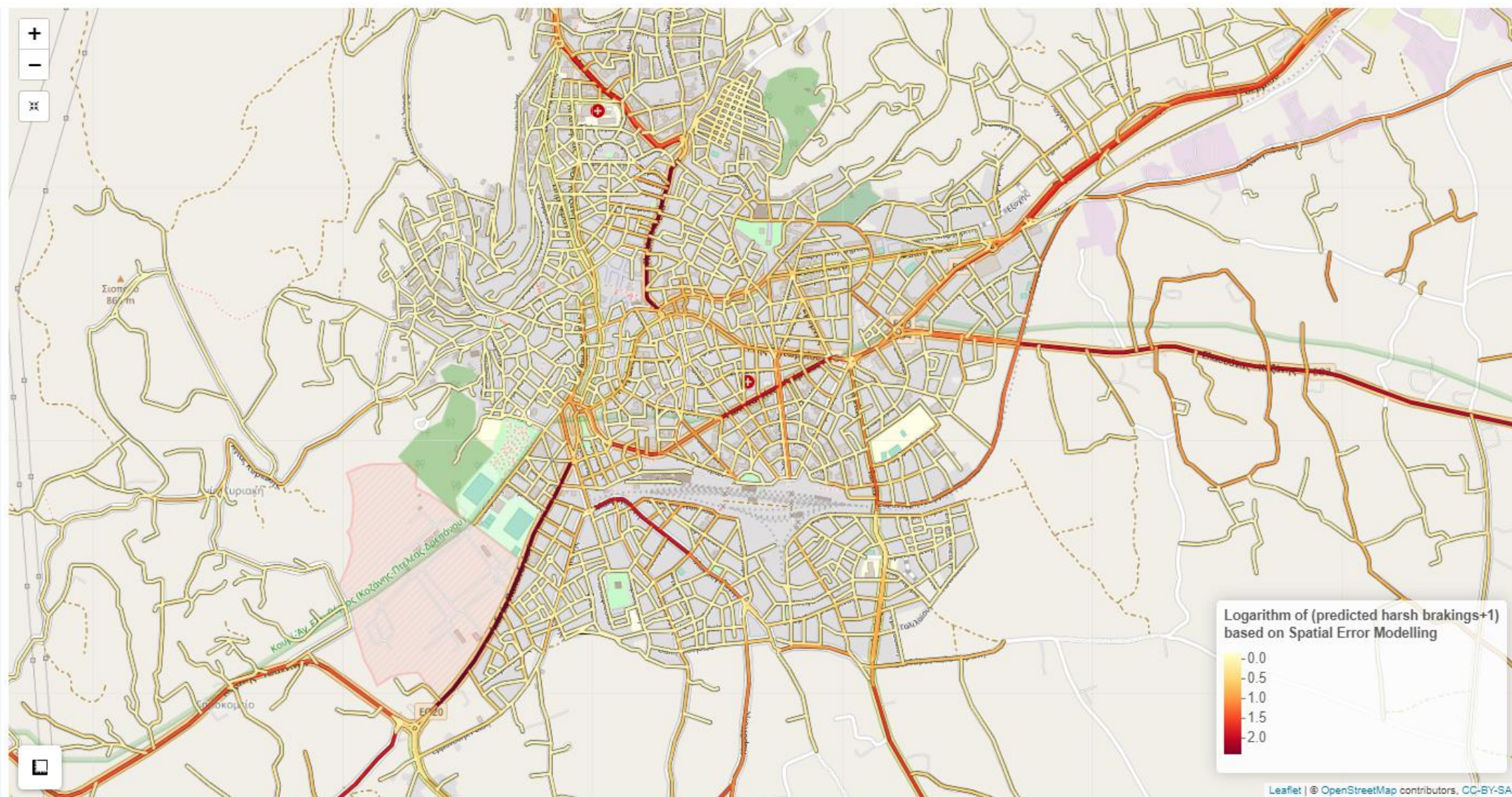
Select the area and the road safety metrics you would like to check.

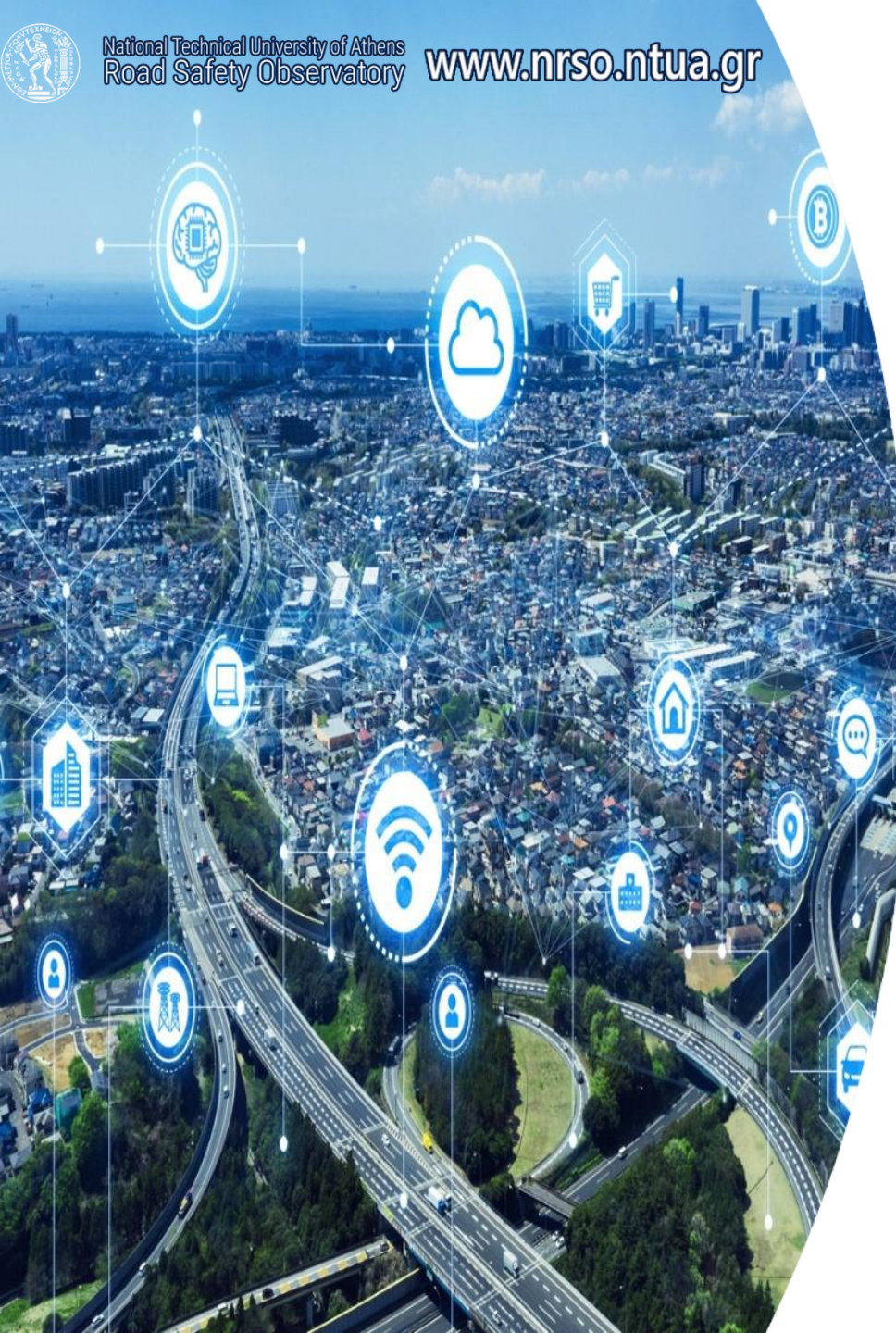
Select the area

Western Macedonia ▼

Select the metric

Crash Risk ▼





Ανάπτυξη αλγορίθμων πολυπαραμετρικών αναλύσεων οδηγικής συμπεριφοράς και επικινδυνότητας οδικών τμημάτων - SmartMaps

Δημήτριος Νικολάου, Ερευνητής

Μαζί με τους:

Απόστολο Ζιακόπουλο, Αρμίρα Κονταξή, Γιώργο Γιαννή

Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής,
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο