



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΙΣΟΠΕΔΟΥΣ ΚΟΜΒΟΥΣ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Δ. ΚΑΠΕΤΑΝΑΚΗΣ

Επιβλέπων: Γιώργος Δ. Γιαννής, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.
Αθήνα, Νοέμβριος 2011

ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ανάπτυξη μακροσκοπικών προτύπων
οδικών ατυχημάτων

Διερευνάται ο βαθμός επιρροής του ισόπεδου κόμβου
και άλλων παραμέτρων στον συνολικό αριθμό
ατυχημάτων

- ✓ Συνθήκες φωτισμού
- ✓ Ατμοσφαιρικές συνθήκες
- ✓ Τύπος ατυχήματος
- ✓ Ελιγμός οχήματος
- ✓ Ισόπεδος κόμβος
- ✓ Κεντρικό στηθαίο ασφαλείας
- ✓ Ανωφέρεια
- ✓ Κατωφέρεια

ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

- ✓ Καθορισμός Στόχου
- ✓ Βιβλιογραφική Ανασκόπηση
- ✓ Θεωρητικό Υπόβαθρο
- ✓ Συλλογή Στοιχείων
- ✓ Επιλογή Μεθοδολογίας
- ✓ Στατιστική Επεξεργασία
- ✓ Περιγραφή Αποτελεσμάτων
- ✓ Συμπεράσματα
- ✓ Προτάσεις – Περαιτέρω Έρευνα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

- Παρεμφερείς έρευνες στο Εξωτερικό και στην Ελλάδα



Η συχνότητα των ατυχημάτων εμφανίζεται αυξημένη για:

Σε σηματοδοτούμενους κόμβους

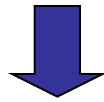
- ✓ Μη ελεγχόμενη αριστερή λωρίδα
- ✓ Μεγάλο αρ. φάσεων ανά κύκλο
- ✓ Κακή κατάσταση οδικού φωτισμού
- ✓ Δίκυκλα
- ✓ Ηλικία
- ✓ Κόμβοι μορφής T ή Y

Σε μη σηματοδοτούμενους κόμβους

- ✓ Αυξημένη ΕΜΗΚ στην κύρια οδό
- ✓ Αυξημένο επίπεδο ελέγχου κόμβου

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ (1/3)

➤ Μέθοδος Ανάλυσης



Λογαριθμοκανονική ανάλυση (lognormal analysis)

$$\text{Log}y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i$$

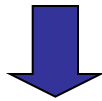
- Εξαρτημένη: Αριθ. Ατυχημάτων (Συνεχής)
- Ανεξάρτητες: 7 μεταβλητές (διακριτές)

➤ Στατιστικοί Έλεγχοι

- ✓ Συντελεστές β_i (Λογική ερμηνεία)
- ✓ Στατιστική αξιοπιστία (Έλεγχος t-test: $t = \beta_i / \text{s.e.}$)
- ✓ Ποιότητα προτύπου (Συντελεστής καλής προσαρμογής R^2)
- ✓ Σφάλμα της εξίσωσης
- ✓ Βαθμός επιρροής ανεξ. μεταβλ. (Σχετική επιρροή $e_i = \beta_i (X_i / Y_i)$)

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ (2/3)

➤ Μέθοδος Ανάλυσης



Λογαριθμογραμμική ανάλυση (loglinear analysis)

$$\text{Log}y = \beta x_i + \alpha + \varepsilon$$

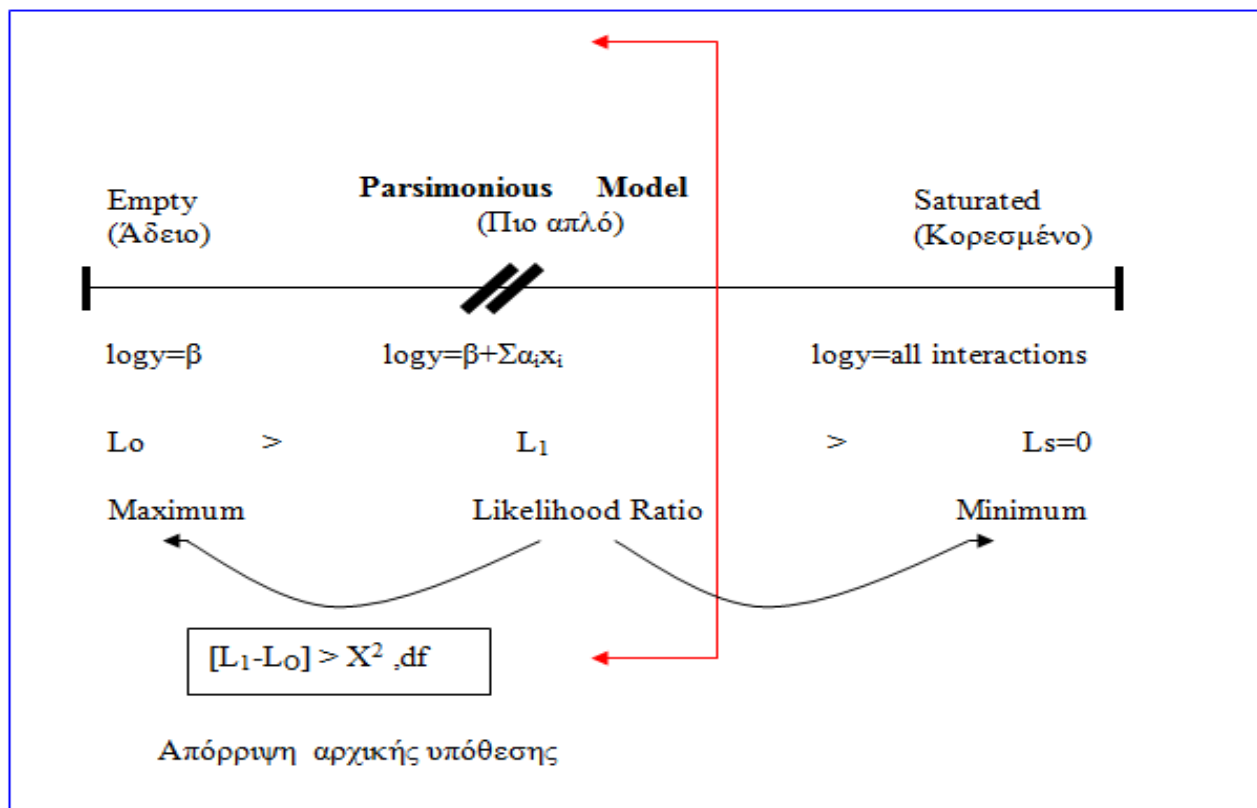
- Εξαρτημένη: Αριθ. Ατυχημάτων (Συνεχής)
- Ανεξάρτητες: 5 μεταβλητές (διακριτές)

➤ Στατιστικοί Έλεγχοι

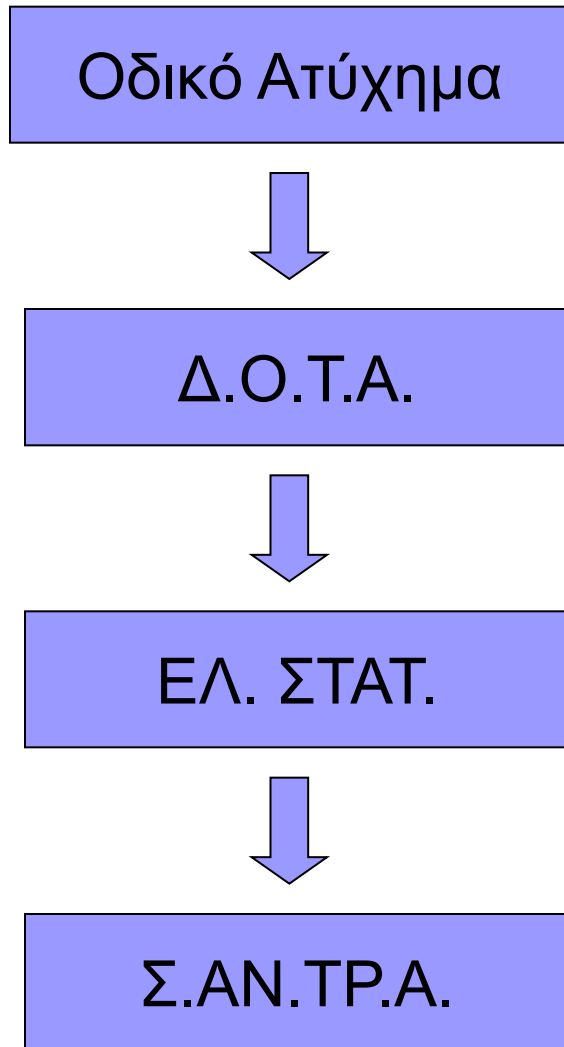
- ✓ Συντελεστές β_i
- ✓ Στατιστική σημαντικότητα (Τιμή ελέγχου: $Z^* = \beta_i / \text{std. error}$)
- ✓ Τιμές εκτιμήσεων των παραμέτρων (λόγος σχετικών πιθανοτήτων: e^{β_i})
- ✓ Ποιότητα του προτύπου (Likelihood ratio test)
- ✓ Εξέταση αλληλεπιδράσεων των παραμέτρων ανά δύο (2 – Way)

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ (3/3)

ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ



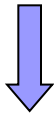
ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ



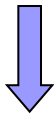
- Η συλλογή στοιχείων έγινε μέσω του **Συστήματος Ανάλυσης Τροχαίων Ατυχημάτων (Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α)**
- Περιέχει στοιχεία οδικών ατυχημάτων που συνέβησαν στην Ελλάδα για την περίοδο 1985-2009
- Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν ατυχήματα για την περίοδο 1996-2007

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

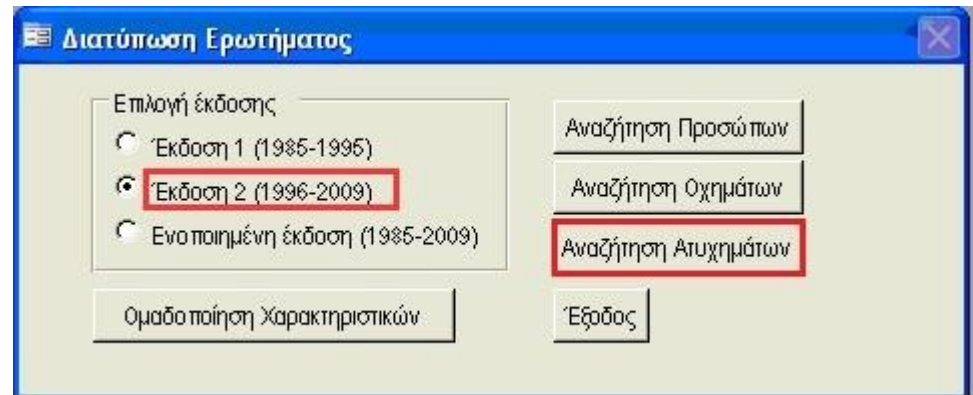
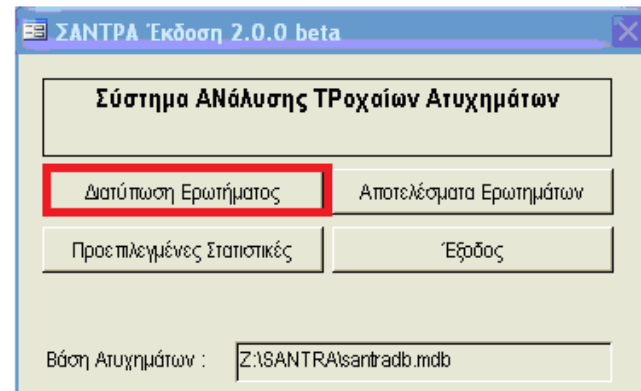
Σ.ΑΝ.ΤΡ.Α.



Microsoft Excel



SPSS



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΡΧΙΚΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ

- ✓ Οι συχνότεροι τύποι ατυχημάτων σε κόμβο είναι: 1) πλαγιομετωπική σύγκρουση, 2) παράσυρση πεζού, 3) πλάγια σύγκρουση, 4) πρόσκρουση σε σταθερό όχημα/αντικείμενο
- ✓ Από το σύνολο των ατυχημάτων, εκείνα που συμβαίνουν εκτός κόμβου είναι συνήθως διπλάσια ή υπερδιπλάσια από εκείνα που συμβαίνουν εντός κόμβου, σε όλους τους τύπους ατυχημάτων εκτός της πλαγιομετωπικής και της πλάγιας σύγκρουσης
- ✓ Τη μέρα, τα περισσότερα ατυχήματα παρατηρούνται εντός κόμβου, ενώ τη νύχτα εκτός κόμβου

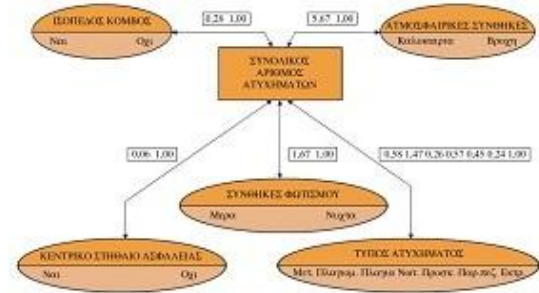
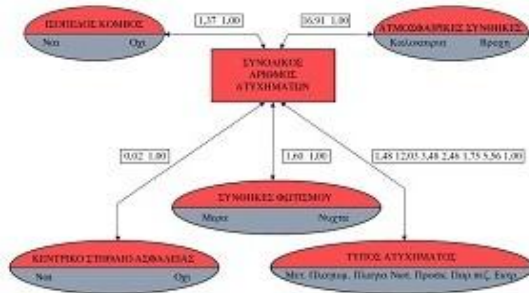
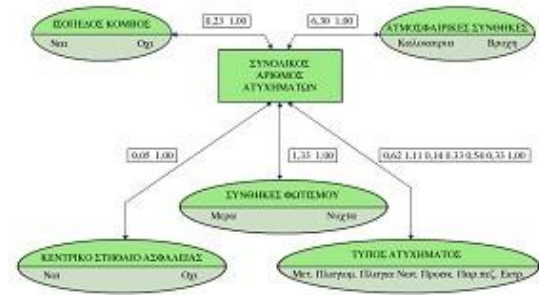
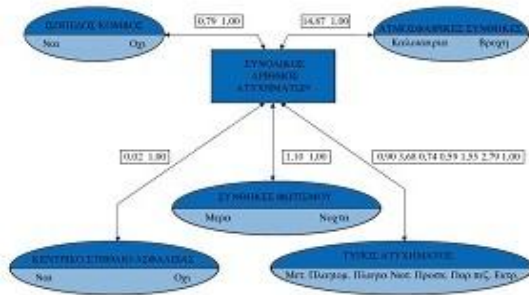
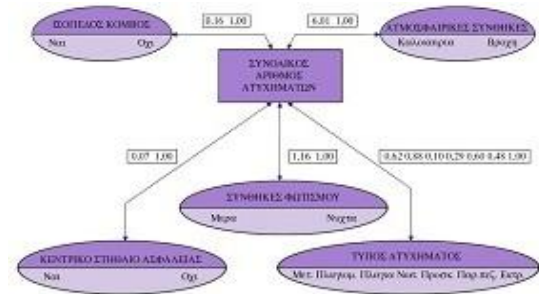
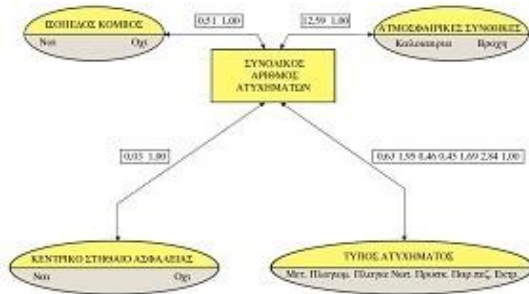
ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Μεταβλητές	Εντός κατοικημένης περιοχής								Εκτός κατοικημένης περιοχής							
	με νεκρούς								με νεκρούς							
	Εκτός Κόμβου				Εντός Κόμβου				Εκτός Κόμβου				Εντός Κόμβου			
	β _i	t _i	e _i	e _r	β _i	t _i	e _i	e _r	β _i	t _i	e _i	e _r	β _i	t _i	e _i	e _r
Σταθερά	0,663	22,099	-	-	0,755	15,095	-	-	0,734	27,606	-	-	0,629	13,247	-	-
Μετωπική σύγκρουση	-	-	-	-	-0,159	-1,841	-0,032	-1,64	-	-	-	-	-0,127	-1,891	-0,049	-3,99
Πλάγια σύγκρουση	-0,147	-2,479	-0,025	-1	-0,2	-2,546	-0,044	-2,26	-0,285	-5,398	-0,041	-1,73	-0,328	-4,182	-0,081	-6,59
Νυτομετωπική σύγκρουση	-0,14	-2,591	-0,029	-1,18	-0,344	-4,62	-0,087	-4,51	-0,083	-2,132	-0,023	-1	-0,195	-2,81	-0,069	-5,63
όχημα/αντικειμ.	-	-	-	-	-0,178	-3,106	-0,088	-4,56	-	-	-	-	-0,273	-4,803	-0,181	-14,79
Παράσυρση πεζού	0,158	-2,479	0,075	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,108	-1,726	-0,058	-4,73
Εκτροπή από την οδό	-	-	-	-	-0,266	-3,811	-0,079	-4,06	0,134	4,41	0,069	2,95	-0,134	-2,261	-0,077	-6,3
Άλλος τύπος ατυχ.	-	-	-	-	-0,282	-4,217	-0,093	-4,79	-	-	-	-	-0,224	-3,514	-0,101	-8,23
Κανονική πορεία	-0,069	-2,591	-0,04	-1,6	-0,165	-3,17	-0,104	-5,38	-0,149	-4,726	-0,073	-3,11	-0,178	-3,496	-0,121	-9,94
Είσοδος στο αντίθετο ρεύμα	-0,11	-2,901	-0,055	-2,21	-0,285	-4,167	-0,1	-5,16	-	-	-	-	-0,173	-3,518	-0,125	-10,26
Υπέρβαση ορίου ταχύτητας	-	-	-	-	-0,133	-2,631	-0,091	-4,7	-0,054	-1,863	-0,033	-1,4	-0,114	-2,416	-0,092	-7,55
Κεντρικό στηθαίο ασφαλείας	-0,389	-8,263	-0,113	-4,56	-0,368	-4,865	-0,081	-4,18	-0,35	-1,863	-0,196	-8,36	-0,32	-5,609	-0,13	-10,63
Ανωφέρεια ομαλή	-0,365	-8,961	-0,155	-6,21	-0,377	-6,322	-0,148	-7,61	-0,309	-9,241	-0,132	-5,64	-0,334	-6,567	-0,182	-14,86
Ανωφέρεια με μεγάλη κλίση	-0,631	-6,75	-0,042	-1,67	-0,705	-3,441	-0,019	-1	-0,546	-7,908	-0,045	-1,91	-0,573	-2,419	-0,012	-1
Κατωφέρεια ομαλή	-0,312	-8,072	-0,147	-5,89	-0,387	-6,702	-0,165	-8,5	-0,308	-10,056	-0,169	-7,23	-0,241	-4,691	-0,126	-10,33
Κατωφέρεια με μεγάλη κλίση	-0,567	-7,88	-0,066	-2,64	-0,613	-4,637	-0,042	-2,17	-0,495	-9,203	-0,07	-3,01	-0,431	-2,848	-0,023	-1,88
Μέρα	0,159	5,056	0,138	5,55	0,199	4,655	0,199	10,25	0,213	8,098	0,184	7,88	0,22	5,902	0,317	25,96
Σούρουπο	-0,159	-3,424	-0,048	-1,92	-0,141	-2,111	-0,043	-2,24	-0,111	-2,942	-0,034	-1,44	-0,098	-1,804	-0,047	-3,86
Βροχή	-0,337	-9,398	-0,196	-7,86	-0,302	-5,379	-0,137	-7,05	-0,279	-10,029	-0,194	-8,28	-0,299	-7,135	-0,265	-21,7
Άλλες ατυμ. συνθήκες	-0,432	-8,879	-0,115	-4,63	-0,414	-6,139	-0,122	-6,31	-0,425	-12,066	-0,158	-6,76	-0,33	-5,687	-0,134	-10,96
R ²	0,275				0,299				0,282				0,348			

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

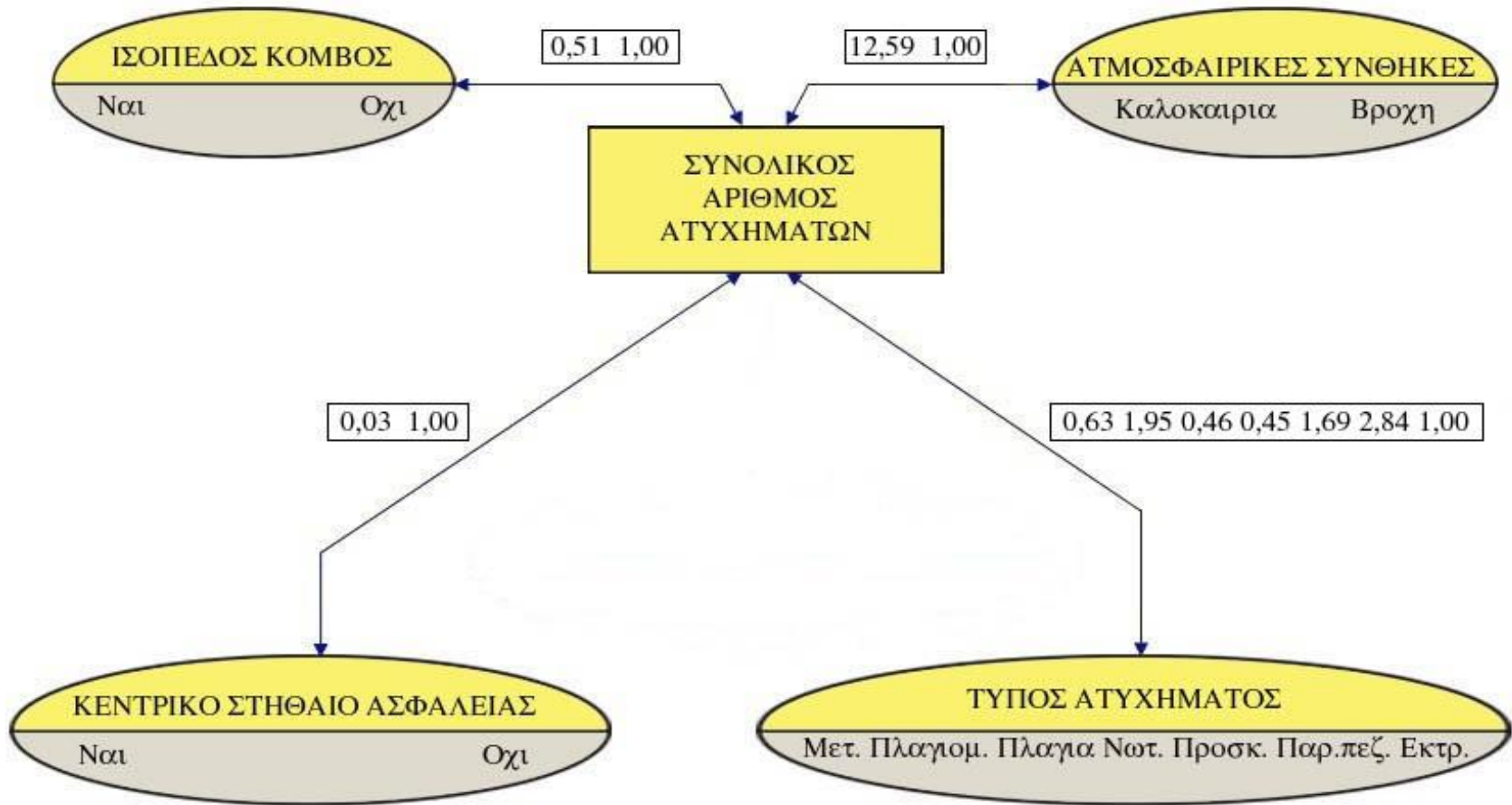
- ✓ Οι μεταβλητές με τη σημαντικότερη επιρροή είναι: α) Βροχή, β) Μέρα, γ) Ανωφέρεια ομαλή, δ) Κατωφέρεια ομαλή, ε) Κεντρικό στηθαίο ασφαλείας
- ✓ Η επιρροή της ανωφέρειας με μεγάλη κλίση σε σχέση με την ομαλή ανωφέρεια έχει υπερδιπλάσια επιρροή εκτός κόμβου σχετικά με εντός κόμβου. Παραπλήσια και η επιρροή της κατωφέρειας με μεγάλη κλίση σε σχέση με την ομαλή κατωφέρεια
- ✓ Η επιρροή της βροχής σε σχέση με τις άλλες ατμοσφαιρικές συνθήκες, είναι εκτός κατοικημένης περιοχής μεγαλύτερη εντός κόμβου σε σχέση με εκτός κόμβου, ενώ σε κατοικημένη περιοχή συμβαίνει το αντίθετο
- ✓ Η επιρροή της μέρας σε σχέση με το σούρουπο είναι αυξημένη εντός κόμβου σε σχέση με εκτός κόμβου για τα ατυχήματα με νεκρούς
- ✓ Η επιρροή της παράσυρσης πεζού σε σχέση με την υπέρβαση του ορίου ταχύτητας είναι μεγαλύτερη εντός κόμβου σε σχέση με εκτός κόμβου εκτός κατοικημένης περιοχής.

ΠΡΟΤΥΠΑ ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

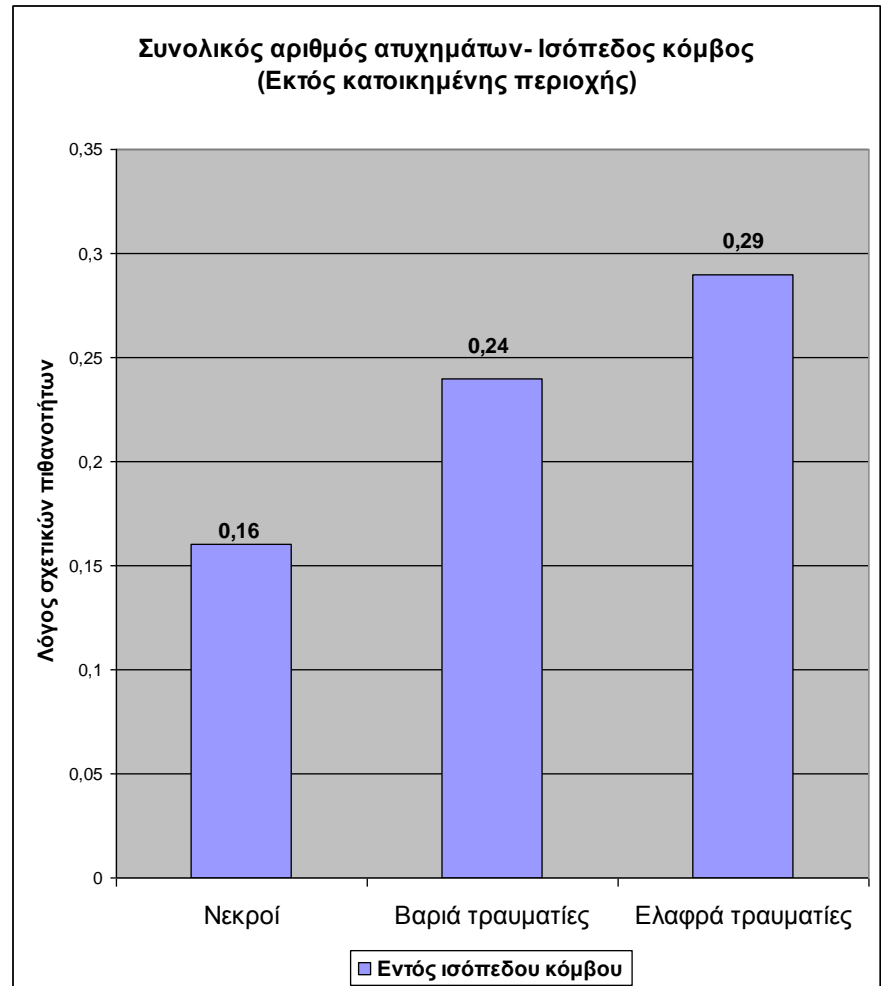
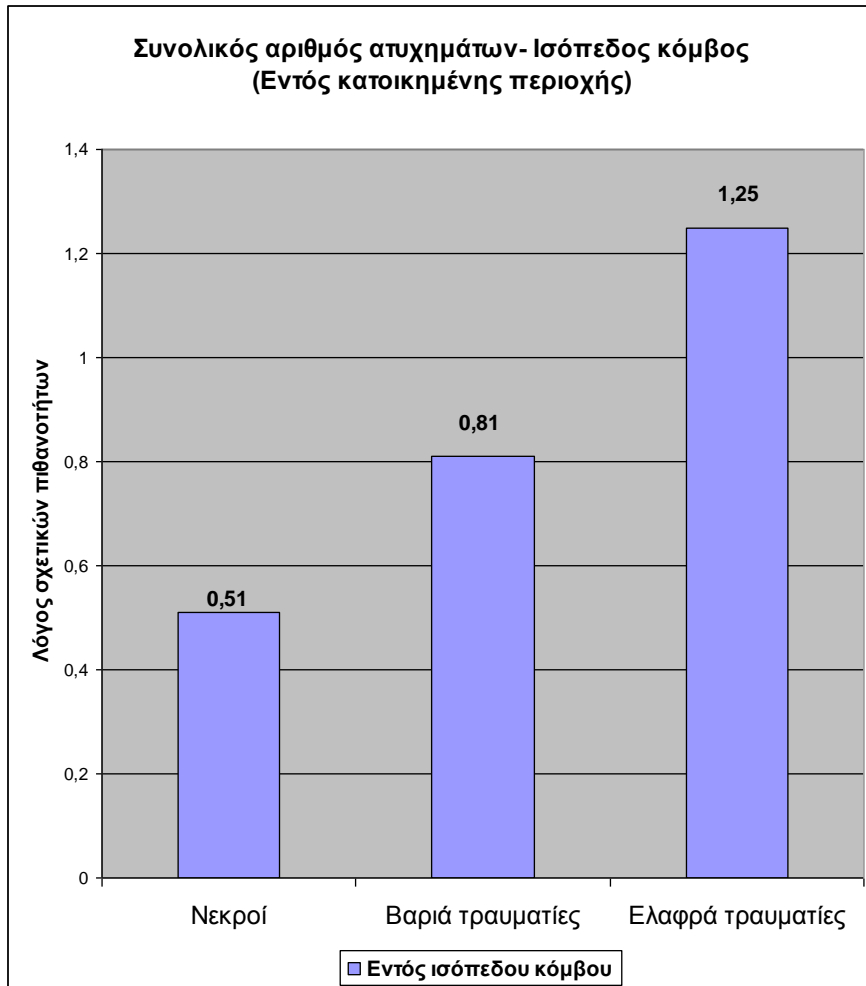


1^ο ΠΡΟΤΥΠΟ

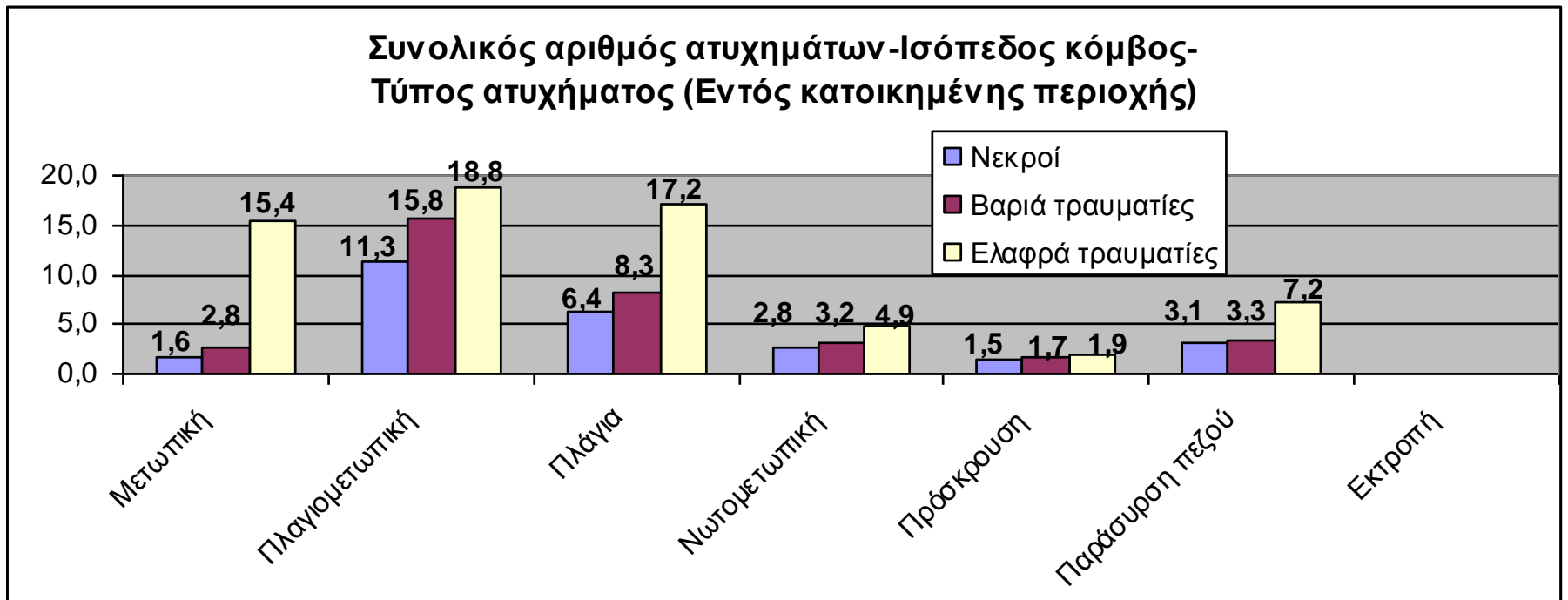
(Ατυχήματα με νεκρούς εντός κατοικημένης περιοχής)



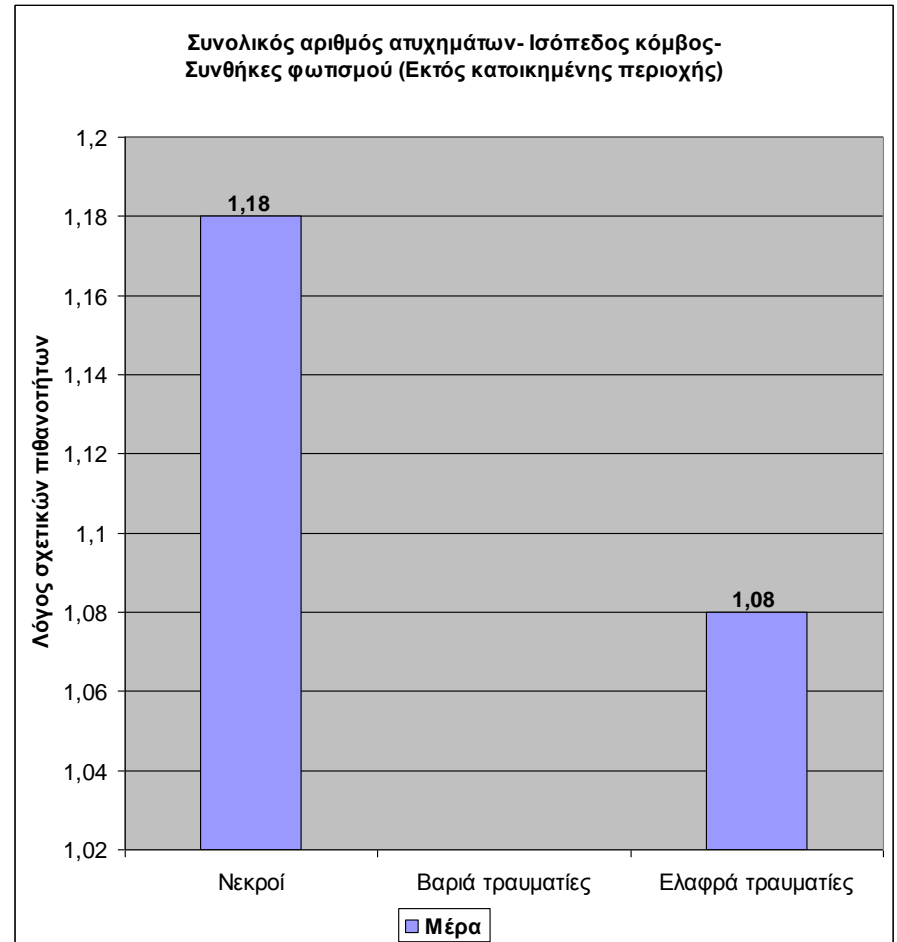
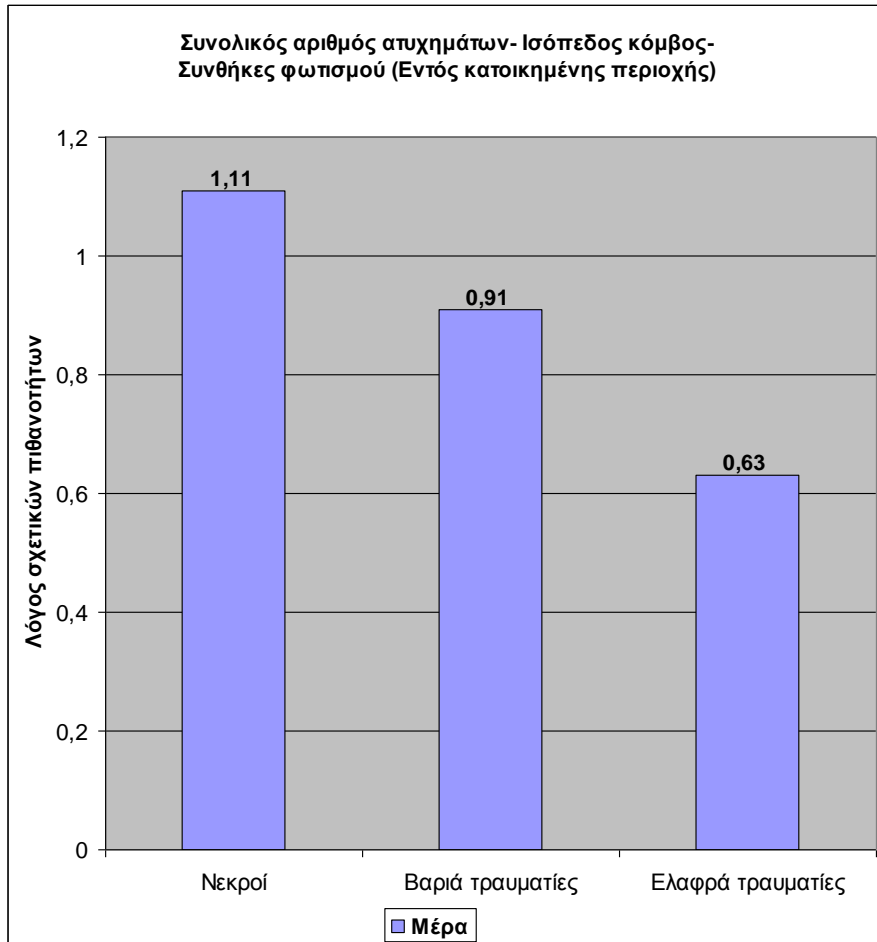
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (1/3)



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (2/3)



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (3/3)



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

(Συσχέτιση όλων των παραμέτρων)

- ✓ Η πιθανότητα για περισσότερα θανατηφόρα ατυχήματα είναι μεγαλύτερη εκτός κόμβου από ότι εντός κόμβου
- ✓ Η πιθανότητα να συμβεί ατύχημα αυξάνεται όσο μειώνεται η σοβαρότητα του ατυχήματος εντός κόμβου
- ✓ Η πιθανότητα να συμβεί ατύχημα εντός κόμβου σε σχέση με εκτός κόμβου είναι σημαντικά μικρότερη εκτός κατοικημένης περιοχής σε σχέση με εντός κατοικημένης περιοχής

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

(Συσχέτιση παραμέτρων ανά δύο)

- ✓ Όλες οι τιμές του τύπου ατυχήματος έχουν σημαντικά αυξημένη πιθανότητα ατυχήματος σε σχέση με την εκτροπή από την οδό, εντός κόμβου σε σχέση με εκτός κόμβου
- ✓ Οι τιμές του τύπου ατυχήματος με τη μεγαλύτερη πιθανότητα ατυχήματος σε σχέση με την εκτροπή από την οδό, εντός κόμβου σε σχέση με εκτός κόμβου είναι: α) πλαγιομετωπική σύγκρουση, β) πλάγια σύγκρουση, γ) μετωπική σύγκρουση, δ) νωτομετωπική σύγκρουση και παράσυρση πεζού
- ✓ Το κεντρικό στηθαίο ασφαλείας μειώνει την πιθανότητα ατυχήματος εντός κόμβου σε σχέση με εκτός κόμβου, τουλάχιστον κατά 25%
- ✓ Η χρήση της οδού τη μέρα σε σχέση με τη νύχτα, εντός κόμβου σε σχέση με εκτός κόμβου, αυξάνει την πιθανότητα ατυχήματος με νεκρούς
- ✓ Η χρήση οδού σε καλοκαιρία σε σχέση με τη βροχή, εντός κόμβου σε σχέση με εκτός κόμβου, αυξάνει την πιθανότητα ατυχήματος

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

- ✓ Αποτελεσματική και συστηματική αστυνόμευση
- ✓ Μέτρα προστασίας κίνησης των πεζών
- ✓ Σωστή διαμόρφωση κόμβων
- ✓ Βελτιστοποίηση σηματοδότησης
- ✓ Βελτίωση ορατότητας στους κόμβους
- ✓ Απαγόρευση στάθμευσης πλησίον κόμβων

ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

- ✓ Εξέταση διαφορετικών παραμέτρων στην επιρροή της συχνότητας και της σοβαρότητας οδικών ατυχημάτων
- ✓ Μελέτη περισσότερων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μεταβλητών
- ✓ Χρήση διαφορετικών στατιστικών μεθόδων
- ✓ Έλεγχος συχνότητας και σοβαρότητας “πρίν” και “μετά” την επιβολή των προτεινόμενων μέτρων σε κόμβους
- ✓ Χρήση προσομοιωτή οδήγησης



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΙΣΟΠΕΔΟΥΣ ΚΟΜΒΟΥΣ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Δ. ΚΑΠΕΤΑΝΑΚΗΣ

Επιβλέπων: Γιώργος Δ. Γιαννής, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.
Αθήνα, Νοέμβριος 2011