



Οδική ασφάλεια

Ενότητα 1: Εισαγωγή

Διάλεξη 1.2: Εισαγωγή στη μεθοδολογία εκτίμησης
συχνότητας συγκρούσεων

Ευτυχία Ναθαναήλ

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Στόχος

- Αναδρομή
- Ανασκόπηση του εγχειριδίου
- Μεθοδολογία πρόβλεψης για την οδική ασφάλεια



Περιεχόμενα

- Τι σημαίνει ασφάλεια
- Πλαίσια ανάλυσης ασφάλειας
- Προσέγγιση ανάλυσης ασφάλειας
- Η σπουδαιότητα της ανάλυσης της ασφάλειας στο σχεδιασμό οδικής υποδομής
- Αναπτύσσοντας το εγχειρίδιο οδικής ασφάλειας

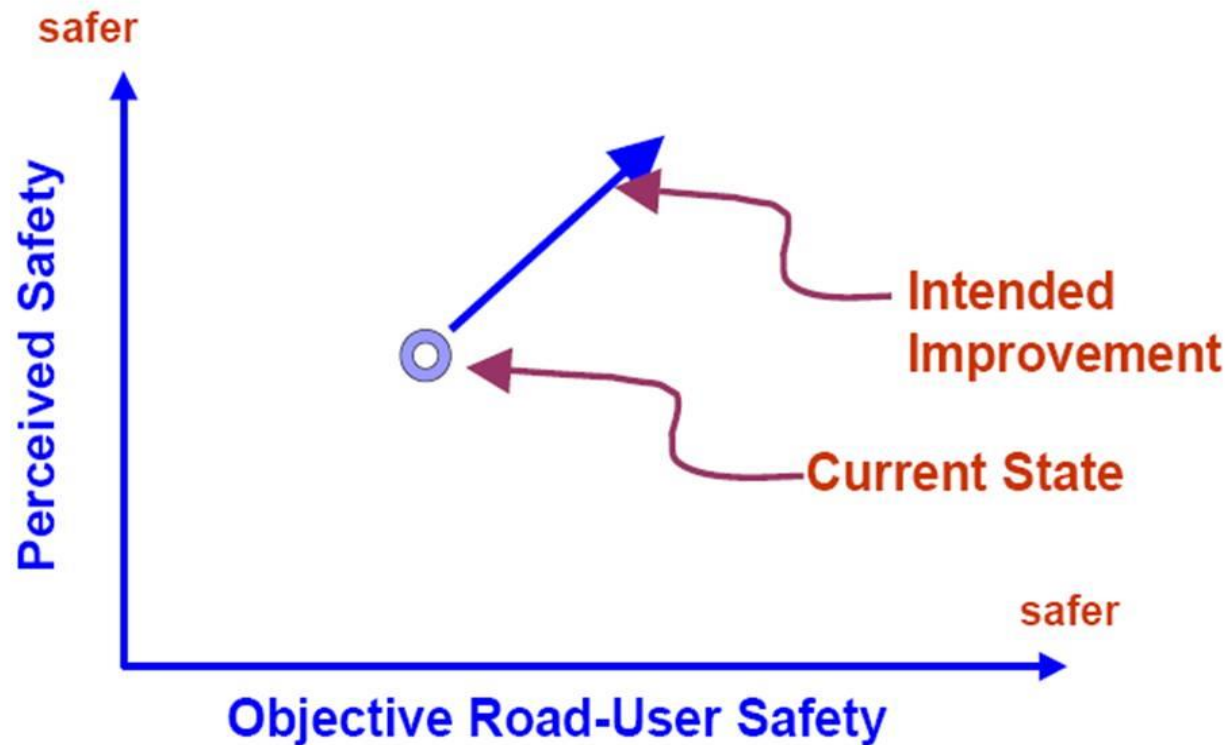


Υποκειμενική και αντικειμενική ασφάλεια

- Υποκειμενική: Πως αισθάνεται ο χρήστης
- Υποκειμενική: Πόσο ασφαλής πιστεύουμε ότι είναι ο σχεδιασμός, σύμφωνα με τις προδιαγραφές
- Αντικειμενικός δείκτης:
 - Αναμενόμενος αριθμός ατυχημάτων ανά τύπο και σοβαρότητα



Υποκειμενική και αντικειμενική ασφάλεια (συνέχεια)



Adapted from Hauer, Observational Before-After Studies in Road Safety

Εικόνα 1.2.1: Υποκειμενική και αντικειμενική ασφάλεια

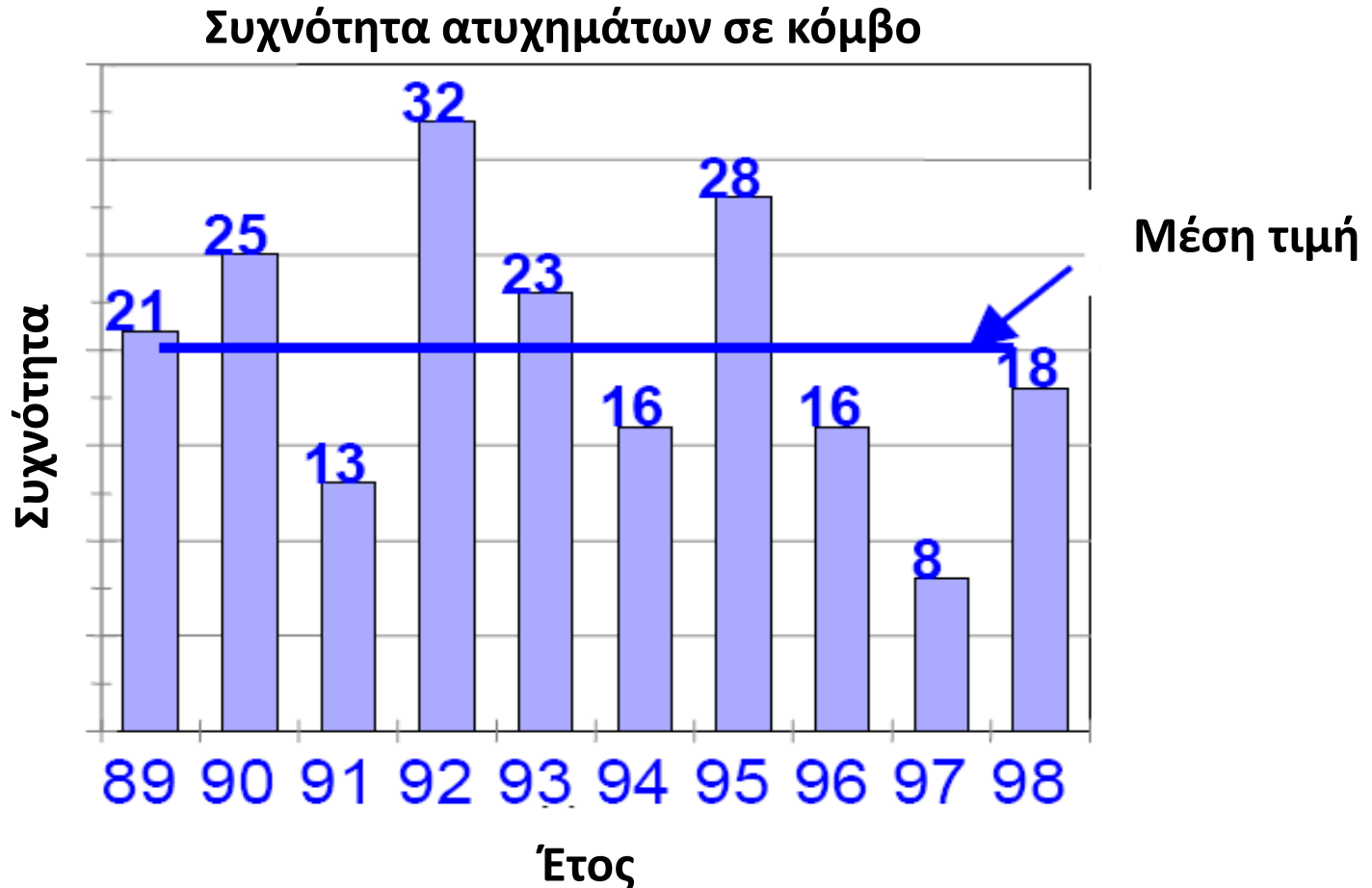


Αντικειμενικός δείκτης ασφάλειας

- Τα ατυχήματα είναι τυχαία γεγονότα
- Υπάρχει τυχαιότητα του μέσου για δεδομένο χρόνο και κατάσταση
- Η τυχαιότητα διαμορφώνει
«παλινδρόμηση περί το μέσο»
- Η πιο σταθερή τιμή είναι η «αναμενόμενη τιμή»
βάσει ιστορικών στοιχείων και πρόβλεψης

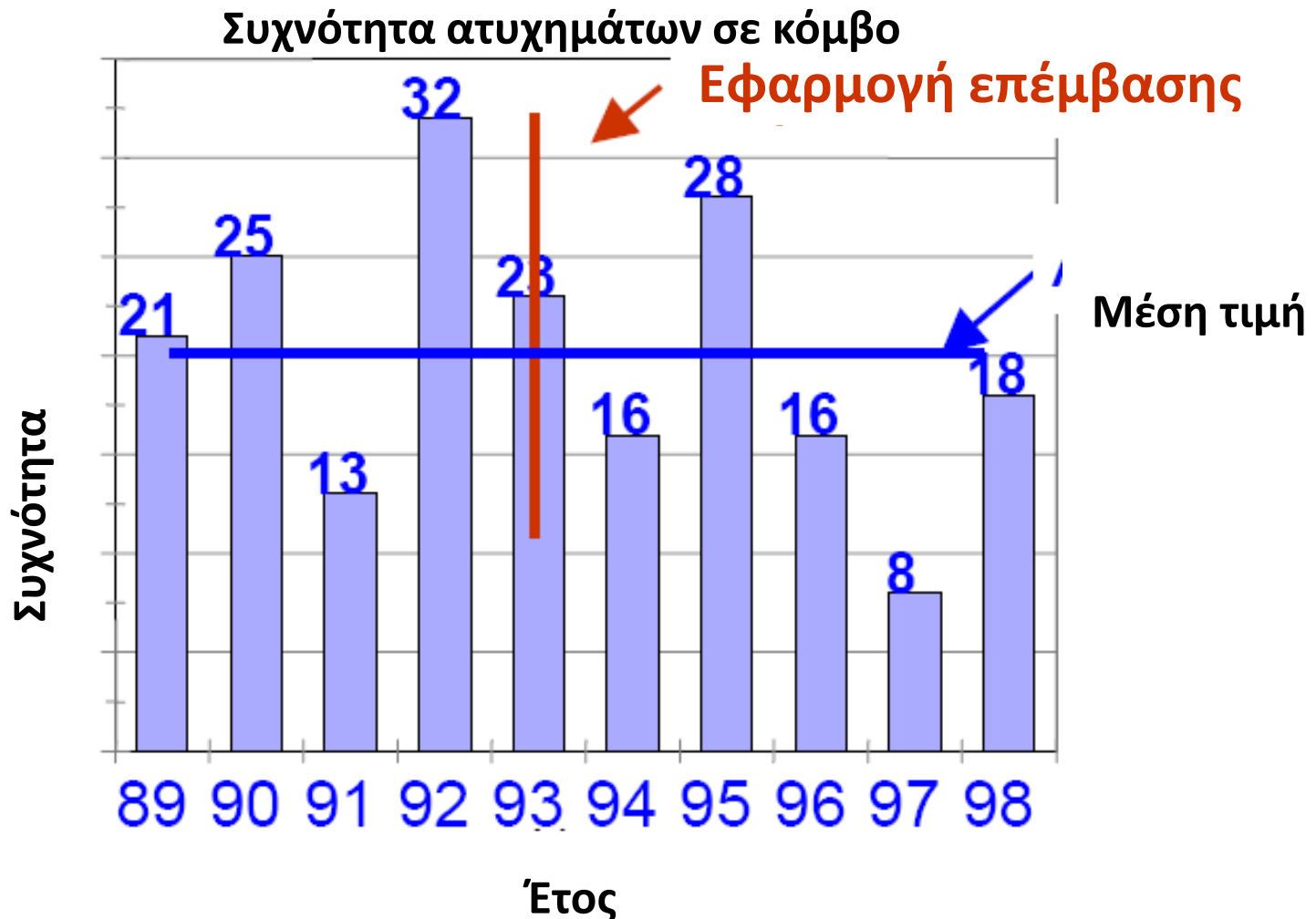


Τυχαία μεταβλητότητα ετήσιων μετρήσεων



Εικόνα 1.2.2: Τυχαία μεταβλητότητα ετήσιων μετρήσεων

Παλινδρόμηση περί το μέσο



Εικόνα 1.2.3: Παλινδρόμηση περί το μέσο

Η προσέγγιση BAYES στην αναμενόμενη τιμή της ασφάλειας

- Χρησιμοποίηση 2 πηγών για την αναμενόμενη τιμή
 - Αναφορές ατυχημάτων στη θέση
 - Αναμενόμενη συχνότητα ατυχημάτων σε αντίστοιχες θέσεις χρησιμοποιώντας εξίσωση απόδοσης ασφάλειας (safety performance function)
- Αναμενόμενη τιμή = σταθμισμένη μέση τιμή των δύο πηγών



Η προσέγγιση BAYES στην αναμενόμενη τιμή της ασφάλειας (συνέχεια)

- Αναμενόμενος αριθμός ατυχημάτων σε μία θέση

$$A_E = W \times A_{ES} + (1 - W) \times A_C$$

Όπου:

W = βάρος ($0 \leq W \leq 1$)

A_{ES} = αναμενόμενα ατυχήματα σε παρόμοιες θέσεις

A_C = μετρημένα ατυχήματα στη θέση



Εξίσωση απόδοσης ασφάλειας

- Εξίσωση εκτίμησης μέσου αριθμού ατυχημάτων ανά χλμ ανά έτος
- Εξίσωση χαρακτηριστικών της υποδομής (μέση ημερήσια κυκλοφορία (ΜΗΚ), πλάτος λωρίδας, ...)
- Παράδειγμα:

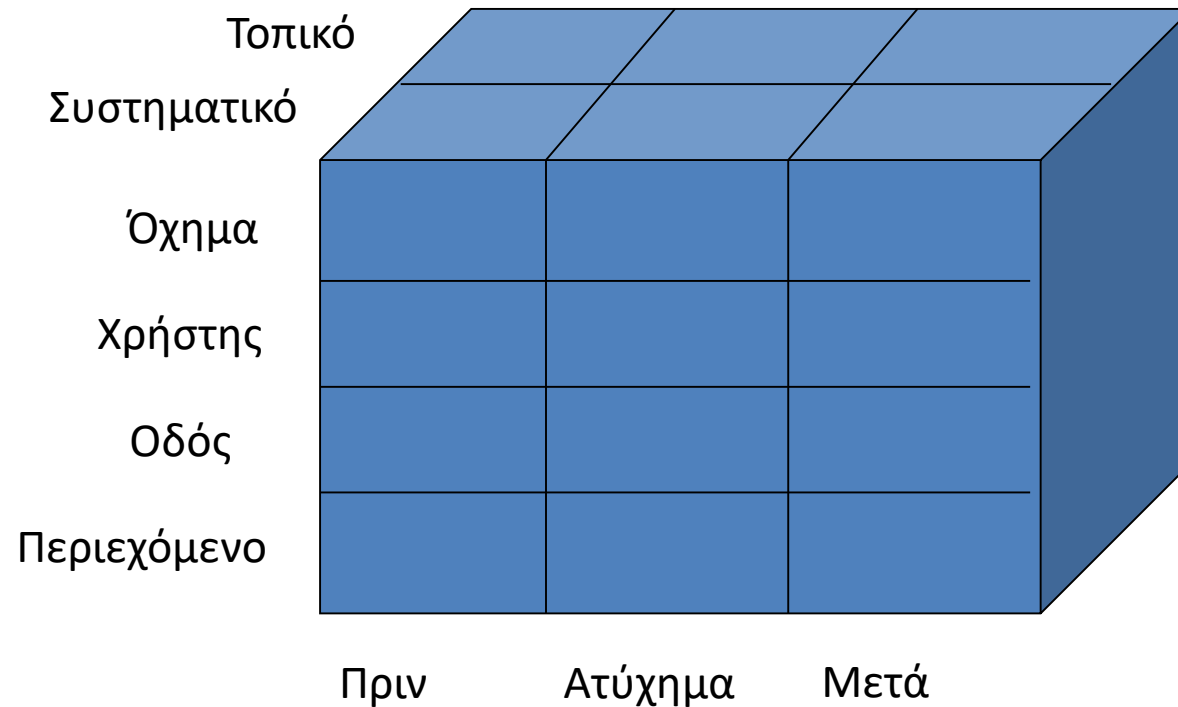
$$A_{ES} = 0.0224 \times \text{ΜΗΚ}^{0.564}$$

όπου:

ΜΗΚ = Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία



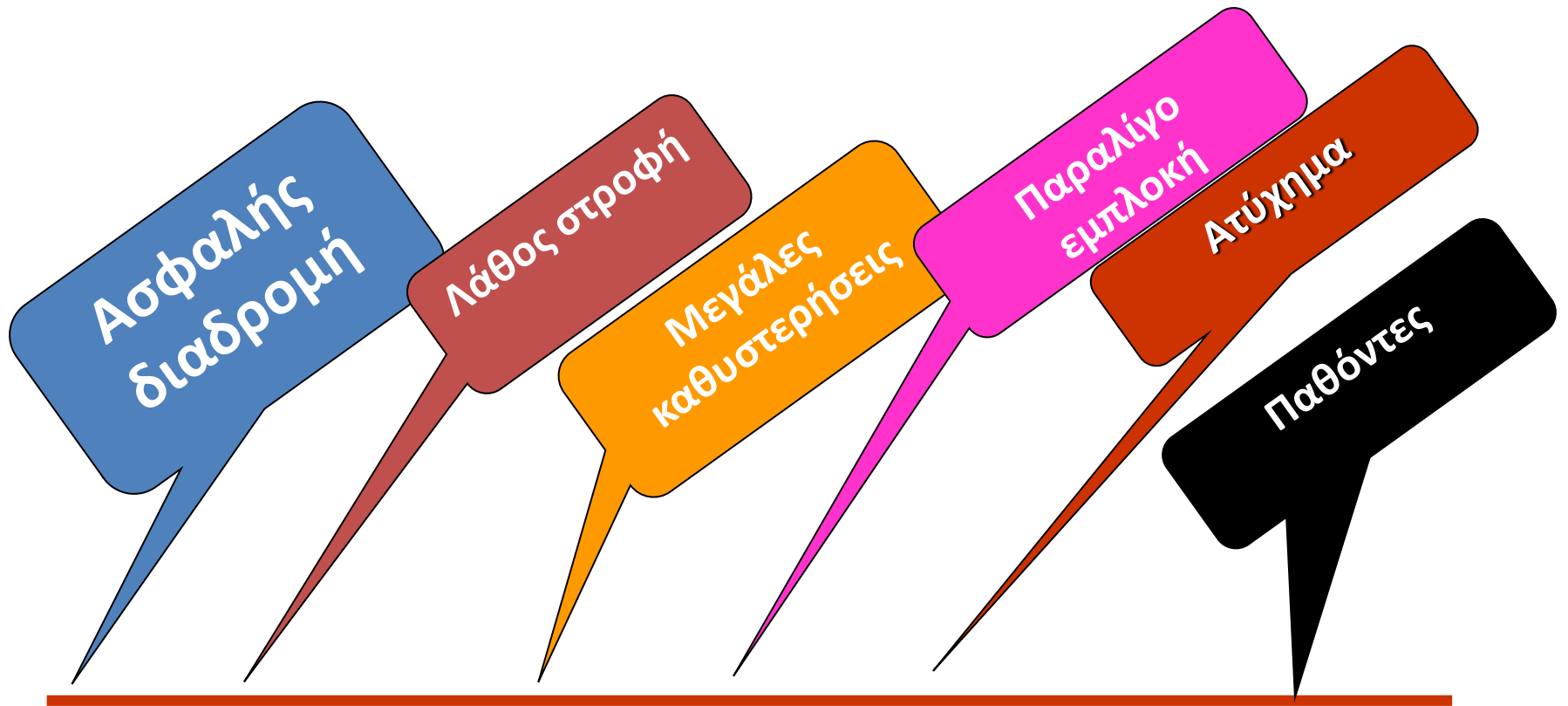
Γενικευμένο πλαίσιο ανάλυσης οδικής ασφάλειας



Εικόνα 1.2.4: Γενικευμένο πλαίσιο ανάλυσης οδικής ασφάλειας



Αστοχίες συστήματος



Σοβαρότητα γεγονότων

Εικόνα 1.2.5: Αστοχίες συστήματος



Το ατύχημα είναι σειρά γεγονότων

- Σε περισσότερες από μία θέσεις
- Για κάποια χρονική διάρκεια



Ανάλυση ασφάλειας

- Σχεδιασμός υποδομής
- Βελτιώσεις σε υφιστάμενη υποδομή
- Νέες υποδομές
- Στρατηγικές που αφορούν το χρήστη ή το όχημα (εξίσου σημαντικές)



Μη ποσοτικές μέθοδοι

- Βαθμός συμβατότητας με πολιτική
- Σύγκριση με προδιαγραφές
 - Συμβατότητα σχεδιασμού
 - Φόρτος οδηγού
 - Σωστή καθοδήγηση
 - Άλλοι ανθρώπινοι παράγοντες
- Πιθανά με τη μορφή ελέγχου οδικής ασφάλειας



Ποσοτικές μέθοδοι

- Συντελεστές μείωσης συγκρούσεων (crash reduction factors CRF)
- Στατιστικά μοντέλα (safety performance functions SPF)
- Προσομοίωση
- Προσομοιωτές οδήγησης



Συντελεστές μείωσης συγκρούσεων

Πίνακας 1.2.1: Παραδείγματα συντελεστών μείωσης συγκρούσεων

Κόμβοι χαμηλών ταχυτήτων	
Επέμβαση	% μείωσης
Φωτισμός	15-25
Βελτίωση μήκους ορατότητας	30-50
Ευθυγράμμιση και σήμανση	10-20



Μαθηματικά μοντέλα – Εξίσωση απόδοσης ασφάλειας

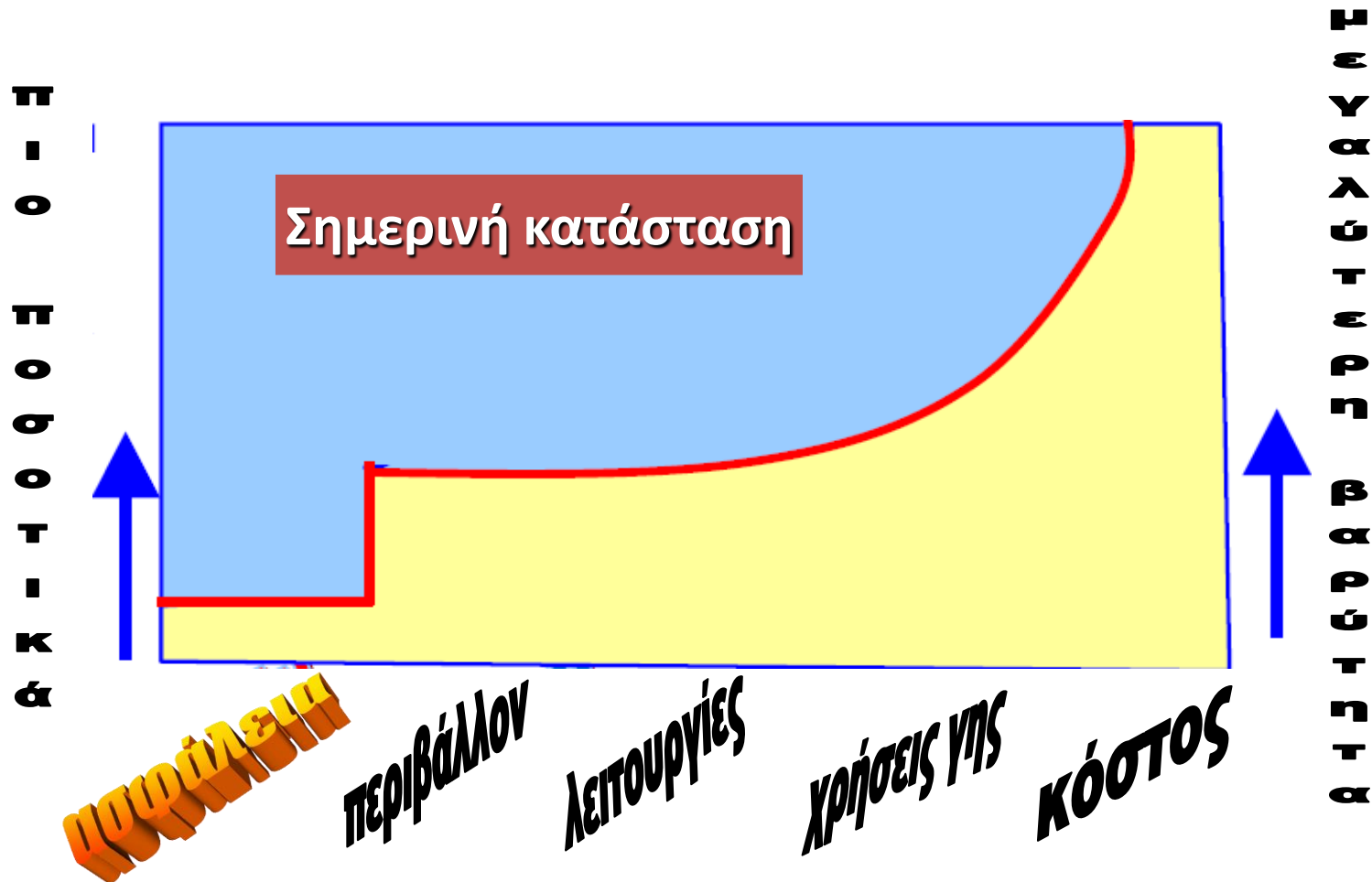
- Επαρχιακή οδός 2 λωρίδων
- Διασταύρωση 4 κλάδων
- STOP στη δευτερεύουσα οδό
- Γραμμική παλινδρόμηση

$$N_{bi} = \exp(-9.34 + 0.60 \ln ADT_1 + 0.61 \ln ADT_2 + 0.13 ND_1 - 0.0054 SKEW_4)$$

- Άλλες μέθοδοι (νευρωνικά δίκτυα, γενετικοί αλγόριθμοι κλπ)



Ο ρόλος της ασφάλειας στο σχεδιασμό – Σημερινή κατάσταση



Εικόνα 1.2.6: Ο ρόλος της ασφάλειας στο σχεδιασμό



Ο ρόλος της ασφάλειας στο σχεδιασμό – Συμβολή του Εγχειριδίου



Εικόνα 1.2.7: Ο ρόλος της ασφάλειας στο σχεδιασμό και η συμβολή του Εγχειριδίου

Περιεχόμενα

- Μέρος I – Εισαγωγή και βασικές αρχές
- Μέρος II – Γνώση
- **Μέρος III – Μέθοδοι πρόβλεψης**
- Μέρος IV – Διαχείριση ασφάλειας οδικού δικτύου
- Μέρος V – Αξιολόγηση ασφάλειας

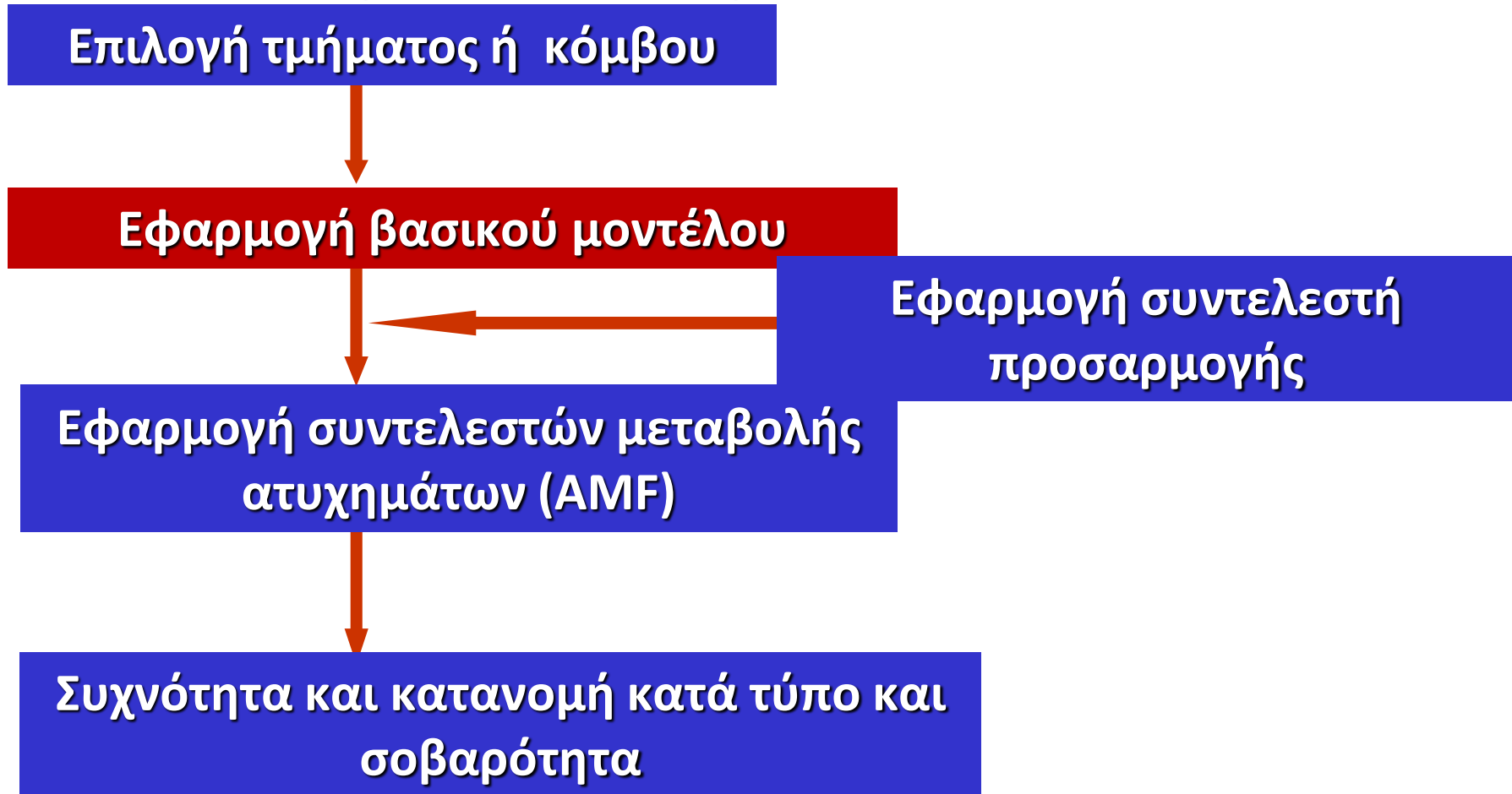


Μέρος III-Μέθοδοι πρόβλεψης

- Επαρχιακές οδοί 2 λωρίδων κυκλοφορίας
- Αστικές και περιαστικές οδοί
- Επαρχιακές οδοί περισσότερων λωρίδων
- Εφαρμογή σε τμήματα υφιστάμενα και υπό σχεδιασμό



Μέθοδος πρόβλεψης – Εφαρμογή βασικού μοντέλου



Εικόνα 1.2.8: Μέθοδος πρόβλεψης – Εφαρμογή βασικού μοντέλου



Βασικό μοντέλο

- Συσχέτιση μεταβλητής με γεωμετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά
- Εφαρμογή γραμμικής παλινδρόμησης
- Χρήση βάσεων δεδομένων
- Η βασική κατάσταση περιγράφεται από την παλινδρόμηση
- Το αποτέλεσμα αποτελεί το βασικό μοντέλο



Βασικές συνθήκες

Πίνακας 1.2.2: Παραδείγματα συντελεστών μείωσης συγκρούσεων

Μεταβλητή	Βάση
Πλάτος λωρίδας (LW)	12 ft
Πλάτος ερείσματος (SW)	6 ft
Δείκτης πλευρικού κινδύνου (RHR)	3
Πυκνότητα διασταυρώσεων (DD)	5/mi
Οριζόντια καμπυλότητα (DEGi)	Όχι
Κατακόρυφη καμπυλότητα (Kj)	Όχι
Κλίση (GRi)	επίπεδο



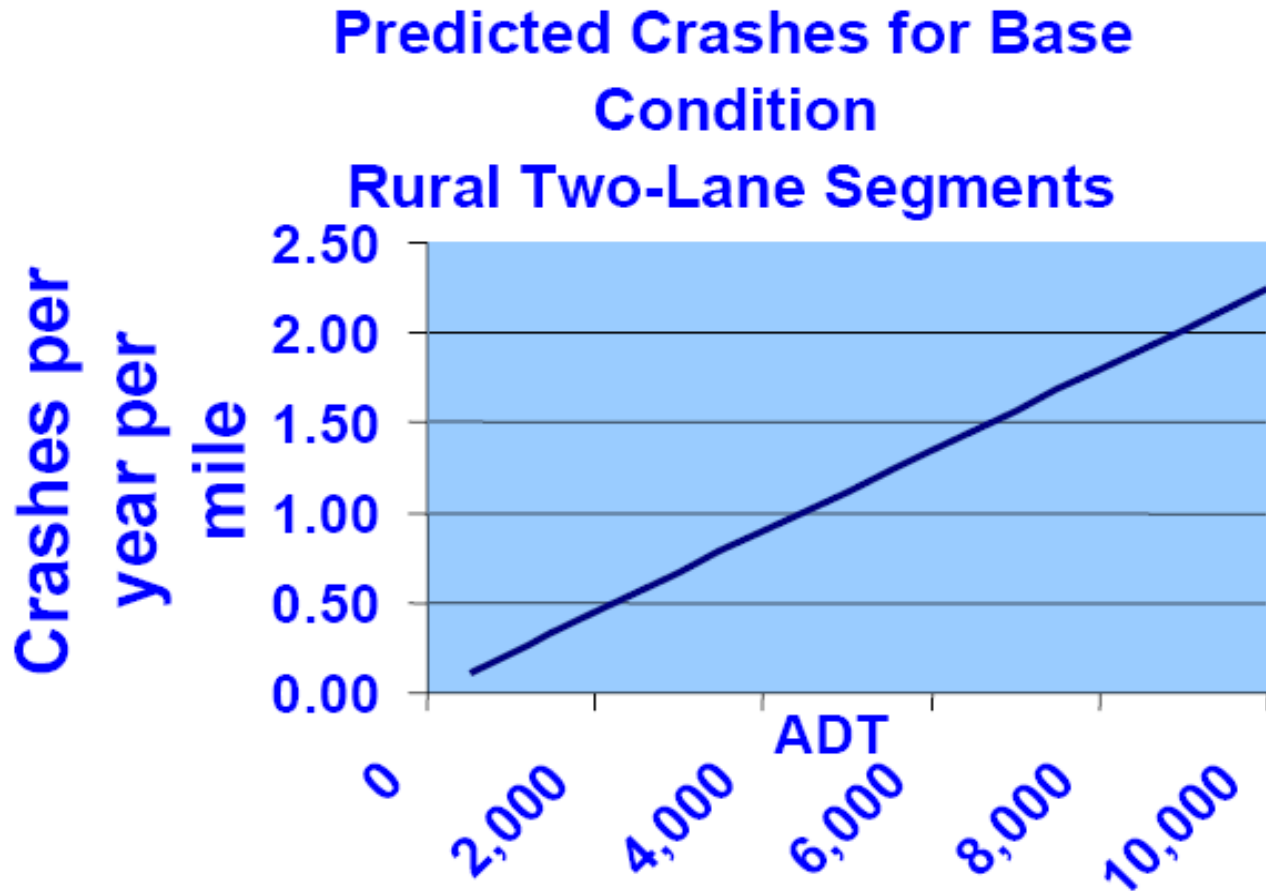
Βασικό μοντέλο για επαρχιακή οδό 2 λωρίδων - SPF

$$Nbr = (ADT)(L)(365)(10^{-6}) \exp(-0.4865)$$

Εικόνα 1.2.10: SPF βασικού μοντέλου για επαρχιακή οδό 2 λωρίδων



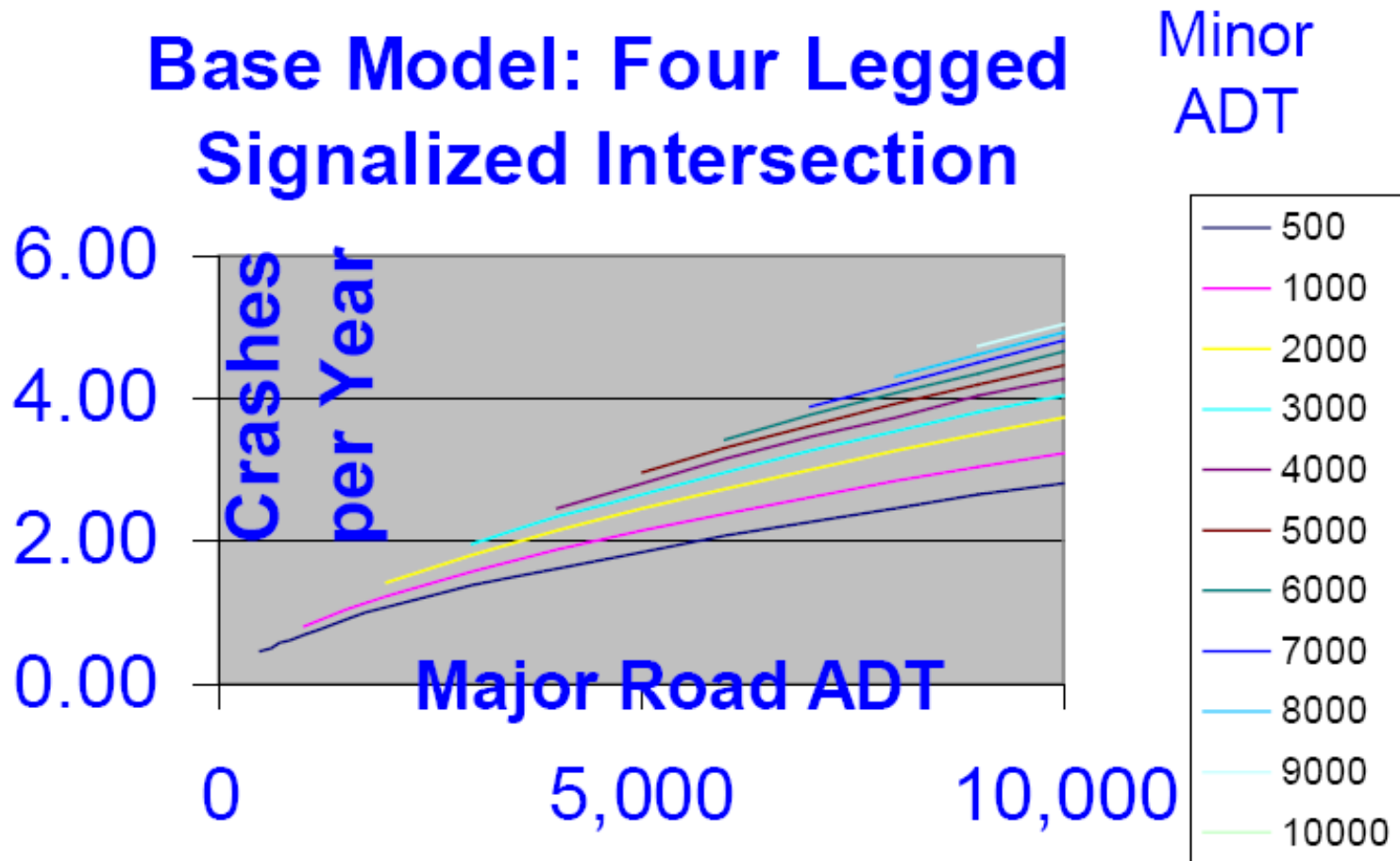
Παράδειγμα SPF



Εικόνα 1.2.11: Παράδειγμα SPF



Παράδειγμα SPF-σηματοδοτούμενος κόμβος



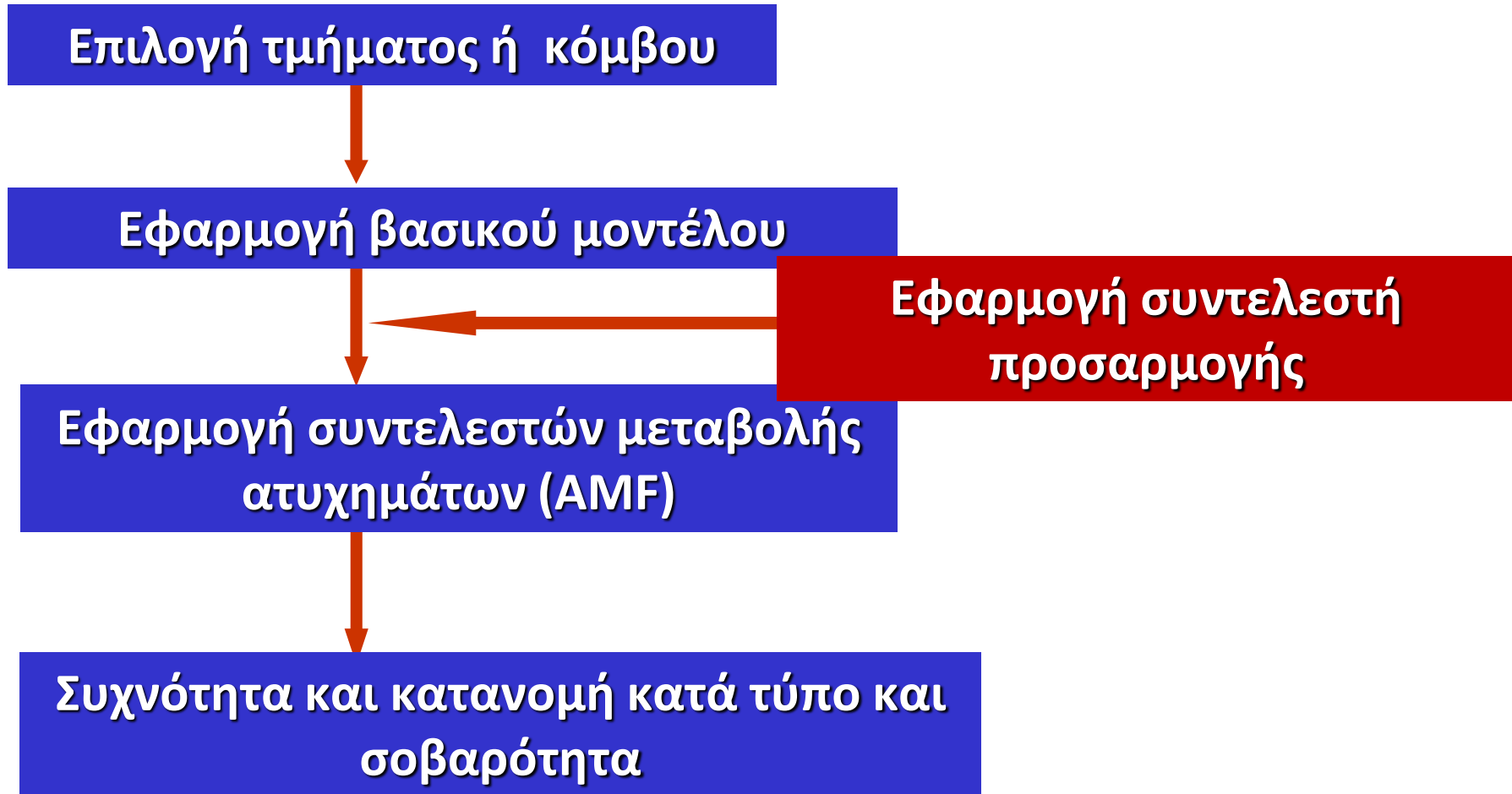
Εικόνα 1.2.12: Παράδειγμα SPF για σηματοδοτούμενο κόμβο

Περιορισμοί της παλινδρόμησης

- Γενικές εκτιμήσεις, αλλά όχι για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μεταβλητών
- Οι συντελεστές δίνουν ομοιόμορφη αυξητική επίδραση των γεωμετρικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών
- Συντελεστές μεταβολής των ατυχημάτων (AMF) είναι απαραίτητοι



Μέθοδος πρόβλεψης



Εικόνα 1.2.14: Μέθοδος πρόβλεψης



Μέθοδος πρόβλεψης (συνέχεια)



Εικόνα 1.2.15: Μέθοδος πρόβλεψης (συνέχεια)

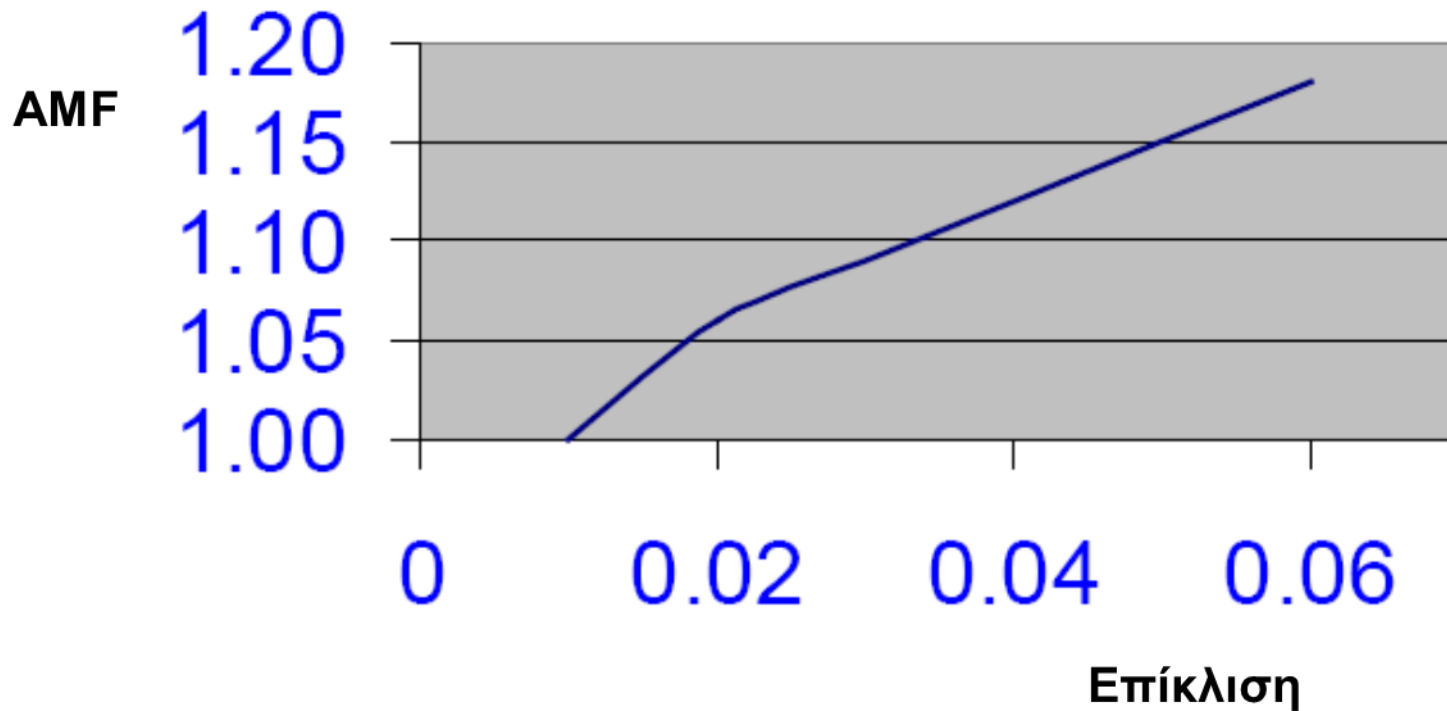


Εφαρμογή των AMF

- $Nrs = Nbr Cr (AMF1r, AMF2r, .. AMFnr)$
- Όπου:
 - Nrs = εκτίμηση αριθμού ατυχημάτων ανά έτος
 - Nbr = εκτίμηση ατυχημάτων για τις βασικές συνθήκες
 - Cr = συντελεστής προσαρμογής για εφαρμογή σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή
 - $AMF1r, .. AMFnr$ = συντελεστές μεταβολής ατυχημάτων για κάθε γεωμετρικό και λειτουργικό χαρακτηριστικό



Παράδειγμα AMF – τμήμα 2 λωρίδων



Εικόνα 1.2.16: Παράδειγμα AMF για οδικό τμήμα 2 λωρίδων



AMF για επικλίσεις

- AMF =
 - 1.00 για $SD \leq 0.01$
 - $1.00 + 6(SD - 0.01)$; για $0.01 < SD < 0.02$
 - $1.06 + 3(SD - 0.02)$; για $SD \geq 0.02$
- Βασική συνθήκη: $SD = 0$
- Αφορούν όλα τα οδικά τμήματα που βρίσκονται σε οριζόντιες καμπύλες



AMF παράδειγμα 1

- Εφαρμογή SPF σε επαρχιακή οδό 2 λωρίδων
→ 10 συγκρούσεις/έτος
- Βασική συνθήκη: απουσία ραντάρ ταχύτητας
- AMF για ραντάρ ταχύτητας = 0.83



AMF παράδειγμα 1-απάντηση

- Εφαρμογή SPF σε επαρχιακή οδό 2 λωρίδων
→ 10 συγκρούσεις με τραυματισμούς /έτος
- Βασική συνθήκη: απουσία ραντάρ ταχύτητας
- AMF για ραντάρ ταχύτητας = 0.83
- Αναμενόμενες συγκρούσεις = $10 \times 0.83 = 8.3$ συγκρούσεις/έτος



AMF παράδειγμα 2

- Εφαρμογή εμπειρικής μεθόδου Bayes σε σηματοδοτούμενο κόμβο \rightarrow 20 συγκρούσεις/έτος
- Μετατροπή κόμβου σε κυκλικό κόμβο
- Δεν υπάρχει SPF για κυκλικό κόμβο
- AMF για μετατροπή κόμβου σε κυκλικό κόμβο = 0.52



AMF παράδειγμα 2-απάντηση

- Εφαρμογή εμπειρικής μεθόδου Bayes σε σηματοδοτούμενο κόμβο \rightarrow 20 συγκρούσεις/έτος
- Μετατροπή κόμβου σε κυκλικό κόμβο
- Δεν υπάρχει SPF για κυκλικό κόμβο
- AMF για μετατροπή κόμβου σε κυκλικό κόμβο = 0.52
- Αναμενόμενες συγκρούσεις = $20 \times 0.52 = 10.4$ συγκρούσεις/έτος



Υπολογισμός μείωσης συγκρούσεων

- % μείωση = $100 \times (1.00 - AMF)$
- Εάν $AMF = 0.90$: $100 \times (1.00 - 0.90) = 10\%$:
μείωση συγκρούσεων κατά 10%
- Εάν $AMF = 1.20$: $100 \times (1.00 - 1.20) = -20\%$:
αύξηση συγκρούσεων κατά 20%



Εφαρμογή AMF

- Εξίσωση SPF (για βασικές συνθήκες) x AMF
 - Υπάρχουσες συνθήκες
 - Εναλλακτικές συνθήκες
 - Νέες συνθήκες
- Αναμενόμενος ρυθμός συγκρούσεων x AMF (συνθηκών επέμβασης)
 - Εφαρμογή επέμβασης
- Παρατηρημένος αριθμός συγκρούσεων x AMF (συνθηκών επέμβασης)
 - Εφαρμογή επέμβασης



Εφαρμογή πολλαπλών AMF - παράδειγμα

- Επέμβαση x = προσθήκη λωρίδας αριστερής στροφής στις δύο κύριες προσβάσεις διασταύρωσης με 4 σκέλη ($AMF = 0.81$)
- Επέμβαση y = δεξιά στροφή σε κόκκινη ένδειξη ($AMF = 1.07$)
- Ανεξάρτητες επιπτώσεις των δύο επεμβάσεων
- Αναμενόμενος ετήσιος αριθμός συγκρούσεων 7.9



Εφαρμογή πολλαπλών AMF – λύση

- Επέμβαση x = προσθήκη λωρίδας αριστερής στροφής στις δύο κύριες προσβάσεις διασταύρωσης με 4 σκέλη ($AMF = 0.81$)
- Επέμβαση y = δεξιά στροφή σε κόκκινη ένδειξη ($AMF = 1.07$)
- Ανεξάρτητες επιπτώσεις των δύο επεμβάσεων
- Αναμενόμενος ετήσιος αριθμός συγκρούσεων 7.9
- Αναμενόμενες συγκρούσεις = $7.9 \times 0.81 \times 1.07$
= 6.8 συγκρούσεις/έτος



Εφαρμογή πολλαπλών AMF – παράδειγμα 2

- Αύξηση κλίσης κατά 1% \rightarrow AMF = 1.04
- Ποια είναι η επίπτωση αυξημένης κλίσης από 2% σε 4% σε οδικό τμήμα?



Εφαρμογή πολλαπλών AMF – λύση

- Αύξηση κλίσης κατά 1% \rightarrow AMF = 1.04
- Ποια είναι η επίπτωση αυξημένης κλίσης από 2% σε 4% σε οδικό τμήμα?
- $1.04^{(4-2)} - 1.04^2 = 1.08$ άρα 8% αύξηση στις συγκρούσεις



Διάστημα εμπιστοσύνης AMF – παράδειγμα

- Κυκλικοί κόμβοι: AMF (μέση τιμή, τυπικό σφάλμα) = (0.22, 0.07)

- $100 \times (1 - 0.22) = 78\%$

- Για επίπεδο εμπιστοσύνης 65-70%:

$$78 \pm 1 \times 100 \times 0.07 = \text{μεταξύ } 71\% \text{ και } 85\%$$

- Για επίπεδο εμπιστοσύνης 99.9%:

$$78 \pm 3 \times 100 \times 0.07 = \text{μεταξύ } 57\% \text{ και } 99\%$$

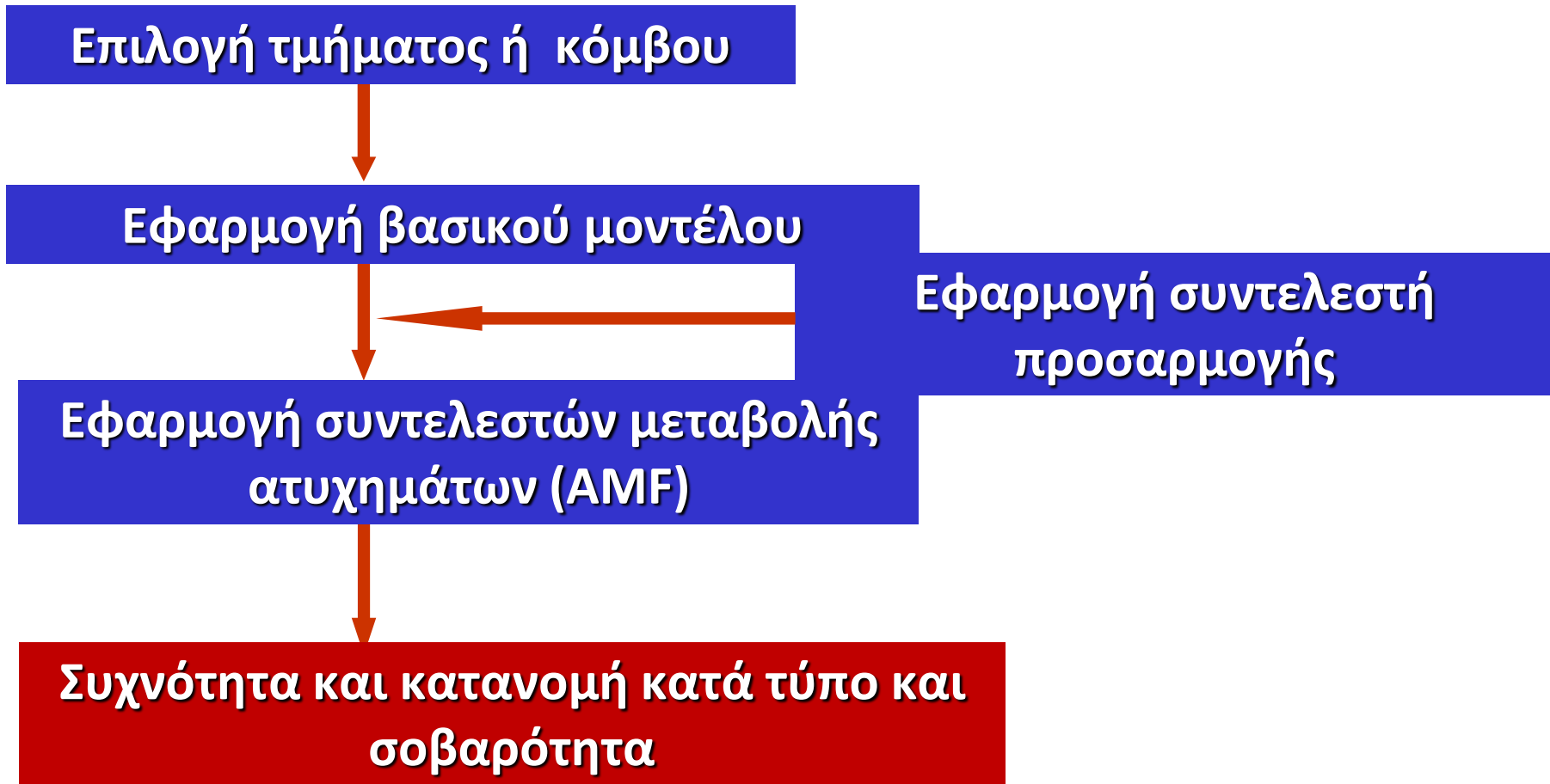


Εφαρμογή πολλαπλών AMF – λύση

- Αύξηση κλίσης κατά 1% \rightarrow AMF = 1.04
- Ποια είναι η επίπτωση αυξημένης κλίσης από 2% σε 4% σε οδικό τμήμα?
- $1.04^{(4-2)} - 1.04^2 = 1.08$ άρα 8% αύξηση στις συγκρούσεις



Μέθοδος πρόβλεψης – επόμενο βήμα



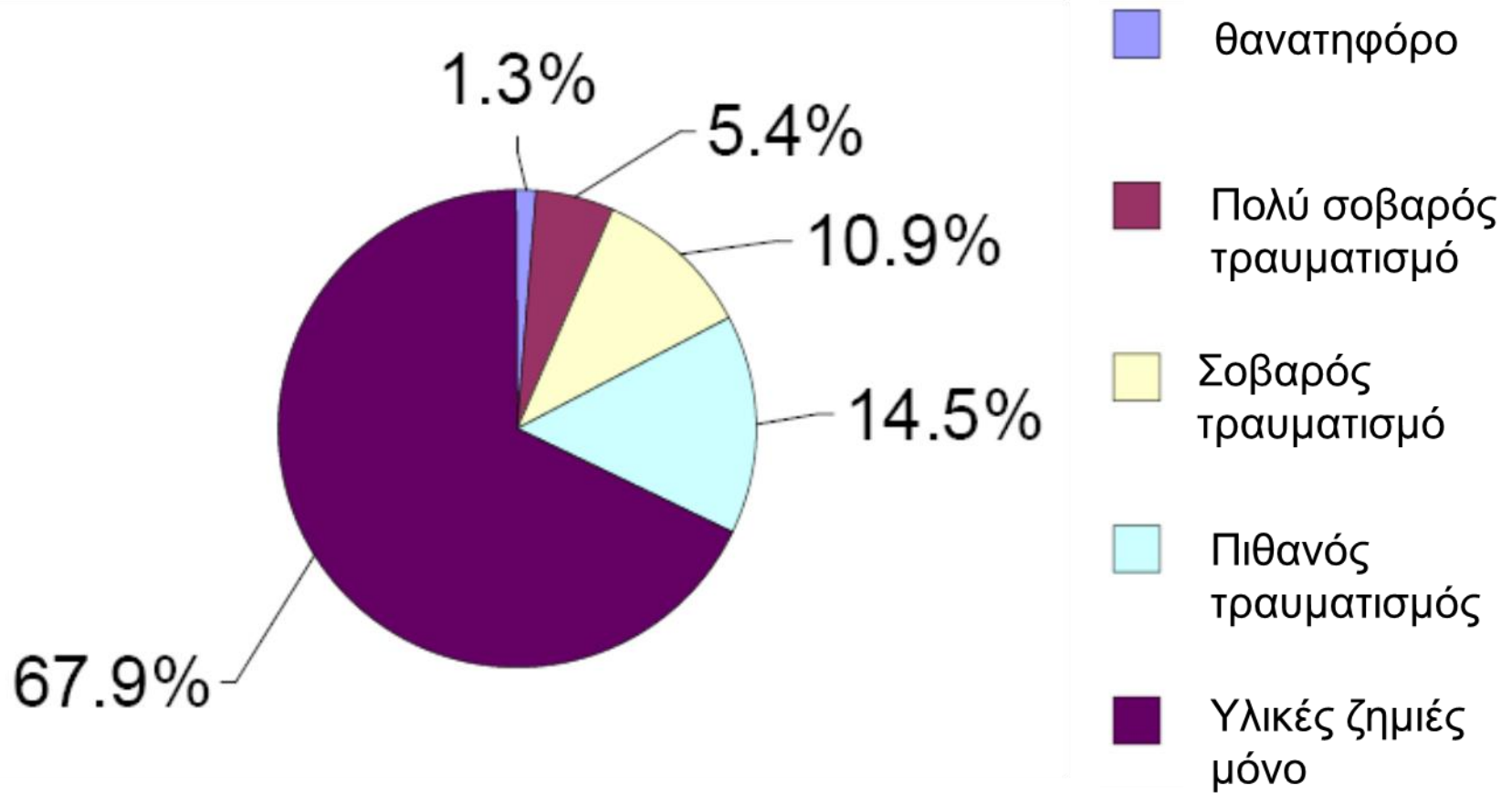
Εικόνα 1.2.17: Μέθοδος πρόβλεψης – Συχνότητα και κατανομή κατά τύπο και σοβαρότητα

Κατανομή κατά τύπο και σοβαρότητα

- Χρήση αρχικών ή τοπικών κατανομών
- Εφαρμογή αυτών στην προβλεπόμενη συχνότητα



Παράδειγμα κατανομής κατά σοβαρότητα



Εικόνα 1.2.18: Παράδειγμα κατανομής κατά σοβαρότητα



Εφαρμογή των αποτελεσμάτων

- Άθροισμα εκτιμήσεων για κάθε τμήμα και κόμβο
- Αν είναι διαθέσιμα ιστορικά στοιχεία υπολογίζεται σταθμισμένος μέσος όρος

$$A_E = W * A_{ES} + (1-W)A_C$$

- Το αποτέλεσμα χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση του σχεδιασμού και τη διαδικασία λήψης αποφάσεων



Τέλος 2^{ης} Διάλεξης της Ενότητας 1



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.01.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Ευτυχία Ναθαναήλ 2015. «Οδική ασφάλεια. Ενότητα 1, Διάλεξη 1.2». Έκδοση: 1.0. Βόλος 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<http://eclass.uth.gr/eclass/courses/MHXC120/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- Το Σημείωμα Αναφοράς
- Το Σημείωμα Αδειοδότησης
- Τη Δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες

Εικόνα 1.2.1: Hauer, E. (1997). *Observational Before-After Studies in Road Safety*, Pergamon/Elsevier Science, Inc., Tarrytown, NY.

Εικόνα 1.2.2-1.2.18: *Highway Safety Manual, First Edition, with 2014 Supplement*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC, USA.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Πίνακες

Πίνακες 1.2.1-1.2.2: Highway Safety Manual, First Edition, with 2014 Supplement. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC, USA.

