

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Αξιολόγηση κατάστασης οδοστρώματος

Υπεύθυνος διδασκαλίας: Αθανάσιος Χασιακός
Επιμέλεια παρουσίασης: Παναγιώτης Φαρμάκης



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ & ΣΤΟΧΟΙ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Παρουσίαση των κυριότερων δεικτών αξιολόγησης καθώς και των μοντέλων πρόβλεψης και εξέλιξης φθορών οδοστρωμάτων.

ΣΤΟΧΟΣ

Η κατανόηση των εργαλείων που έχουμε στη διάθεση μας για να αποτιμήσουμε την ποιότητα αλλά και για να προβλέψουμε την εμφάνιση και εξέλιξη των φθορών ενός οδοστρώματος.

Δείκτες αξιολόγησης κατάστασης οδοστρώματος

Αριθμητικοί δείκτες που αποτιμούν ποσοτικά τα χαρακτηριστικά της κατάστασης ενός οδοστρώματος. Ανάλογα με τις παραμέτρους που εξετάζουν διακρίνονται σε:

Επιφανειακής κατάστασης	<ul style="list-style-type: none">▪ Δείκτης Παρούσας Λειτουργικότητας, PSI▪ Δείκτης Κατάστασης Οδοστρώματος, PCI▪ Δείκτης Εκδήλωσης Φθορών, DMI▪ Δείκτης Επιπεδότητας Οδοστρώματος για εκτίμηση Κόστους Οδήγησης, RIDE▪ Δείκτης Άνεσης Οδήγησης, RCI▪ Βαθμολόγηση κατάστασης του οδοστρώματος, PCR
Ρηγματώσεων	<ul style="list-style-type: none">▪ Δείκτης Ρηγματώσεων, CRI
Επιπεδότητας	<ul style="list-style-type: none">▪ Διεθνής Δείκτης Επιπεδότητας (τραχύτητας), IRI
Ολισθηρότητας	<ul style="list-style-type: none">▪ Αριθμός Ολισθησης, SN
Φέρουσας ικανότητας	<ul style="list-style-type: none">▪ Δείκτης Φέρουσας Ικανότητας, SI

Δείκτης Παρούσας Λειτουργικότητας, PSI

Δείκτης Παρούσας Λειτουργικότητας (Present Serviceability Index, PSI): συνδέει τη λειτουργική κατάσταση του οδοστρώματος με την ποιότητα οδήγησης. Βασίζεται σε αντικειμενικές μετρήσεις φυσικών παραμέτρων της επιφάνειας του οδοστρώματος. Λαμβάνει τιμές από 0 έως 5.

$$PSI = 5,03 - 1,91 \log(1+SV) - 1,38 RD^2 - 0,01 (C+P)^{0,5}$$

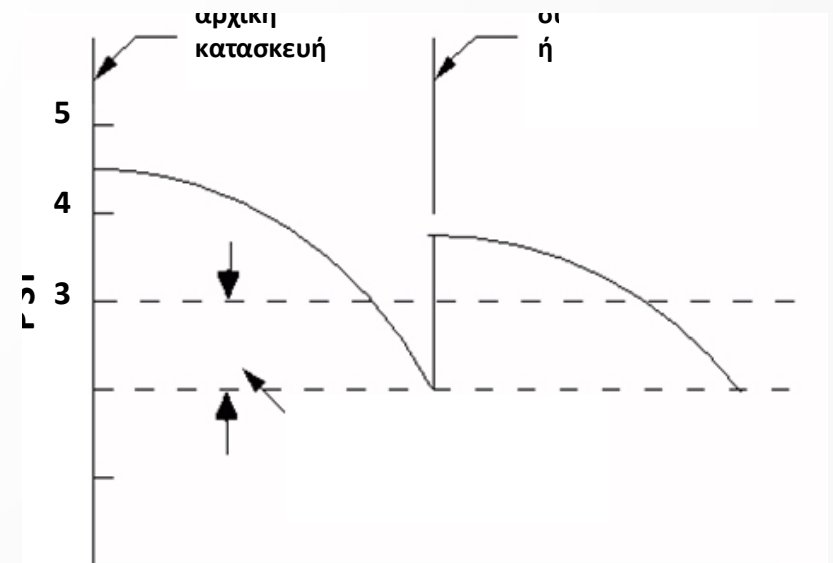
Όπου:

SV: μέση τιμή διακύμανσης της εγκάρσιας κλίσης και στα δύο ίχνη των τροχών,

RD: μέσο βάθος αυλάκωσης (σε in) μετρούμενο & στα δύο ίχνη των τροχών με ράβδο 4 ft,

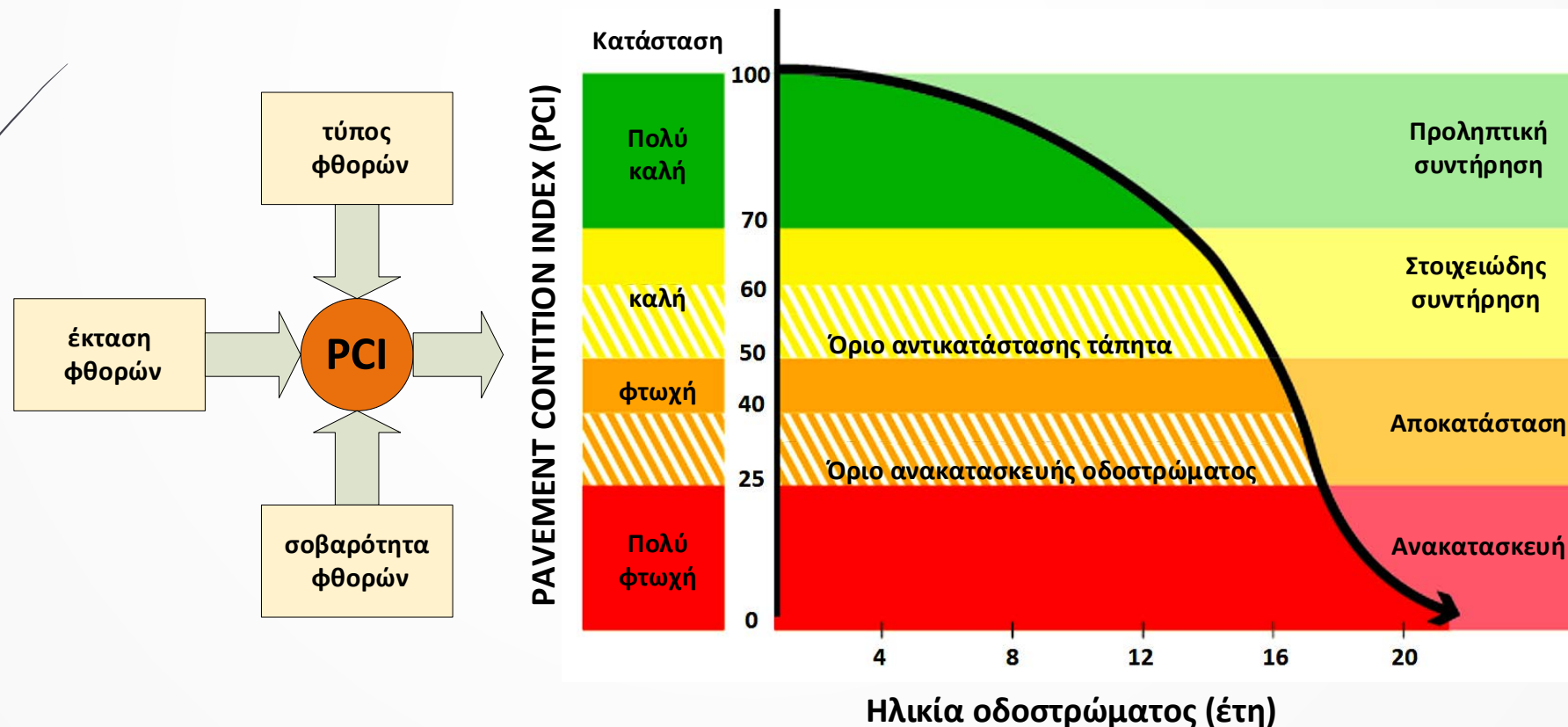
C: ποσοστό της ρηγματωμένης επιφάνειας (μήκος ρωγμών σε ft/1000 ft²),

P: ποσοστό των μπαλωμάτων (ft²/1000 ft²).



Δείκτης Κατάστασης Οδοστρώματος, PCI

Δείκτης Κατάστασης Οδοστρώματος (Pavement Condition Index, PCI): εκτιμά την κατάσταση του οδοστρώματος λαμβάνοντας υπόψη 16 είδη φθορών (αλιγοτορικές, διαμήκεις κλπ). Δεν μετρά δομική ανεπάρκεια ούτε παρέχει άμεση εκτίμηση επιπεδότητας & ολίσθησης. Λαμβάνει τιμές από 0 έως 100.



Δείκτης Εκδήλωσης Φθορών, DMI

- **Δείκτης Εκδήλωσης Φθορών (Distress Manifestation Index, DMI):** περιγράφει την κατάσταση του οδοστρώματος μέσω συντελεστών βαρύτητας (C_i) της έκτασης (D_i) και της σοβαρότητας (S_i) κάθε τύπου φθοράς (i). Ανάλογα το μέγεθος τους η έκταση και η σοβαρότητα των φθορών εκτείνονται σε ένα εύρος 5 επιπέδων (από μικρές έως πολύ μεγάλες).

$$DMI = \sum_{i=1}^n C_i(S_i + D_i)$$

Εύρος DMI: 0 (χωρίς φθορές) έως 248 (πολύ μεγάλες φθορές)

Μια διαφορετική διατύπωση του DMI (Ningyuan et al 2000):

$$DMI = 10 \times \frac{DMI_{\max} + \sum_{i=1}^n C_i(S_i + D_i)}{DMI_{\max}}$$

όπου: C_i (0,5 έως 3), D_i (0,5 έως 4), S_i (0,5 έως 4), $DMI_{\max} = 208$

Άλλοι δείκτες επιφανειακής κατάστασης οδοστρώματος

- **Δείκτης Επιπεδότητας Οδοστρώματος για εκτίμηση Κόστους Οδήγησης (Roughness Index for Driving Expenditure, RIDE):** συσχετίζει το κόστος λειτουργίας οχήματος με την επιπεδότητα της οδού μέσω μέτρησης της κατακόρυφης επιτάχυνσης λόγω ανωμαλιών. Εύρος: 150 - 1500 (καλό έως πολύ ανώμαλο οδόστρωμα).
- **Δείκτης Άνεσης Οδήγησης (Riding Comfort Index, RCI):** προέκυψε από εμπειρική βαθμολόγηση της ποιότητας οδήγησης από ομάδα ειδικών για οδοστρώματα διαφόρων καταστάσεων με εξαγωγή του μέσου όρου των βαθμολογιών.
- **Βαθμολόγηση κατάστασης του οδοστρώματος (Pavement Condition Rating, PCR):** μέθοδος βαθμολόγησης που υπολογίζει το αλγεβρικό άθροισμα όλων των φθορών που εμφανίζονται στο οδόστρωμα (με τιμές από 0 έως 5 ή 10 αναλόγως της σημασίας κάθε φθοράς).

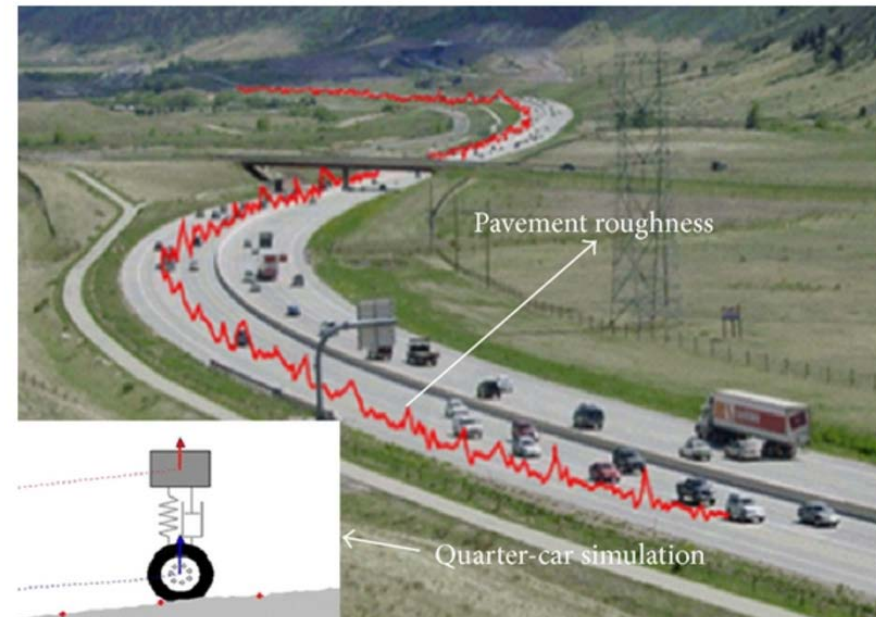
$$\text{Δείκτης PCR} = 100 - \sum_{i=1}^n \text{PCR}_i$$

Εύρος: 100 - 0 (πολύ καλή έως πολύ κακή κατάσταση οδοστρώματος)

Διεθνής Δείκτης Επιπεδότητας (τραχύτητας), IRI

- **Διεθνής Δείκτης Επιπεδότητας (τραχύτητας) (International Roughness Index, IRI):** περιγράφει την επιπεδότητα του οδοστρώματος, καθορίστηκε μετά από μαθηματική προσομοίωση τροχού με ελατήρια γνωστών μηχανικών χαρακτηριστικών και βάρους ίσου με ένα τυπικό άξονα επιβατικού οχήματος που κινείται με ταχύτητα 80 χλμ./ώρα. Μετρείται σε m αθροιστικών ανωμαλιών ανά km οδού.

IRI, m/km	Επιπεδότητα
0	απόλυτη
$0 < IRI < 6$	ανεκτή
$6 < IRI < 12$	κακή
$12 < IRI < 20$	πολύ κακή



Διεθνής Δείκτης Επιπεδότητας (τραχύτητας), IRI

- <https://www.youtube.com/watch?v=oWoAx7fwXng>
- https://www.youtube.com/watch?v=jLvUldftwgg&list=PLW8KqekouZadaanjuBJs_0PF-Gvoz15la
- https://www.youtube.com/watch?v=X40E98kpSCI&list=PLW8KqekouZadaanjuBJs_0PF-Gvoz15la&index=2
- https://www.youtube.com/watch?v=Ly5zv4QICao&list=PLW8KqekouZadaanjuBJs_0PF-Gvoz15la&index=3
- https://www.youtube.com/watch?v=pS8i1RsOy6g&list=PLW8KqekouZadaanjuBJs_0PF-Gvoz15la&index=4

Αριθμός Ολισθησης (Skid Number, SN)

- **Αριθμός Ολισθησης (Skid Number, SN):** περιγράφει την αντιολισθηρότητα της επιφάνειας του οδοστρώματος μετρούμενη με το ολισθηρόμετρο ASTM λαμβάνοντας τιμές από 0 έως 100 (από καθόλου έως βέλτιστη αντιολισθηρή ικανότητα).

SN	ΚΑΤΩΤΑΤΑ ΟΡΙΑ
40	προειδοποίησης για παρέμβαση
35	αποδοχής στις επικίνδυνες θέσεις
30	αποδοχής στις λοιπές θέσεις



Μοντέλα πρόβλεψης κατάστασης οδοστρωμάτων

- **Ντετερμινιστικά μοντέλα:** περιγράφουν τη μεταβολή των παραμέτρων συμπεριφοράς του οδοστρώματος στο χρόνο με χρήση μαθηματικών συναρτήσεων.
- **Πιθανοτικά μοντέλα:** προβλέπουν τη μελλοντική κατάσταση του οδοστρώματος με βάση κάποιες παραμέτρους συμπεριφοράς τις οποίες θεωρούν ως τυχαίες εξαρτημένες μεταβλητές και η τιμή τους καθορίζεται από μια συνάρτηση πιθανότητας.
- **Υποκειμενικά μοντέλα:** προκύπτουν από την τυποποίηση της εμπειρίας των ειδικών όσον αφορά στη διαδικασία φθοράς των οδοστρωμάτων. Αναπτύσσονται συνήθως ελλείψει ιστορικών παρατηρήσεων και δεδομένων.
- **Μοντέλα 'ευφύων' μεθοδολογιών:** χρησιμοποιούν μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης, όπως οι γενετικοί αλγόριθμοι ή τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα για την πρόβλεψη της μελλοντικής κατάστασης του οδοστρώματος.

Μοντέλα πρόβλεψης κατάστασης οδοστρωμάτων

Είδη μοντέλων	Δεδομένα	Τεχνικές εξαγωγής	Συμπεράσματα	Πεδίο εφαρμογής
Ντετερμινιστικά	Μετρήσεις/ πειράματα	Στατιστική ανάλυση	Δείκτες κατάστασης	Επίπεδο οδού
Πιθανοτικά	Μετρήσεις/ παρατηρήσεις	Πιθανοθεωρία	Πιθανοτικές κατανομές κατάστασης	Επίπεδο οδικού δικτύου
Υποκειμενικά	Γνώση ειδικών	Εμπειρικές εκτιμήσεις	Δείκτες, εύρος τιμών, πιθανοτικές κατανομές κατάστασης	Επίπεδο οδού/ οδικού δικτύου
‘Ευφυή’	Μετρήσεις/ γνώση ειδικών	Τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης	Όλα τα παραπάνω	Επίπεδο οδού/ οδικού δικτύου

Υπάρχοντα μοντέλα πρόβλεψης

- **Μοντέλα πρόβλεψης ρωγμών:** προβλέπουν την έναρξη & εξέλιξη ή την ποσοστιαία έκταση εμφάνισης ρωγμών στο οδόστρωμα.
- **Μοντέλα πρόβλεψης αυλακώσεων:** εκτιμούν την εξέλιξη των αυλακώσεων με βάση μηχανιστικές αντιδράσεις, την αντοχή και την ηλικία του οδοστρώματος, τον κυκλοφοριακό φόρτο κλπ.
- **Μοντέλα πρόβλεψης τραχύτητας (ή επιπεδότητας):** αξιολογούν την προοδευτική απόκλιση της επιφάνειας κύλισης του οδοστρώματος από την επιπεδότητα.
- **Μοντέλα πρόβλεψης γενικής κατάστασης:** δείχνουν τη συνολική κατάσταση του οδοστρώματος ως συνάρτηση των επιφανειακών φθορών ή της τραχύτητας ή και των δύο.
- **Εξέλιξη και πρόβλεψη της ολισθηρότητας:** περιγράφουν την εξέλιξη της αντίστασης σε ολίσθηση.

Παράγοντες επιρροής φθορών εύκαμπτων οδοστρωμάτων

Παράγοντες επιρροής	Ρηγματώσεις				Παραμορφώσεις				Από-σύνθεση		Ολισθη-ρότητα	
	Ρωγμές τύπου αλιγάτορα	Διαμήκειες ρωγμές	Εγκάρσιες ρωγμές	Ρωγμές από ολισθήση ταπήτων	Τοπικές καθιζήσεις	Τοπικές διογκώσεις	Αυλακώσεις	Επιδιορθώσεις (μπαλώματα)	Αποκόλληση αδρανών	Λακκούβες	Λειανση αδρανών	Ανάδυση ασφάλτου
Ποιότητα υλικών ασφ. στρώσης	✓						✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ποιότητα υλικών βάσης	✓		✓		✓	✓	✓					
Ποιότητα υλικών υπόβασης	✓		✓		✓	✓	✓					
Ποιότητα εδάφους	✓		✓		✓	✓	✓					
Πάχος ασφαλικής στρώσης	✓	✓	✓	✓					✓	✓		
Πάχος βάσης												
Πάχος υπόβασης												
Νερό στις υποκείμενες στρώσεις	✓	✓	✓		✓	✓	✓			✓		
Θερμοκρασία ατμόσφαιρας				✓	✓	✓	✓				✓	✓
Κυκλοφοριακός φόρτος	✓	✓	✓						✓	✓	✓	✓
Ποσοστό βαρέων οχημάτων	✓	✓	✓		✓		✓		✓	✓	✓	✓
Ποιότητα αδρανών											✓	✓
Ποσοστό ασφάλτου	✓			✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Ποσοστό κενών	✓								✓	✓		
Βροχόπτωση	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓		
Παγετός	✓	✓	✓						✓	✓		

Γενικευμένη μορφή μοντέλου επιδείνωσης της κατάστασης οδοστρωμάτων

$$DI = \alpha_0 AGE^{\alpha_1} MSN^{\alpha_2} TRAF^{\alpha_3} QUA^{\alpha_4} PSV^{\alpha_5}$$

Όπου:

DI: δείκτης φθοράς,

AGE: ηλικία οδοστρώματος,

MSN: διαμορφωμένος αριθμός δομικής αντοχής οδοστρώματος,

TRAF: κυκλοφοριακά φορτία, εξαρτώνται από την ετήσια μέση ημερήσια κυκλοφορία (annual average daily traffic) σε οχήματα/ημέρα/λωρίδα (veh/day/lane) και το ποσοστό βαρέων οχημάτων (φορτηγά, λεωφορεία κλπ.) (%).

QUA: ποιότητα κατασκευής σε κλίμακα 0-10 (όπου 10 καλή ποιότητα), προκύπτει από εμπειρική αποτίμηση με έμφαση στην καλή συμπύκνωση. Εκτιμάται βάσει των ποσοστών ασφάλτου & κενών τα οποία επιδρούν στην εξέλιξη της φθοράς ή υποβοηθούν τη φθοροποιό επίδραση του επιφανειακού νερού (βροχοπτώσεις),

PSV: ποιότητα αδρανών, αντίσταση σε στίλβωση των σκληρών αδρανών,

α_0 - α_5 : σταθερές του μοντέλου προς καθορισμό από μετρήσεις πεδίου ή άλλον (εμπειρικό) τρόπο.

Μοντέλο επιπεδότητας

$$DI_{\text{επιππ}} = 7.584 \text{ AGE}^{1.265} \text{ MSN}^{-0.844} \text{ TRAF}^{0.2185} \text{ QUA}^{-0.253}$$

$$\text{MSN} = 0.0394 (b_1 d_1 + b_2 d_2 + b_3 d_3) + \text{SNSG}$$

$$b_1 = -8 \cdot 10^{-13} \text{ psi}_{\text{asphalt}}^2 + 10^{-6} \text{ psi}_{\text{asphalt}} + 0.0904$$

$$\text{psi}_{\text{asphalt}} = 145 E_{\text{asphalt}}$$

$$b_2 = 0.249 \log(\text{psi}_{\text{base}} m_2) - 0.977$$

$$\text{psi}_{\text{base}} = 145 E_{\text{base}}$$

$$b_3 = 0.277 \log(\text{psi}_{\text{subbase}} m_3) - 0.839$$

$$\text{psi}_{\text{subbase}} = 145 E_{\text{subbase}}$$

$$\text{SNSG} = 3.51 \log(\text{CBR } m_4) - 0.85 [\log(\text{CBR } m_4)]^2 - 1.43$$

$$\text{CBR} = E_{\text{subgrade}}/10$$

$$\text{TRAF} = \text{AADT} \times \text{TR}$$

Όπου:

SNSG: ψευδοαριθμός συμβολής εδάφους στη αντοχή του οδοστρώματος

CBR: California Bearing Ratio (%)

d₁₁, d₁₂, d₁₃: πάχη ασφαλτικών στρώσεων (κυκλοφορίας/συνδετικής/βάσης) [mm]

d₁: πάχος ασφαλτικής στρώσης [mm] = d₁₁+d₁₂+d₁₃

d₂, d₃: πάχη βάσης/υπόβασης (mm)

E_{asphalt}: μέτρο ελαστικότητας ασφαλτικής στρώσης (MPa),

E_{base}: μέτρο ελαστικότητας βάσης (MPa),

E_{subbase}: μέτρο ελαστικότητας υπόβασης (MPa),

E_{subgrade}: μέτρο ελαστικότητας εδάφους θεμελίωσης (MPa),

m₂, m₃, m₄: μειωτικοί παράγοντες λόγω παρουσίας υπόγειου νερού σε βάση/υπόβαση/έδαφος αντίστοιχα(%),

AADT: ετήσια μέση ημερήσια κυκλοφορία (annual average daily traffic) σε οχήματα/ημέρα/λωρίδα (veh/day/lane),

TR: ποσοστό βαρέων οχημάτων (φορτηγά, λεωφορεία κλπ.) (%).

AGE: ηλικία οδοστρώματος, (ο χρόνος που έχει παρέλθει από την τελευταία ανακατασκευή ασφαλτικών στρώσεων/οδοστρωσίας)

MSN: διαμορφωμένος αριθμός δομικής αντοχής οδοστρώματος,

TRAF: κυκλοφοριακά φορτία,

QUA: ποιότητα κατασκευής σε κλίμακα 0-10 (με 10 καλή ποιότητα),

Μοντέλο ολισθηρότητας

$$DI_{\text{ολισθ.}} = 927 \text{ AGE}^{1.107} \text{ MSN}^{-0.926} \text{ TRAF}^{0.354} \text{ QUA}^{-0.530} \text{ PSV}^{-0.909}$$

$$\text{MSN} = 3.94 b_1 + 5.213$$

$$b_1 = -8 \cdot 10^{-13} \text{ psi}_{\text{asphalt}}^2 + 10^{-6} \text{ psi}_{\text{asphalt}} + 0.0904$$

$$\text{psi}_{\text{asphalt}} = 145 E_{\text{asphalt}}$$

$$\text{TRAF} = \text{AADT} \times \text{TR}$$

Όπου:

E_{asphalt}: μέτρο ελαστικότητας ασφαλτικής στρώσης (MPa),

AADT: ετήσια μέση ημερήσια κυκλοφορία (annual average daily traffic) σε οχήματα/ημέρα/λωρίδα (veh/day/lane),

TR: ποσοστό βαρέων οχημάτων (φορτηγά, λεωφορεία κλπ) (%).

AGE: ηλικία οδοστρώματος, (ο χρόνος που έχει παρέλθει από την τελευταία ανακατασκευή ασφαλτικών στρώσεων/οδοστρωσίας)

MSN: διαμορφωμένος αριθμός δομικής αντοχής οδοστρώματος,

TRAF: κυκλοφοριακά φορτία

QUA: ποιότητα κατασκευής βαθμονομημένη σε κλίμακα 0–10 (το 10 αντιστοιχεί σε καλή ποιότητα κατασκευής, το 0 σε κακή),

PSV: ποιότητα αδρανών, αντίσταση σε στίλβωση των σκληρών αδρανών,

Ανάπτυξη Μοντέλων Πρόβλεψης Φθορών Οδοστρωμάτων με τη χρήση Ασαφών Συστημάτων

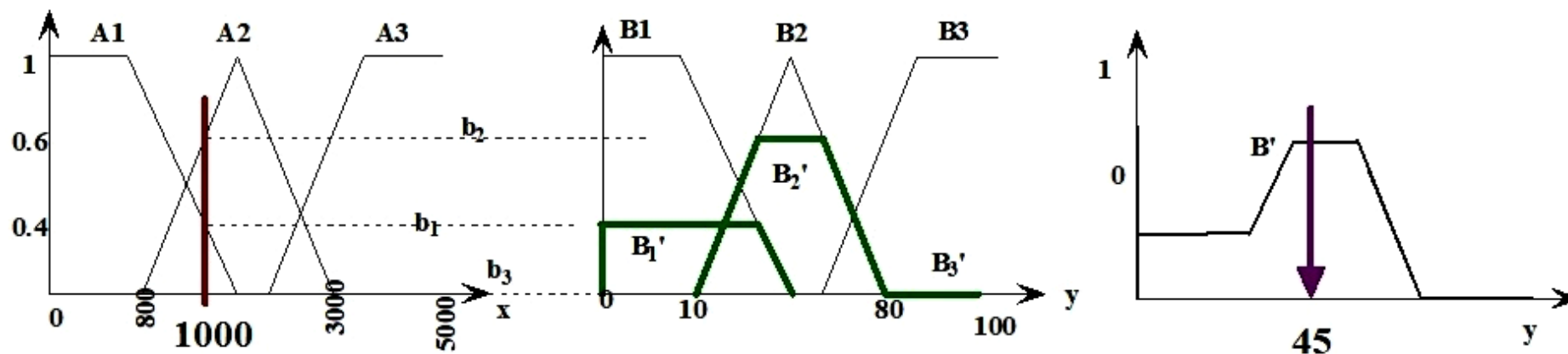
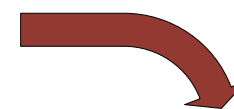
- **Ασαφή συστήματα (fuzzy systems):** Το πεδίο εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης που έχει την ικανότητα να επεξεργάζεται την ασαφή (αόριστη, εννοιολογική, αφαιρετική) ανθρώπινη γνώση.
- **Γλωσσικό ασαφές μοντέλο (linguistic fuzzy model - Mamdani):** Οι σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών αντιπροσωπεύονται με την βοήθεια των ασαφών κανόνων if... – then....
- **Γνώμες ειδικών (expert opinions):** Μέθοδος συλλογής ποιοτικών δεδομένων, χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις έλλειψης μετρήσεων πεδίου (π.χ. δυσκολία συλλογής λόγω μεγάλου μήκους του οδικού δικτύου και για μεγάλο χρονικό διάστημα, κλπ).

Γλωσσικό ασαφές μοντέλο (αλγόριθμος Mamdani)

Ανεξάρτητη μεταβλητή X
(Κυκλοφοριακός Φόρτος)

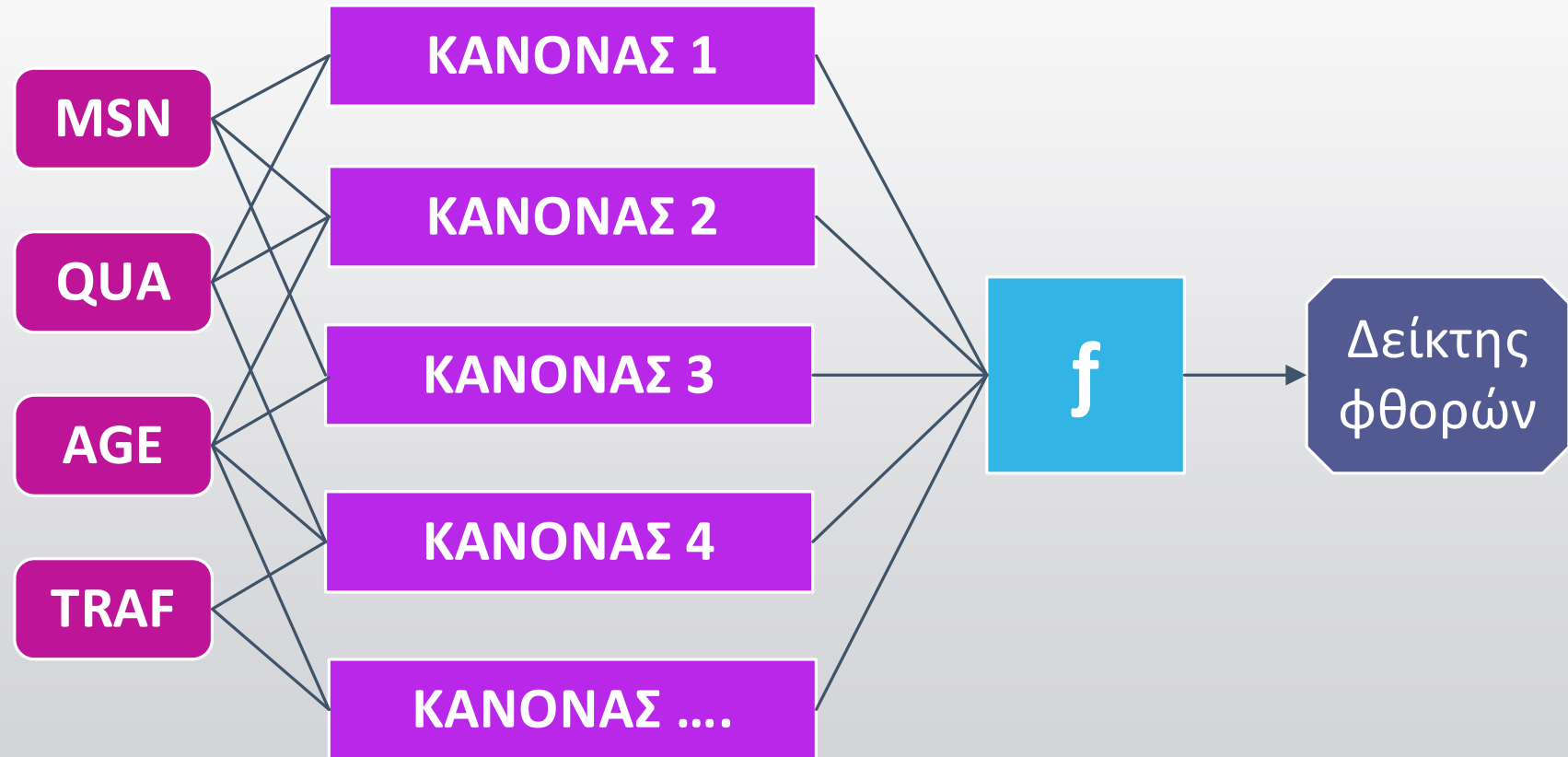


Εξαρτημένη μεταβλητή Y
(Δείκτης Φθοράς)



Ασαφή δεδομένα	if X (ΚΦ) is A1 (χαμηλός) then Y (ΔΦ) is B1 (χαμηλός) if X (ΚΦ) is A2 (μέσος) then Y (ΔΦ) is B2 (μέσος) if X (ΚΦ) is A3 (υψηλός) then Y (ΔΦ) is B3 (υψηλός)
Αριθμητικά δεδομένα	if X is 1000 then Y is 45 (προβολή κ.β. πολυπλεύρου)

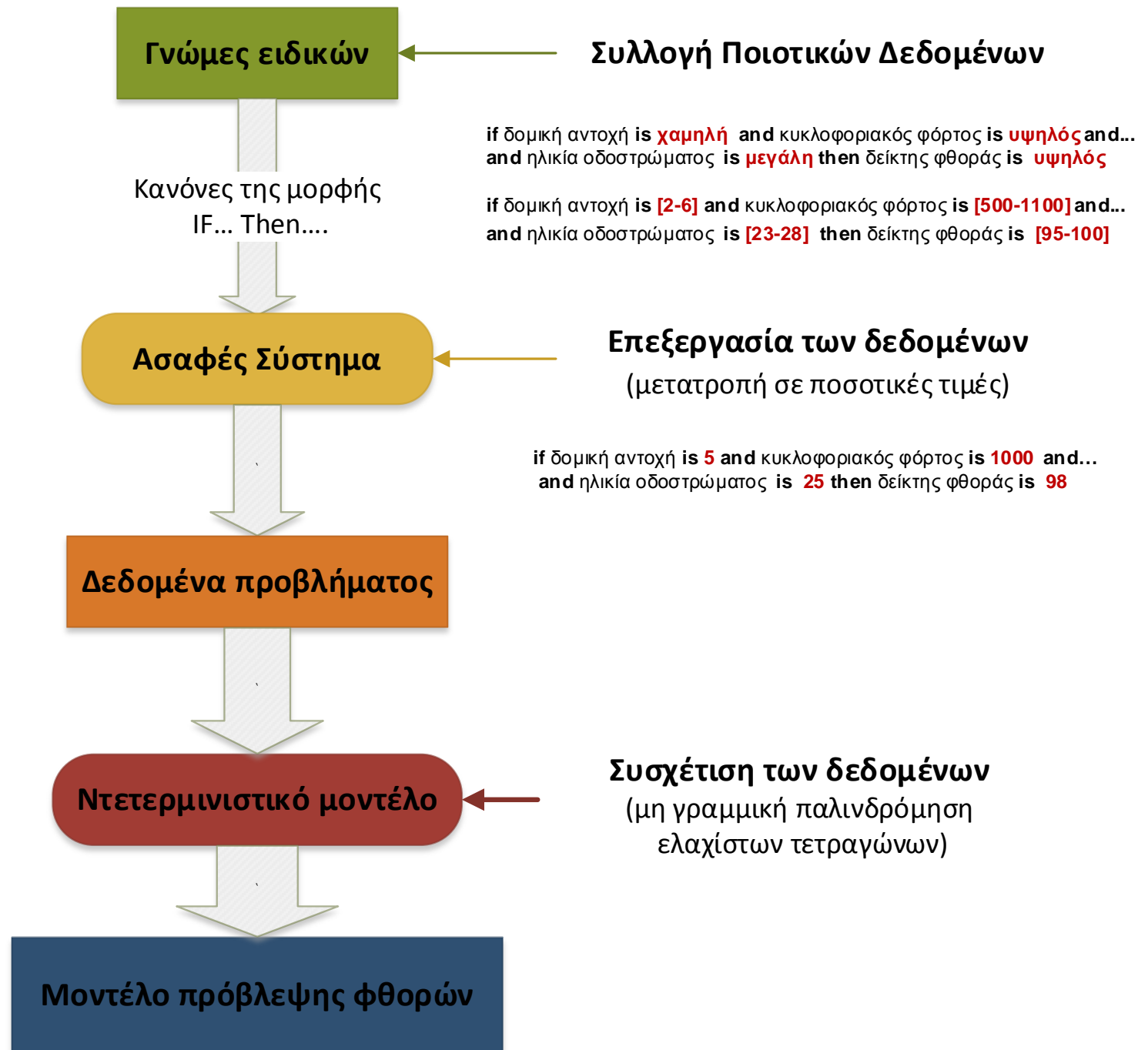
Σχηματική απεικόνιση μοντέλου πρόβλεψης φθορών οδοστρωμάτων με τη χρήση Ασαφών Συστημάτων



Παράμετροι συστήματος

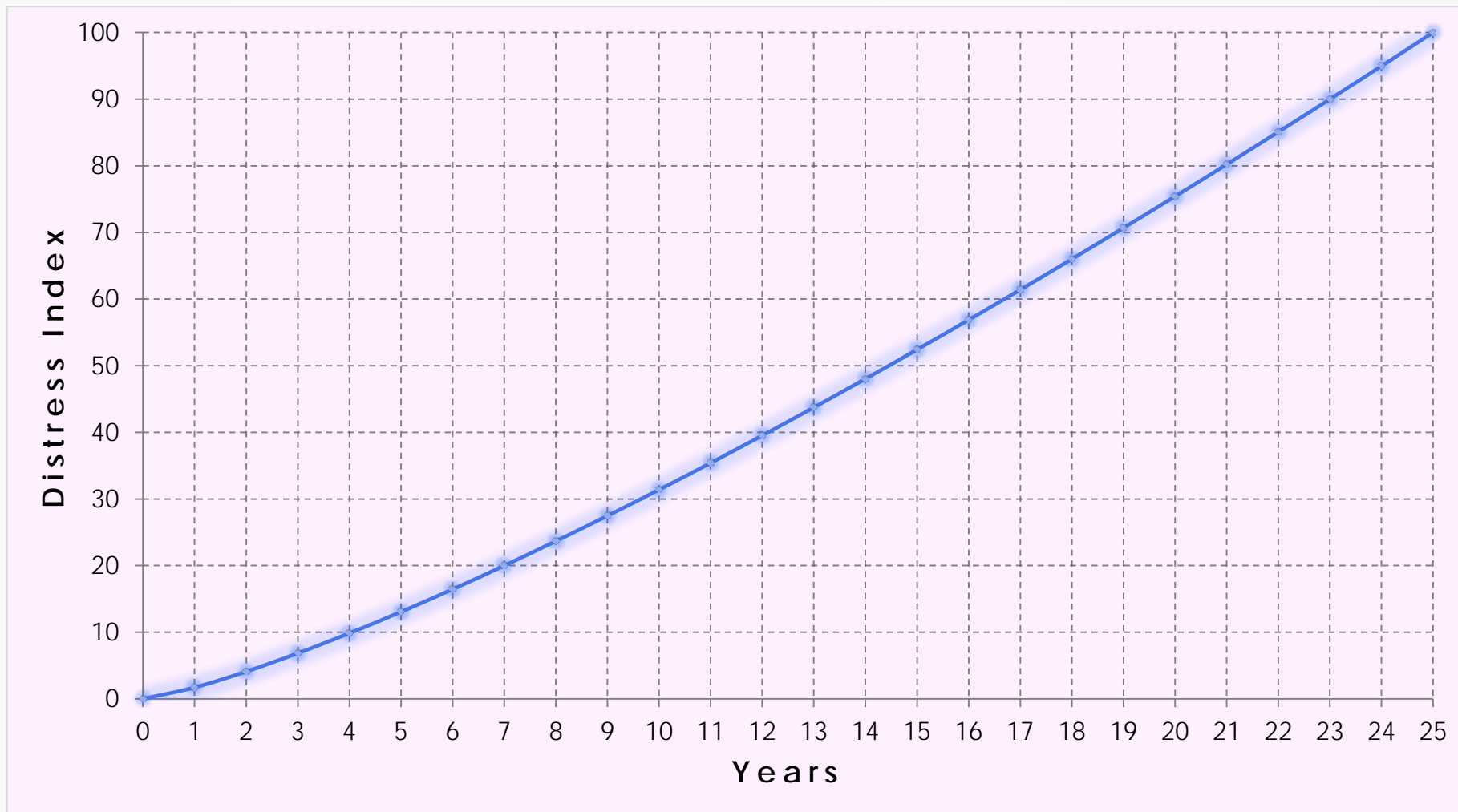
Φθορές	Παράγοντες επιρροής
Ρωγμές αλιγάτορα Διαμήκειες ρωγμές Εγκάρσιες ρωγμές Ρωγμές από ολίσθηση ταπήτων Τοπικές καθιζήσεις Τοπικές διογκώσεις Αυλακώσεις Μπαλώματα Αποκόλληση αδρανών Λακούβες Λείανση αδρανών Ανάδυση ασφάλτου	Ηλικία οδοστρώματος (AGE) Μέτρο ελαστικότητας ασφαλτικής στρώσης (E_{asphalt}) Μέτρο ελαστικότητας βάσης (E_{base}) Μέτρο ελαστικότητας υπόβασης (E_{subbase}) Μέτρο ελαστικότητας εδάφους (E_{subgrade}) Πάχος ασφαλτικής στρώσης (d_1) Πάχος βάσης (d_2) Πάχος υπόβασης (d_3) Υπόγειο νερό στις υποκείμενες στρώσεις (m_2, m_3, m_4) Θερμοκρασία ατμόσφαιρας (t)
	Ετήσια μέση ημερήσια κυκλοφορία (AADT) Ποσοστό βαρέων οχημάτων (TR)
	Ποιότητα σκληρών αδρανών (PSV)
	Ποσοστό ασφάλτου Ποσοστό κενών Βροχόπτωση Παγετός

Βήματα ανάπτυξης
Μοντέλου Πρόβλεψης
Φθορών Οδοστρωμάτων
με τη χρήση Ασαφούς
Συλλογιστικής

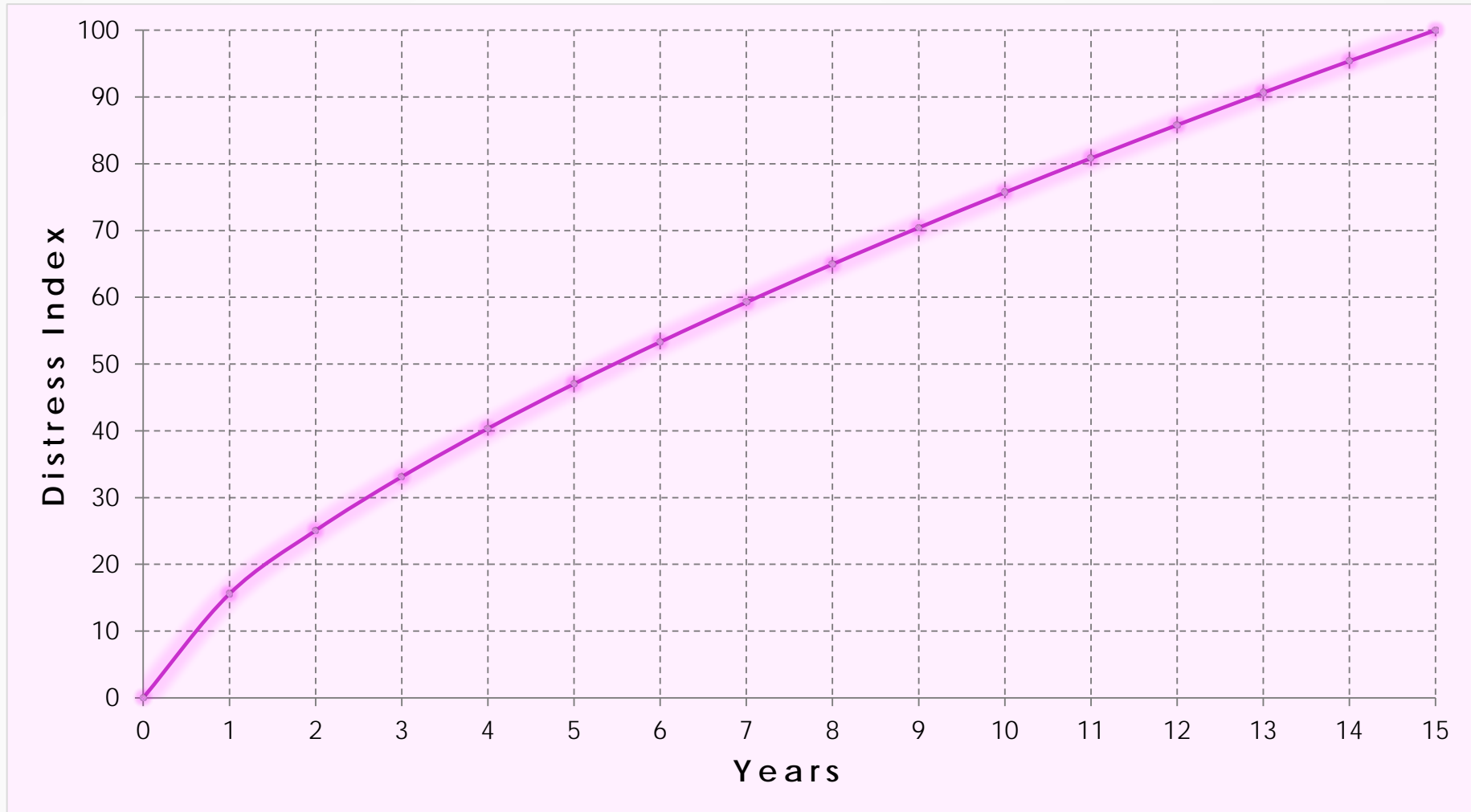




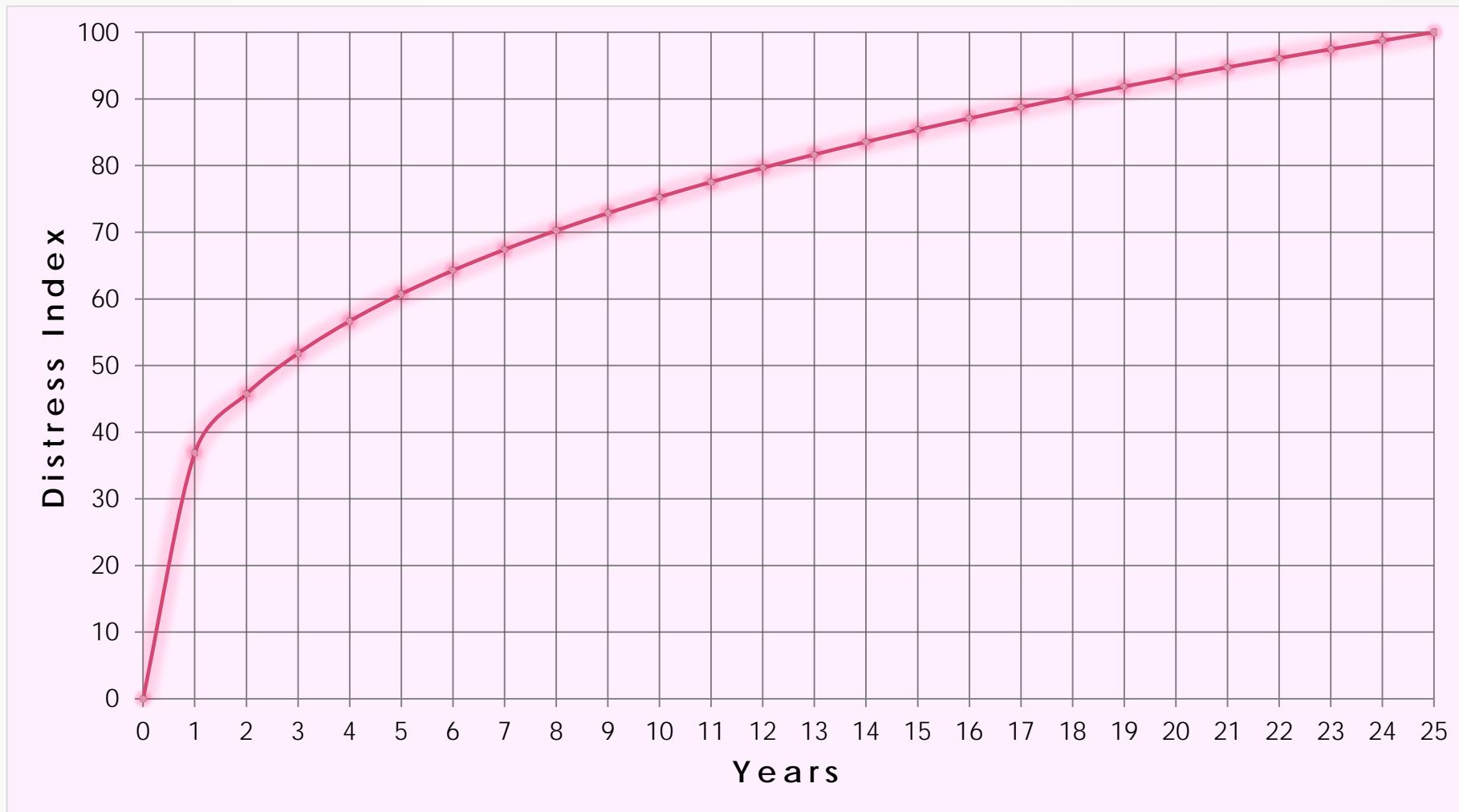
Καμπύλες πρόβλεψης εξέλιξης εγκάρσιων ρωγμών



Καμπύλες πρόβλεψης εξέλιξης ρωγμών αλιγάτορα



Καμπύλες πρόβλεψης εξέλιξης ανάδυσης ασφάλτου



Καμπύλες πρόβλεψης εξέλιξης τοπικών καθιζήσεων

Επιρροή κατάστασης οδοστρώματος στα λειτουργικά χαρακτηριστικά οδού και οχημάτων

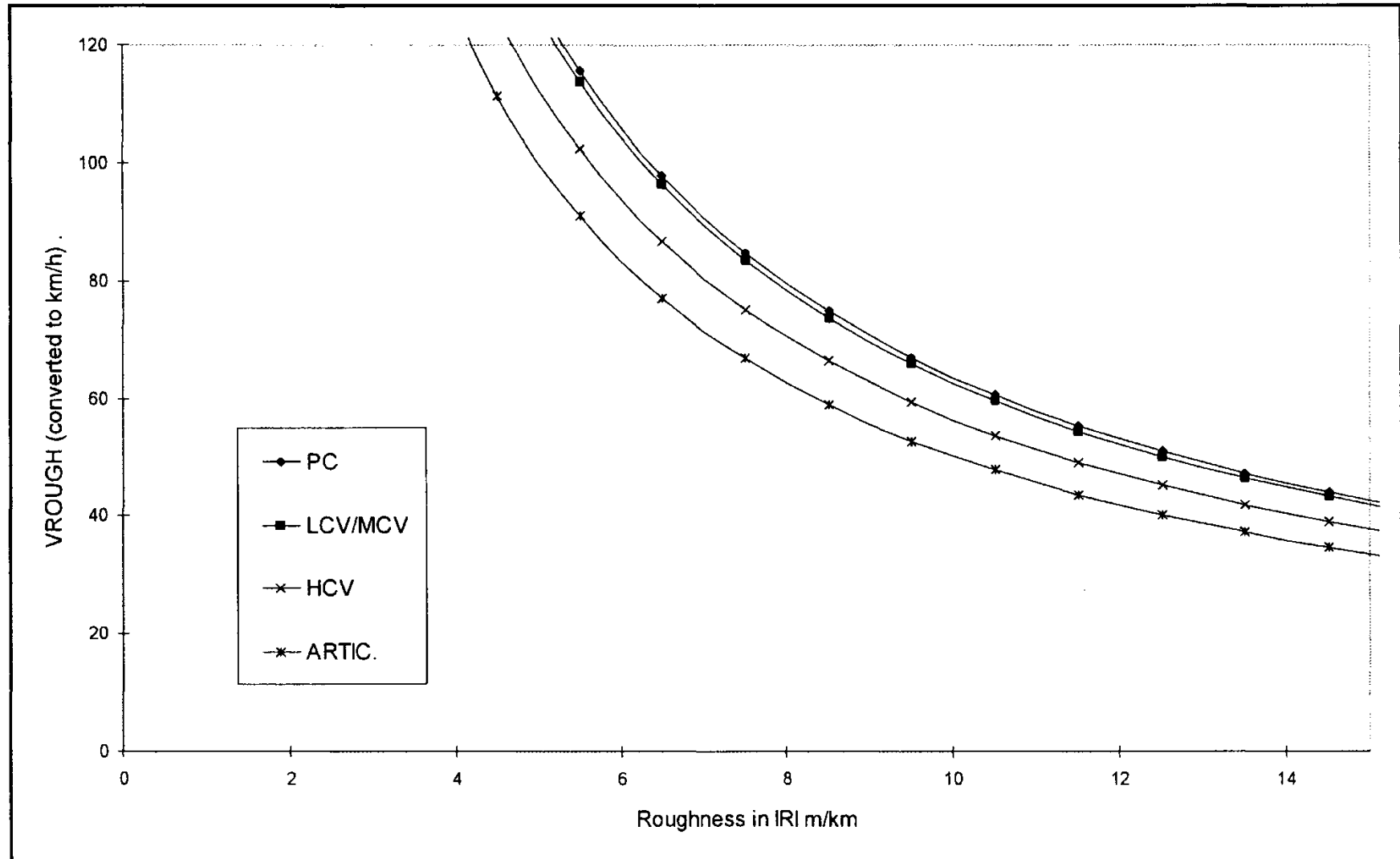
- Άμεσες επιπτώσεις εξαιτίας της κατάστασης στην οποία βρίσκεται ένα οδόστρωμα:

Επιπτώσεις στην/στα	Επιπεδότητα	Ολισθηρότητα
ταχύτητα οχημάτων	✓	
κόστος χρήστη (συντήρηση, υποτίμηση οχημάτων),	✓	
κατανάλωση καυσίμου	✓	
ατυχήματα	✓	✓

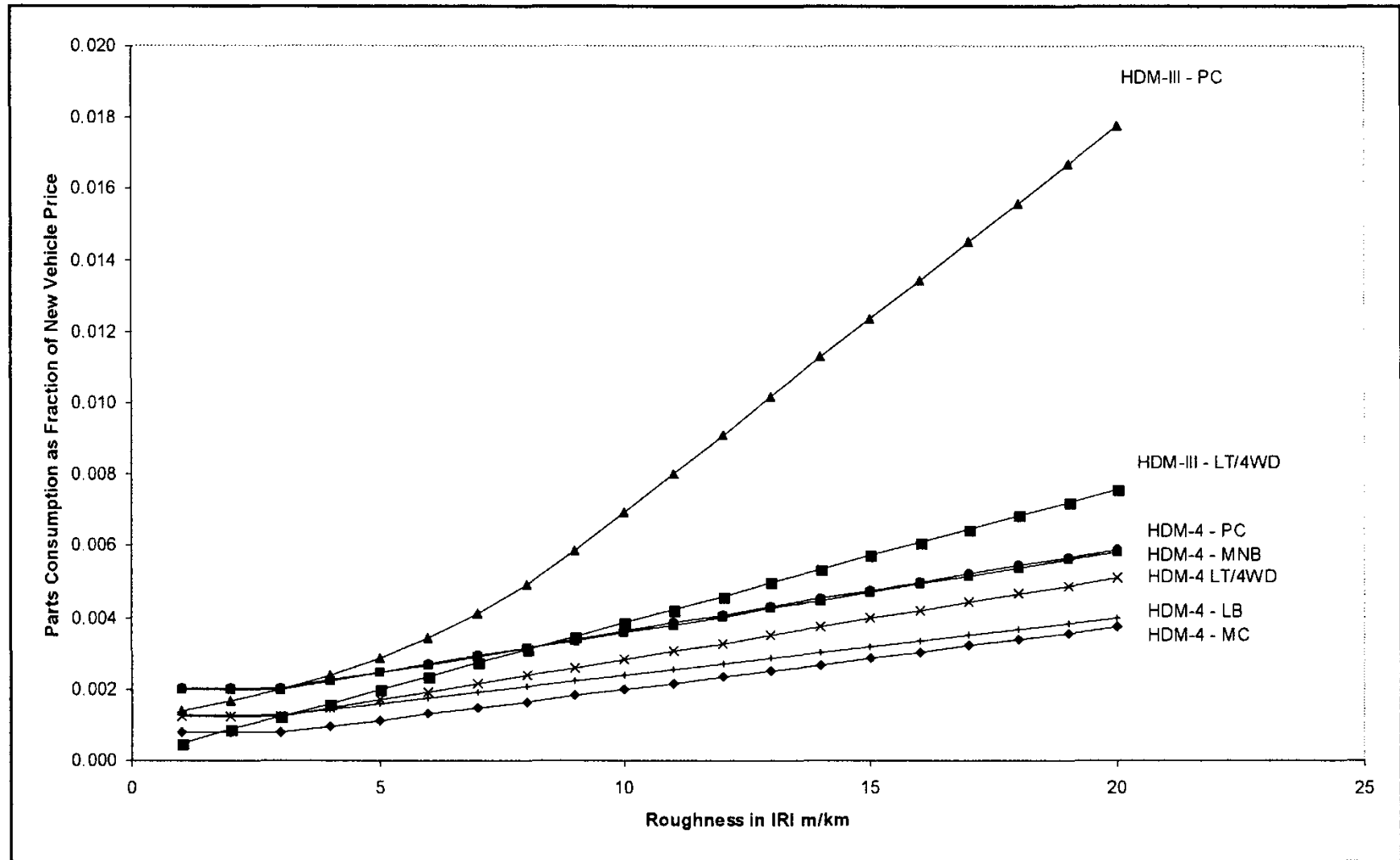
- Η επιρροή της κατάστασης του οδοστρώματος εξαρτάται από:
 - το μέσο επίπεδο κατάστασης σε μια περίοδο,
 - το ύψος της επίπτωσης ανά μονάδα υποβάθμισης της κατάστασης (π.χ., μείωση της ταχύτητας για επιδείνωση της κατάστασης κατά μια μονάδα IRI)

Ενδεικτικές τιμές επιρροής της επιπεδότητας οδού στις διάφορες συνιστώσες του κόστους κύκλου ζωής της οδού

Επιρροή επιπεδότητας σε	Ενδεικτικές τιμές	Πηγές βιβλιογραφίας
Ταχύτητα οχημάτων	Μείωση κατά 0,60 – 2,50 km/h ανά μοναδιαία αύξηση του IRI	Geipot (1982), Morosiuk and Abaynayaka (1982), CRRI (1982), Watanatada (1981)
Ταχύτητα οχημάτων	Αν για IRI=4 $v=120$ km/h, για IRI=14 αναμένεται $v=50$ km/h	Bennett and Greenwood (2001)
Κατανάλωση καυσίμου	Αύξηση 0,3 – 0,6% ανά μοναδιαία αύξηση του IRI	Chesher and Harrison (1987), IRC (1993)
Κατανάλωση ανταλλακτικών συντήρησης οχημάτων	0 – 0,1% της αξία καινούριου αυτοκινήτου ανά μοναδιαία αύξηση του IRI	Bennett and Greenwood (2001)
Χρήσιμη ζωή οχήματος	Μείωση κατά 2% ανά μοναδιαία αύξηση του IRI	Bennett and Greenwood (2001)
Ετήσια απόσβεση οχημάτων	Αύξηση κατά 5% ανά μοναδιαία αύξηση του IRI	Bennett and Greenwood (2001)
Κόστος χρήστη οχήματος	Αύξηση κατά 25% για μεταβολή του IRI από 1,2 σε 2,7	Barnes and Langworthy (2003)

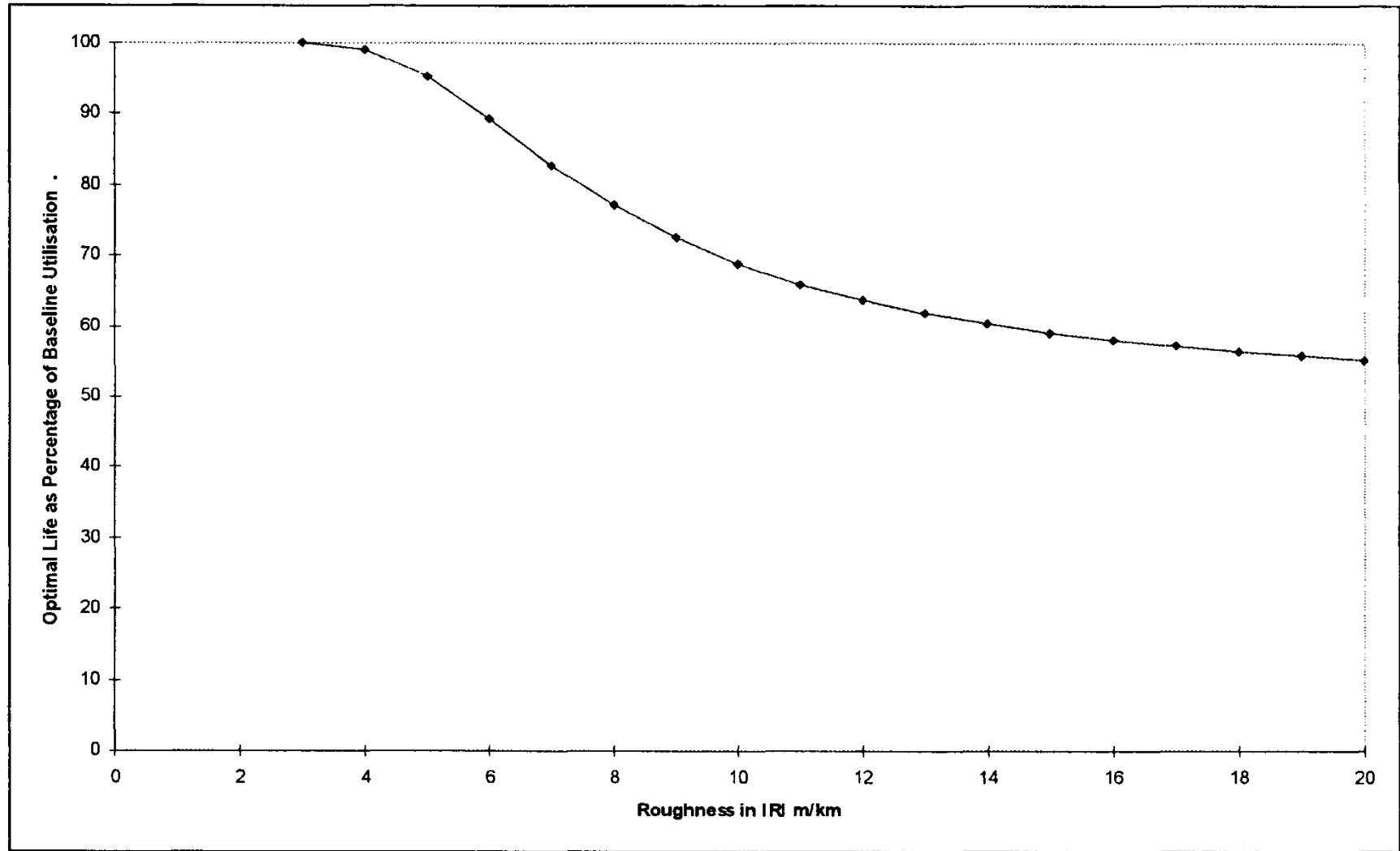


Επιρροή επιπεδότητας οδοστρώματος στην ταχύτητα κυκλοφορίας
(Bennett and Greenwood, 2001)

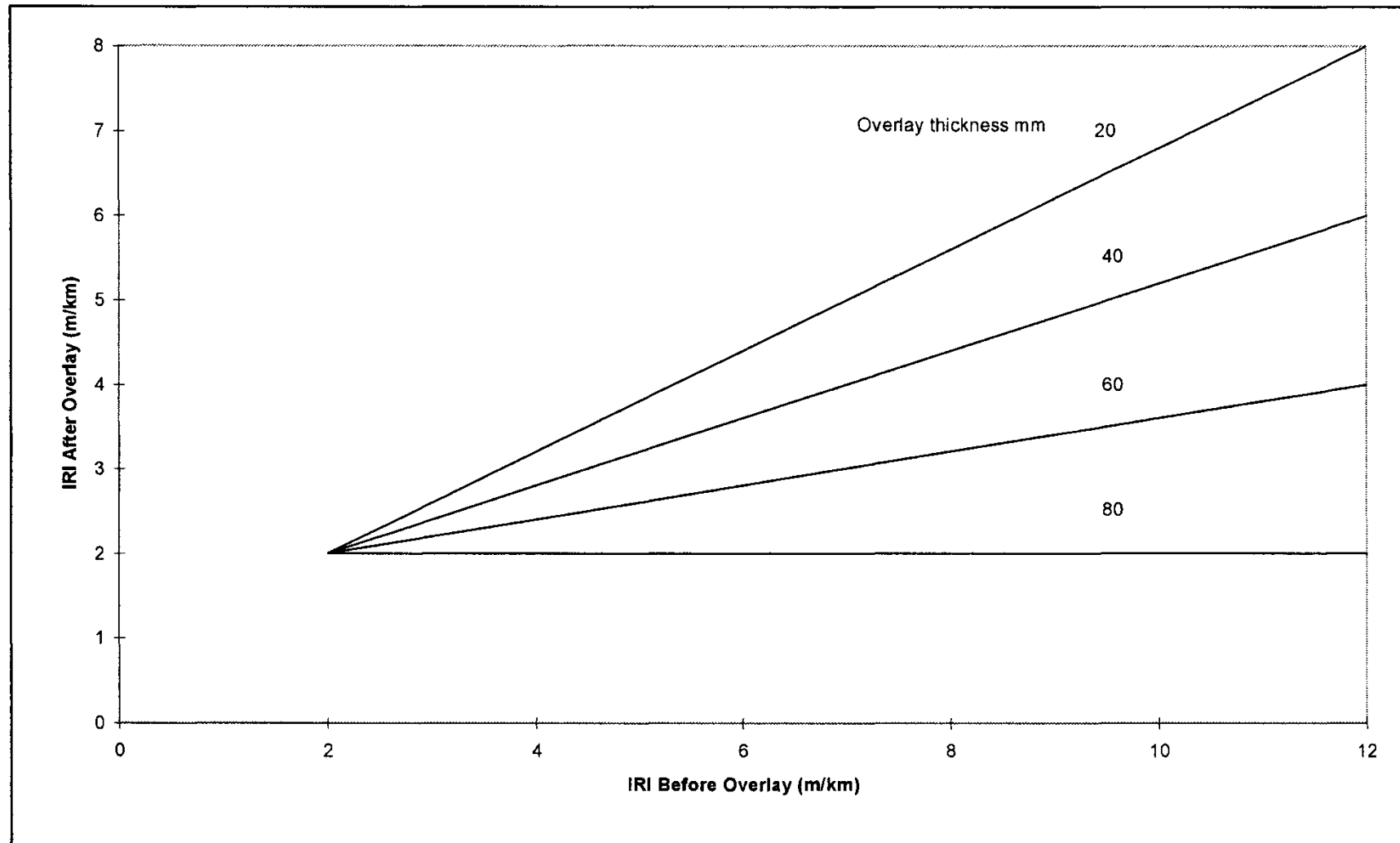


Επιρροή επιπεδότητας οδοστρώματος στην κατανάλωση ανταλλακτικών συντήρησης οχημάτων: Ελαφρά οχήματα

(Bennett and Greenwood, 2001)



Επιρροή επιπεδότητας οδοστρώματος στη χρήσιμη ζωή οχήματος
(Bennett and Greenwood, 2001)



Βελτίωση επιπεδότητας οδοστρώματος μετά από εφαρμογή επιστρώσεων
(N.D. Lee International, 1995)



Τέλος παρουσίασης