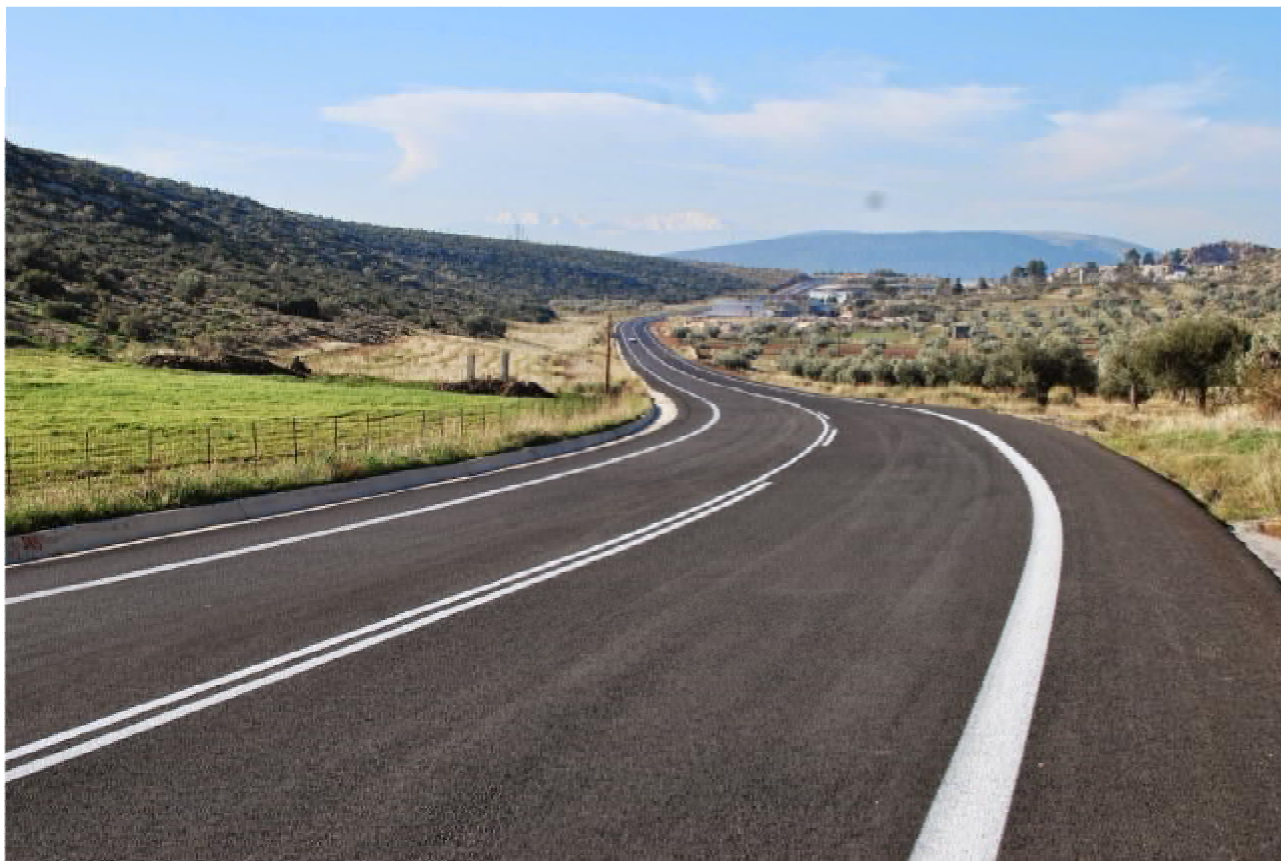


**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

- **ΣΧΟΛΗ : ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**
- **ΤΜΗΜΑ : ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**



## **ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΔΩΝ**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ/ΤΩΝ :

**ΤΕΛΩΝΗ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ  
ΜΠΑΣΑΝΟΥ ΙΩΑΝΝΑ**

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :

**ΛΥΚΟΥΡΓΙΩΤΗΣ ΣΩΤΗΡΗΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2015**

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, εκπονήθηκε από τις φοιτήτριες του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πατρών, Παρασκευή Τελώνη και Ιωάννα Μπασάνου , κατά το ακαδημαϊκό έτος 2014-2015 στον τομέα των Συστημάτων Διαχείρισης Οδών. Σύμβουλος της πτυχιακής αυτής ήταν ο Καθηγητής κ. Σωτήρης Λυκουργιώτης του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πατρών.

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η ανάλυση των Συστημάτων Διαχείρισης Οδοστρωμάτων που έχουν ως σκοπό την συντήρηση των οδοστρωμάτων με γνώμονα την ασφάλεια και την οικονομία παρουσιάζοντας και τις συνήθεις βλάβες που αντιμετωπίζουν τα οδοστρώματα όταν δεν δέχονται την απαραίτητη συντήρηση. Επιπλέον, γίνεται εκτενής ανάλυση στα Ευφυή Συστήματα τα οποία έχουν ως στόχο την αποδοτικότερη και οικονομικότερη κυκλοφορία. Τέλος, γίνεται αναφορά στα ασαφή συστήματα και συγκεκριμένα στα μοντέλα πρόβλεψης που μπορούν να αντιμετωπίσουν το πολυπαραμετρικό πρόβλημα της διαχείρισης οδών οδοστρωμάτων.

Οι περισσότερες πληροφορίες που συλλέχθηκαν για την δημιουργία του παρόντος συγγράμματος προήλθαν από παλαιότερες εργασίες καθώς και από το διαδίκτυο.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια σε αρκετές χώρες έχει ολοκληρωθεί η κατασκευή οδικών δικτύων και το ενδιαφέρον των φορέων οδοποιίας έχει στραφεί στη διαχείριση των οδικών κατασκευών. Τα Συστήματα Διαχείρισης Οδοστρωμάτων έχουν ως στόχο την οικονομική διαχείριση των οδοστρωμάτων και χρησιμοποιούν τεχνητή νοημοσύνη για να καταλήξουν στη βέλτιστη και οικονομικά αποδοτικότερη κατανομή των διαθέσιμων πόρων. Το ευφυές σύστημα που διαθέτουν έχει την δυνατότητα να εντοπίζει τη βέλτιστη λύση που μειώνει το κόστος συντήρησης αλλά δεν λαμβάνουν υπόψη τους τον αντίκτυπο της επιδείνωσης της κατάστασης του οδοστρώματος στο χρήστη αρχικά και έπειτα και στο περιβάλλον.

Ο στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η παρουσίαση των συστημάτων διαχείρισης οδοστρωμάτων που προσπαθούν να βρουν λύση στο ζήτημα μειώνοντας το γενικευμένο κόστος, το οποίο περιλαμβάνει το κόστος των παρεμβάσεων συντήρησης, το κόστος του χρήστη εξαιτίας της κατάστασης του οδοστρώματος και το περιβαλλοντικό κόστος. Τα δεδομένα του προβλήματος αφορούν την κατάσταση των τμημάτων που πρόκειται να συντηρηθούν, το είδος και τα χαρακτηριστικά της οδού στην οποία ανήκουν τα υπό εξέταση τμήματα του οδοστρώματος. Παρουσιάζεται αναλυτικά όλη διαδικασία τους ώστε να μουν σε εφαρμογή και η μεθοδολογία τους για την επίλυση του προβλήματος βελτιστοποίησης.

Στο 2ο κεφάλαιο έχει ως στόχο την ανάλυση του οδοστρώματος το οποίο έχει ως σκοπό την ομαλή και κυρίως την άνετη κύλιση των οχημάτων πάνω του. Παρουσιάζεται η δομή του, δηλαδή ότι αποτελείται από τέσσερις στρώσεις, την έδραση, την υπόβαση, την βάση και τις ασφαλικές στρώσεις. Επίσης αναλύεται και ο βασικός διαχωρισμός των οδοστρωμάτων σε εύκαμπτα και σε δύσκαμπτα. Τέλος γίνεται ιδιαίτερα εκτενής ανάλυση στις φθορές των οδοστρωμάτων, δηλαδή τις ατέλειες ή καταπονήσεις του οδοστρώματος που γίνονται αντιληπτές με απλή παρατήρηση και εκτιμώνται και σχετίζονται με τον κύκλο ζωής για κάθε τύπο οδοστρώματος για δεδομένες κυκλοφοριακές και καιρικές συνθήκες. Γίνεται αναφορά σε όλες τις φθορές οι οποίες χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες : τις ρηγματώσεις, τις παραμορφώσεις και τέλος τις αποσυνθέσεις – λειάνσεις . Ο σκοπός του κεφαλαίου είναι να παρουσιάσει τι προβλήματα μπορεί να αντιμετωπίσει το οδόστρωμα χωρίς την κατάλληλη συντήρηση, δηλαδή χωρίς την χρήση των συστημάτων διαχείρισης οδοστρωμάτων.

Στο 3ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα ευφυή συστήματα μεταφορών ( intelligent transport systems- ITS) τα οποία είναι ένας συνδυασμός τεχνολογιών πληροφόρησης και επικοινωνιών εφαρμοσμένων στον τομέα των μεταφορών με στόχο την αποδοτικότερη ,ασφαλέστερη και οικονομικότερη

κυκλοφορία των ατόμων ή των εμπορευμάτων κάνοντας έξυπνη χρήση των προχωρημένων ηλεκτρονικών και επικοινωνιακών τεχνολογιών επιτρέποντας την παροχή πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο σε όλους τους εμπλεκόμενους στη μεταφορική διαδικασία . Ο κύριος στόχος των ITS είναι η ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής και των αγαθών και η ανάγκη για μέτρηση της αποτελεσματικότητας των διαφόρων μεταφορικών μέσων.

Στο 4ο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στην ασαφή λογική (fuzzy logic) η οποία γνώρισε τεράστια ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια και πλέον παρουσιάζεται σε κάθε τομέα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Παρουσιάζονται τα πιο συνήθη μοντέλα πρόβλεψης μπορούν να διακριθούν σε 4 κατηγορίες :ντετερμινιστικά, πιθανοτικά, υποκειμενικά και τα μοντέλα ‘ευφών’ μεθοδολογιών. Επιπλέον. Παρουσιάζεται το σύστημα ανάπτυξης μοντέλων που έχει παρουσιάσει η Ελένη Λουκέρη ( Πολιτικός Μηχανικός ΠΑΤΡΑ 2004 )



# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	<b>2</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>3</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ</b> .....	<b>5</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ</b> .....	<b>7</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ</b> .....	<b>8</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ</b> .....	<b>10</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΔΩΝ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1 ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ</b> .....	<b>11</b>
<b>1.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ</b> .....	<b>13</b>
<b>1.3 ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ</b> .....	<b>15</b>
1.2.1 Μεθοδολογία .....	21
1.2.2 Ιδιότητες και λειτουργικά χαρακτηριστικά της καταστασης των οδοστρωμάτων .....	23
<b>1.1 ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ</b> .....	<b>26</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ. ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ</b> .....	<b>27</b>
<b>2.1 Δομή του οδοστρώματος</b> .....	<b>27</b>
<b>2.2 Επιφανειακές φθορές των οδοστρωμάτων</b> .....	<b>32</b>
2.2.1 ρηγματώσεις .....	34
2.2.2 Παραμορφώσεις .....	42
2.2.3 Αποσυνθέσεις – Λειάνσεις .....	47
<b>2.3 Συντήρηση οδοστρωμάτων</b> .....	<b>52</b>
.....	<b>52</b>
2.3.1 κόστος συντήρησης .....	52
2.3.2 παρεμβάσεις συντήρησης των οδοστρωμάτων .....	54
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ (INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS-ITS)</b> .....	<b>55</b>
<b>3.1 Εισαγωγή στα ITS</b> .....	<b>55</b>
<b>3.2 Τα ITS σε συνδιασμό με την τεχνολογία</b> .....	<b>59</b>

3.3 ΤΡΕΧΟΥΣΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ITS.....	64
3.5 ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	69
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΑΣΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ / ΑΣΑΦΗ ΛΟΓΙΚΗ .....</b>	<b>72</b>
4.1 Εισαγωγή στην ασαφή λογική.....	72
4.2 Είδη μοντέλων πρόβλεψης.....	73
4.2.1 Κατηγορίες μοντέλων.....	75
4.3. Ασαφή συστήματα, διαμόρφωση και προσδιορισμός .....	75
4.3.2 Εισαγωγή.....	76
4.4 Σύστημα ανάπτυξης μοντέλων που έχει παρουσιάσει η Ελένη Λουκέρη Πολιτικός Μηχανικός, ΠΑΤΡΑ, 2004.....	78
4.4.1 στόχοι και δομή συστήματος ανάπτυξης μοντέλων .....	78
4.4.2 Μοντέλα πρόβλεψης .....	79
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....</b>	<b>88</b>
5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	88
5.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....	89
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	91

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ**

**Εικόνα 1.1** Αυτοκινητόδρομος

**Εικόνα 1.2** Αστική οδός

**Εικόνα 1.3** Αυτοκινητόδρομος

**Εικόνα 1.4** Διασταύρωση

**Εικόνα 2.1** Ρωγμές τύπου αλιγάτορα

**Εικόνα 2.2** Ρωγμές τύπου αλιγάτορα

**Εικόνα 2.3** Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος

**Εικόνα 2.4** Ρωγμές ανάκλασης

**Εικόνα 2.5** Ολίσθηση τάπητα

**Εικόνα 2.6** Εγκάρσια ρωγμή

**Εικόνα 2.7** Διαμήκεις ρωγμές

**Εικόνα 2.8** Ρωγμή συστολής η συρρίκνωσης

**Εικόνα 2.9** Αυλάκωση στις τροχιές των τροχών

**Εικόνα 2.10** Αυλάκωση

**Εικόνα 2.11** Τοπική καθίζηση

**Εικόνα 2.12** Τοπική καθίζηση

**Εικόνα 2.13** Τοπική διόγκωση

**Εικόνα 2.14** Ρυτιδώσεις

**Εικόνα 2.15** Λακκούβα

**Εικόνα 2.16** Πλήρωση λακκουβών με ασφαλτόμιγμα

**Εικόνα 2.17** Απόσπαση αδρανών

**Εικόνα 2.18** Αποκόλληση κατά πλάκες

**Εικόνα 2.19** Ανάδυση ασφάλτου

**Εικόνα 3.1** Φωτεινός σηματοδότης

**Εικόνα 3.2** Αυτοκινητόδρομος Ρίου – Αντιρίου

**Εικόνα 3.3** Διάδρομος αεροδρομίου

**Εικόνα 3.4** Ηλεκτρονικό GPS

**Εικόνα 3.5** Αυτοκινητόδρομος διπλής κατεύθυνσης

**Εικόνα 3.6** Διόδια

**Εικόνα 3.7** Φωτεινός σηματοδότης διοδίων

**Εικόνα 3.8** Φωτεινή πινακίδα προσοχής

**Εικόνα 3.9** Ένδειξη έργων

**Εικόνα 3.10** Όριο ταχύτητας

**Εικόνα 3.11** Πινακίδα

**Εικόνα 3.12** Ηλεκτρονική πινακίδα πληροφοριών

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ**

**Σχήμα 1.1** Βαθμολογία κατάστασης οδοστρώματος

**Σχήμα 1.2** Συστατικά ενός συστήματος διαχείρισης οδοστρωμάτων

**Σχήμα 1.3** Διάγραμμα που απεικονίζει τη σχέση μεταξύ μοντέλων ενός συστήματος διαχείρισης οδοστρωμάτων

**Σχήμα 1.4** Διάγραμμα ροής ενός πλήρους συστήματος διαχείρισης οδοστρωμάτων

**Σχήμα 1.5** Μεταβολές στην κατάσταση του οδοστρώματος

**Σχήμα 2.1** Τομή ασφαλτικού σκυροδέματος

**Σχήμα 2.2** Ταξινόμηση οδοστρωμάτων ανάλογα με την ελαστικότητα τους

**Σχήμα 2.3** Τυπική διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος

**Σχήμα 2.4** Σχηματική απεικόνιση των κόστων συντήρησης

**Σχήμα 4.1** Τυπικά διαγράμματα ντετερμινιστικών μοντέλων

**Σχήμα 4.2** Δομή προτεινόμενου συστήματος

**Σχήμα 4.3** Διαδικασία εύρεσης της εξίσωσης του ντετερμινιστικού μοντέλου

**Σχήμα 4.4** Γραφική απεικόνιση των δεδομένων για την εύρεση του πιθανοτικού μοντέλου

**Σχήμα 4.5** Διαδικασία εύρεσης πιθανοτικού μοντέλου με τον πρώτο τρόπο επίλυσης

**Σχήμα 4.6** Διαδικασία εύρεσης του πιθανοτικού μοντέλου με τον δεύτερο τρόπο επίλυσης



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

**Πίνακας 1.1** Κριτήρια ποιότητας οδοστρωμάτων ως συναρτήσεις των επιφανειακών χαρακτηριστικών

**Πίνακας 2.1** Οι κυριότερες φθορές που εντοπίζονται σε οδοστρώματα

**Πίνακας 2.2** Οι κυριότερες παρεμβάσεις συντήρησης οδοστρωμάτων που εφαρμόζονται στην Ελλάδα

**Πίνακας 3.1** Δεδομένα σε συστήματα διοίκησης διανομής

**Πίνακας 4.1** Διαφορές των μεθόδων διαμόρφωσης

**Πίνακας 4.2** Συγκεκριμένες και ασαφείς πληροφορίες στα συστήματα

## Κεφάλαιο 1 : Συστήματα διαχείρισης οδών: η περίπτωση των συστημάτων διαχείρισης οδοστρωμάτων.



**Εικόνα 1.1** Αυτοκινητόδρομος (διαδίκτυο)

### 1.1 ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Τα χερσαία δίκτυα μεταφοράς αποτελούν μια μεγάλη κατηγορία των δικτύων μεταφοράς και μπορούμε να τα χωρίσουμε σε δύο κατηγορίες : τις οδικές και τις σιδηροδρομικές μεταφορές. Πιο σημαντικό ρόλο έχουν οι οδικές μεταφορές καθώς σε αυτές στηρίζονται η οικονομία αλλά και γενικά η κοινωνία καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό ανθρώπων μετακινούνται με αυτοκίνητα και λεωφορεία μέσω οδικών δικτύων.

Στην κατηγορία των οδικών μεταφορών οι μεταφορές γίνονται μέσα από το οδικό δίκτυο. Το οδικό δίκτυο ξεκίνησε αρχικά ως ένα απλό μονοπάτι και αργότερα δημιουργήθηκε ο λιθόστρωτος δρόμος. Στις μέρες μας, δρόμο ονομάζουμε μια λωρίδα εδάφους ανάμεσα σε δύο μέρη που μετά από επέμβαση του ανθρώπου έχει γίνει πιο εύκολη η μετακίνηση των ανθρώπων, ποδηλάτων αλλά και των μηχανοκίνητων οχημάτων.

Η κατασκευή οδικών δικτύων εκτός ότι αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της οικονομίας και της ανάπτυξης μιας χώρας, οδηγεί και σε μεγάλη ανάπτυξη του κλάδου των οδικών κατασκευών το οποίο λειτουργεί επίσης ως ένα σημαντικό συστατικό της οικονομίας όχι μόνο σε εθνικό επίπεδο αλλά και σε διεθνές.

Το οδικό δίκτυο χωρίζεται σε διάφορες κατηγορίες οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω :

- I **Διοικητική κατάταξη**, με βάση τις αρμόδιες κρατικές υπηρεσίες και συνήθως διακρίνονται σε εθνικές, επαρχιακές και τέλος κοινοτικές οδούς.
- I **Αριθμητική κατάταξη**, είναι οι δρόμοι του εθνικού δικτύου αλλά και κάποιοι επαρχιακοί
- I **Κατάταξη των οδών κατά τύπο**, με βάση τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά
- I **Λειτουργική κατάταξη**, ανάλογα με τον σκοπό που εξυπηρετεί. Π.χ δρόμοι ταχείας κυκλοφορίας ή οι τοπικοί δρόμοι



**Εικόνα 1.2** Αστική οδός ( διαδύκτιο)





**Εικόνα 1.3** Αυτοκινητόδρομος δύο λωρίδων (πηγή: διαδίκτυο)

## 1.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Το οδικό δίκτυο είναι ένα από τους σπουδαιότερους παράγοντες για την ανάπτυξη μιας χώρας σε διάφορους τομείς όπως είναι η οικονομία και ο πολιτισμός. Για την κατασκευή νέων σύγχρονων οδικών δικτύων αλλά και για την συντήρηση των ήδη υπάρχοντων δικτύων απαιτούνται μεγάλα κόστη τα οποία είχαν ως συνέπεια την ανάπτυξη των Συστημάτων Διαχείρισης Οδοστρωμάτων ( Pavement Management Systems). Η ανάπτυξη ενός Συστήματος Διαχείρισης Οδοστρωμάτων (ΣΔΟ) αποσκοπεί σε οικονομικά, τεχνικά, οργανωτικά και κοινωνικά οφέλη με στόχο την καλύτερη και ασφαλέστερη κυκλοφορία των ατόμων η των εμπορευμάτων . Επίσης βασικό τους αποτέλεσμα είναι η μείωση του κόστους συντήρησης των οδοστρωμάτων αλλά και η παράταση του χρόνου

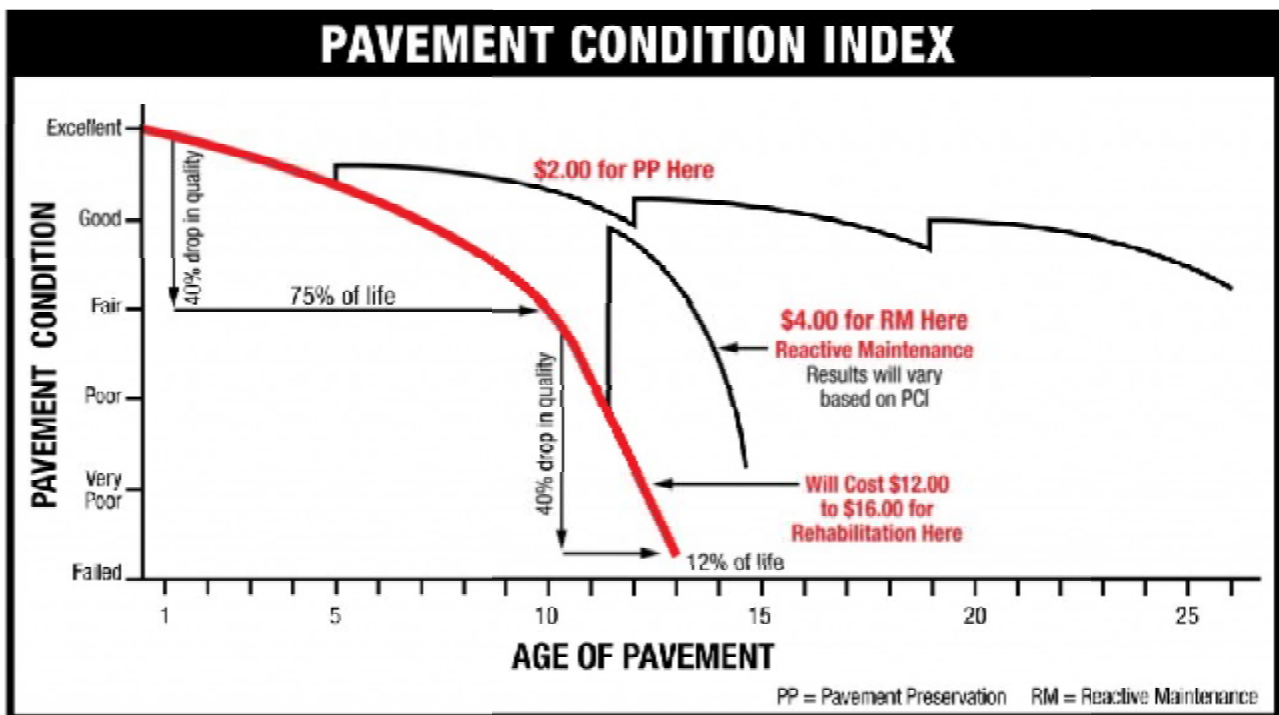
ζωής τους. Είναι εργαλεία βελτιστοποίησης του κόστους και βοηθάνε το μηχανικό να διαχειριστεί την σημαντική επένδυση που έχει γίνει στα οδοστρώματα. Τα ΣΔΟ έχουν την ικανότητα όχι μόνο να προσδιορίζουν την μελλοντική κατάσταση του οδοστρώματος αλλά και να παρακολουθούν την τρέχουσα κατάσταση του. Παράλληλα μπορούν να σχεδιάζουν τις εργασίες συντήρησης με τεχνικά και οικονομικά κριτήρια. Επίσης αποτυπώνεται με τη χρήση τους η πραγματική κατάσταση του οδοστρώματος και εντοπίζουν τα επικίνδυνα σημεία της οδού. Έχουν ως σκοπό να αξιοποιούνται τα χρήματα με βέλτιστο τρόπο και να έχουμε μια οργανωμένη υποδομή. Επιπλέον, βοηθάει στον περιορισμό του υλικού και κοινωνικού κόστους που προκύπτει από τα τροχαία ατυχήματα, λόγω της βελτίωσης της κατάστασης των οδοστρωμάτων, που συνεπάγεται άνοδο του επιπέδου ασφαλείας στους δρόμους. Οι μηχανικοί στις εταιρίες, στους οργανισμούς αλλά και στις κρατικές υπηρεσίες δεν έχουν πάντα την απαραίτητη εκπαίδευση και εμπειρία καθώς και τον χρόνο που απαιτείται και τα κατάλληλα δεδομένα για να λάβουν τις βέλτιστες αποφάσεις για τη συντήρηση των οδοστρωμάτων. Έχουν όμως την ευθύνη για το 75% των εθνικών αυτοκινητοδρόμων. Η Διαχείριση Οδοστρωμάτων προσπαθεί να επιλύσει το πιο πάνω θέμα απευθυνόμενη σε φορείς οδοποιίας που θέλουν να διατηρούν ολοκληρωμένα τα στοιχεία της κατάστασης των οδοστρωμάτων του οδικού τους δικτύου ώστε να είναι σε θέση να επεμβαίνουν άμεσα και με μειωμένο κόστος για να το διατηρούν σε φυσιολογική κατάσταση.

[1] Το πρόβλημα της Διαχείρισης Οδοστρωμάτων έγκειται στο μεγάλο αριθμό και στην ποικιλία των παραμέτρων καθώς και στην δυσκολία καθορισμού των συσχετίσεων μεταξύ τους. Γενικά, η Διαχείριση Οδοστρωμάτων αποτελείται από τρία στοιχεία:

I Κύκλος ζωής οδοστρώματος: περιλαμβάνει στοιχεία σχετικά με την κατασκευή οδοστρωμάτων, τη μεταβολή της κατάστασης τους με το χρόνο και πως αυτές οι διαδικασίες μπορούν να επηρεαστούν από τις διάφορες μορφές της συντήρησης ή ανακατασκευής.

I Κόστος που έχει σχέση με τον κύκλο ζωής οδοστρώματος: περιλαμβάνει το κόστος της αρχικής κατασκευής, το κόστος συντήρησης, τον προσδιορισμό της απομένουσας τελικής αξίας και τον καθορισμό του κόστους των χρηστών.

I Συστήματα Διαχείρισης Οδοστρωμάτων: περιλαμβάνουν όλα τα συστήματα για τον καθορισμό του κατάλληλου χρόνου για συντήρηση του οδικού δικτύου σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο εξυπηρέτησης με το ελάχιστο κόστος.



Διάγραμμα 1.1 Βαθμολογία κατάστασης οδοστρώματος (διαδίκτυο)

### 1.3 ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Τα συστήματα διαχείρισης οδοστρωμάτων εφαρμόζονται βασικά για τον στρατηγικό σχεδιασμό της συντήρησης του οδικού δικτύου με απώτερο σκοπό την καλύτερη λειτουργία από τους χρήστες. Τα ΣΔΟ μπορούν να εφαρμοστούν σε δύο επίπεδα αποφάσεων : σε επίπεδο δικτύου καλύπτοντας ολόκληρο το οδικό δίκτυο μίας χώρας ή ενός νομού για παράδειγμα ή μπορούν να εφαρμοστούν σε επίπεδο έργου καλύπτοντας ένα ή περισσότερα τμήματα του δικτύου.

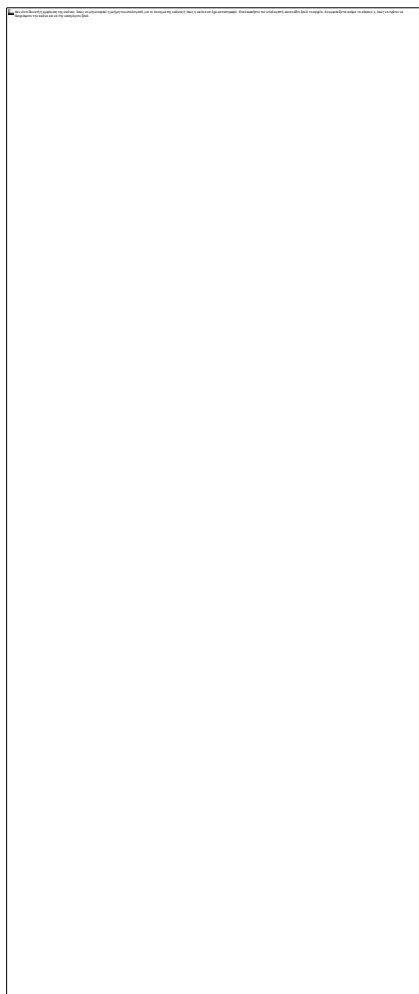
Σε επίπεδο δικτύου ένα ΣΔΟ παρέχει γενικές συμπερασματικές πληροφορίες για όλο το δίκτυο και πραγματεύεται τα ακόλουθα:

- Το μέγεθος του δικτύου, την παρούσα κατάσταση του οδοστρώματος, την έκταση των φθορών καθώς και το ιστορικό των φθορών και των επεμβάσεων.
- Τα κυκλοφοριακά στοιχεία του οδοστρώματος όπως χρόνοι διαδρομής και τροχαία ατυχήματα.
- Τις ετήσιες προϋπολογιζόμενες δαπάνες συντήρησης και τους διαθέσιμους πόρους.
- Την τακτική λήψης αποφάσεων και τη βέλτιστη κατανομή πόρων στα έργα συντήρησης.

- Την στρατηγική της ποιότητας της οδικής υποδομής: επίπεδα ελέγχου και επέμβασης.
- Τον εντοπισμό τμημάτων με ομοειδή χαρακτηριστικά.
- Τον καθορισμό των χαρακτηριστικών των οδοστρωμάτων που πρέπει να μετρώνται, τις μεθόδους μέτρησης, τον απαιτούμενο εξοπλισμό και την προβλεπόμενη συχνότητα μετρήσεων.
- Τις προβλέψεις για μελλοντικές ανάγκες και το κόστος των επεμβάσεων.

Σε επίπεδο έργου το ΣΔΟ ασχολείται με τις τεχνικές λεπτομέρειες σε τμήματα του οδικού δικτύου, οι οποίες έχουν να κάνουν με:

- Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του οδοστρώματος που έχουν να κάνουν με το υπέδαφος, το κόστος και τις μηχανικές ιδιότητες των υλικών κατασκευής, τις κλιματολογικές συνθήκες.
- Τον κυκλοφοριακό φόρτο, τις ταχύτητες των οχημάτων συναρτήσει των εμφανιζόμενων φθορών και του χρόνου.
- Το κόστος χρήσης της υποδομής, όπου λαμβάνεται υπόψη το κόστος των χρόνων διαδρομής, το κόστος των ατυχημάτων, το κόστος κίνησης, καθυστερήσεις λόγω συντήρησης κλπ.
- Τον καθορισμό προτεραιοτήτων μεταξύ βλαβών και τμημάτων του οδοστρώματος και το είδος της επέμβασης: συντήρηση, αποκατάσταση ή ενίσχυση, ανακατασκευή.
- Τη συνεχή ανατροφοδότηση με τα τρέχοντα στοιχεία είδους και θέσης φθορών και επισκευών.
- Τη δημιουργία των μοντέλων πρόβλεψης φθορών, τις απαιτήσεις συντήρησης που προκύπτουν από τα μοντέλα αυτά και τα επίπεδα ανεκτής ποιότητας.
- Τη στιγμή και το είδος της επέμβασης με βάση τη μεγιστοποίηση του οφέλους προς το κόστος.
- Τα εναλλακτικά σενάρια συντήρησης για συνδυασμούς βλαβών.



**Σχήμα 1.2** Συστατικά ενός συστήματος διαχείρισης οδοστρωμάτων (ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΓΕΝΕΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ. ΜΑΙΡΗ Ι. ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΥ )

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, τα δεδομένα που προκύπτουν και χρίζουν επεξεργασίας είναι πολλά και ετερόκλητα. Για το λόγο αυτό η εφαρμογή ενός ΣΔΟ απαιτεί τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών. Για την επεξεργασία των συλλεγόμενων στοιχείων δημιουργείται αρχικά μία βάση δεδομένων με καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης του οδοστρώματος, η οποία ενημερώνεται συνεχώς με τις εμφανιζόμενες φθορές, το χρόνο εμφάνισής τους, τον τρόπο και τη στιγμή της αντιμετώπισής τους. Με κατάλληλες μεθόδους ανάλυσης επιδιώκεται η δημιουργία μοντέλου πρόβλεψης των φθορών, ενώ με εφαρμογή παραμέτρων βελτιστοποίησης επιλέγεται η τελική στιγμή και η αποτελεσματικότερη παρέμβαση με στόχο την παράταση του κύκλου ζωής του οδοστρώματος.

[1] Τα δεδομένα που καταχωρούνται στη βάση δεδομένων διακρίνονται σε:

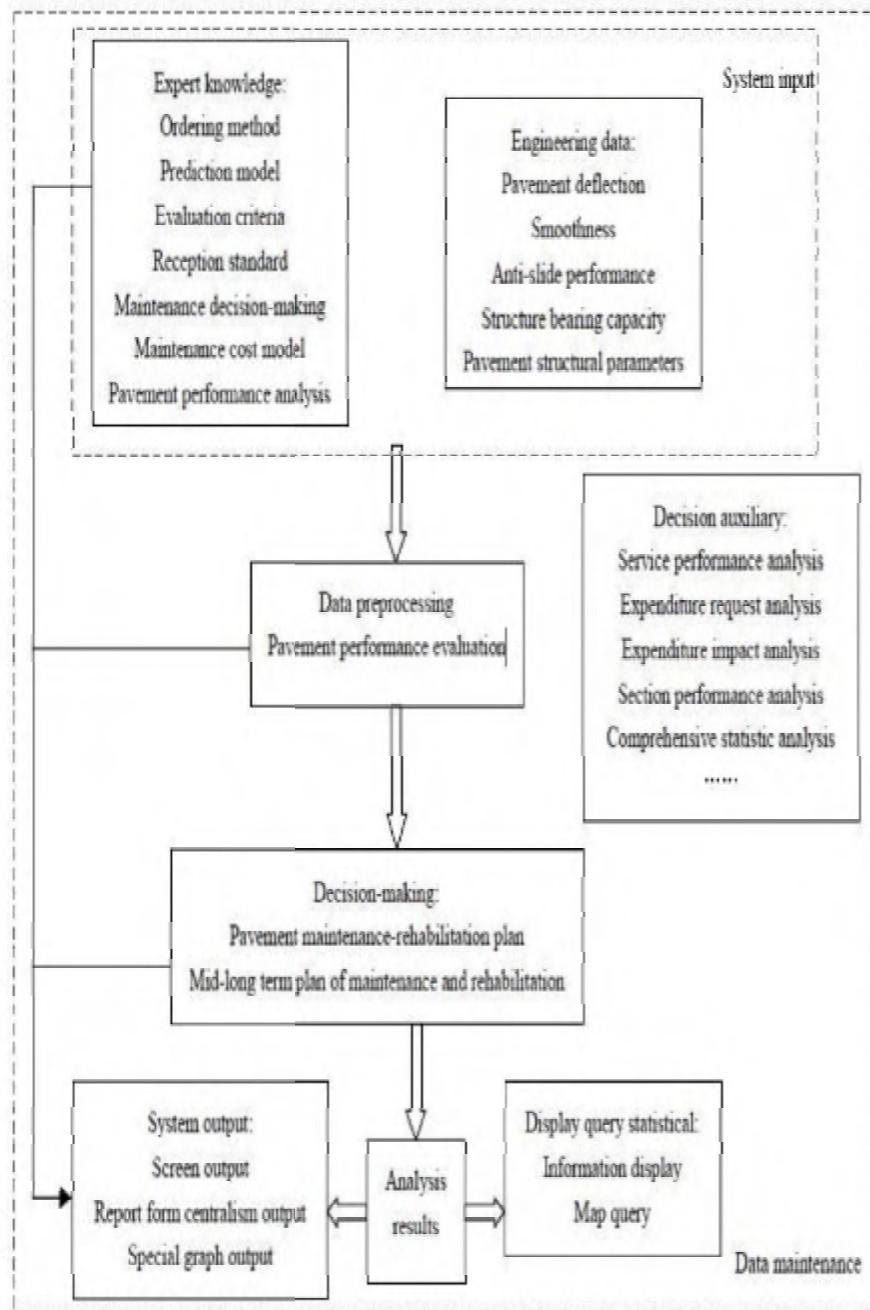
- Γενικά δεδομένα: κωδικός και κατηγορία οδού, θέση οδού, σύνδεση με υπάρχον γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών, κλιματολογικές συνθήκες.
- Κατασκευαστικά δεδομένα: γεωμετρικά και εδαφολογικά δεδομένα, ιστορικό κατασκευής, τύπος και πάχος οδοστρώματος, χαρακτηριστικά υλικών βάσης, υπόβασης και θεμελίωσης και χαρακτηριστικά αποχέτευσης/αποστράγγισης.
- Δεδομένα λειτουργικής κατάστασης οδοστρώματος: ιστορικό κατάστασης οδοστρώματος, διαμήκης επιπεδότητα (τροχοαυλακώσεις), εγκάρσια επιπεδότητα (ομαλότητα), ολισθηρότητα, επιφανειακή υφή, στεγανότητα, φέρουσα ικανότητα, επιφανειακές φθορές οδοστρώματος όπως αποσυνθέσεις, αυλακώσεις, καθιζήσεις, ρυτιδώσεις, διογκώσεις, εμφάνιση λάκκων.
- Δεδομένα κυκλοφορίας: κυκλοφοριακός φόρτος, σύνθεση οχημάτων, μέσος χρόνος διαδρομής, καθυστερήσεις, ατυχήματα.
- Δεδομένα ανάλυσης κόστους/οφέλους: κόστη συντήρησης, αποκατάστασης, ανακατασκευής, χρόνου διαδρομής, λειτουργίας οχήματος και κοινωνικό κόστος λόγω ατυχημάτων, θορύβου και ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Από τα δεδομένα αυτά κάποια πρέπει να συλλεχθούν μία φορά στην αρχή ή μετά από σημαντικές παρεμβάσεις στο οδόστρωμα (όπως τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδού, είδος και πάχος οδοστρώματος) ενώ κάποια άλλα πρέπει να συλλέγονται τακτικά και αφορούν σε παραμέτρους που μεταβάλλονται με το χρόνο (φθορά οδοστρώματος, κυκλοφοριακός φόρτος κ.λ.π.) . [1]

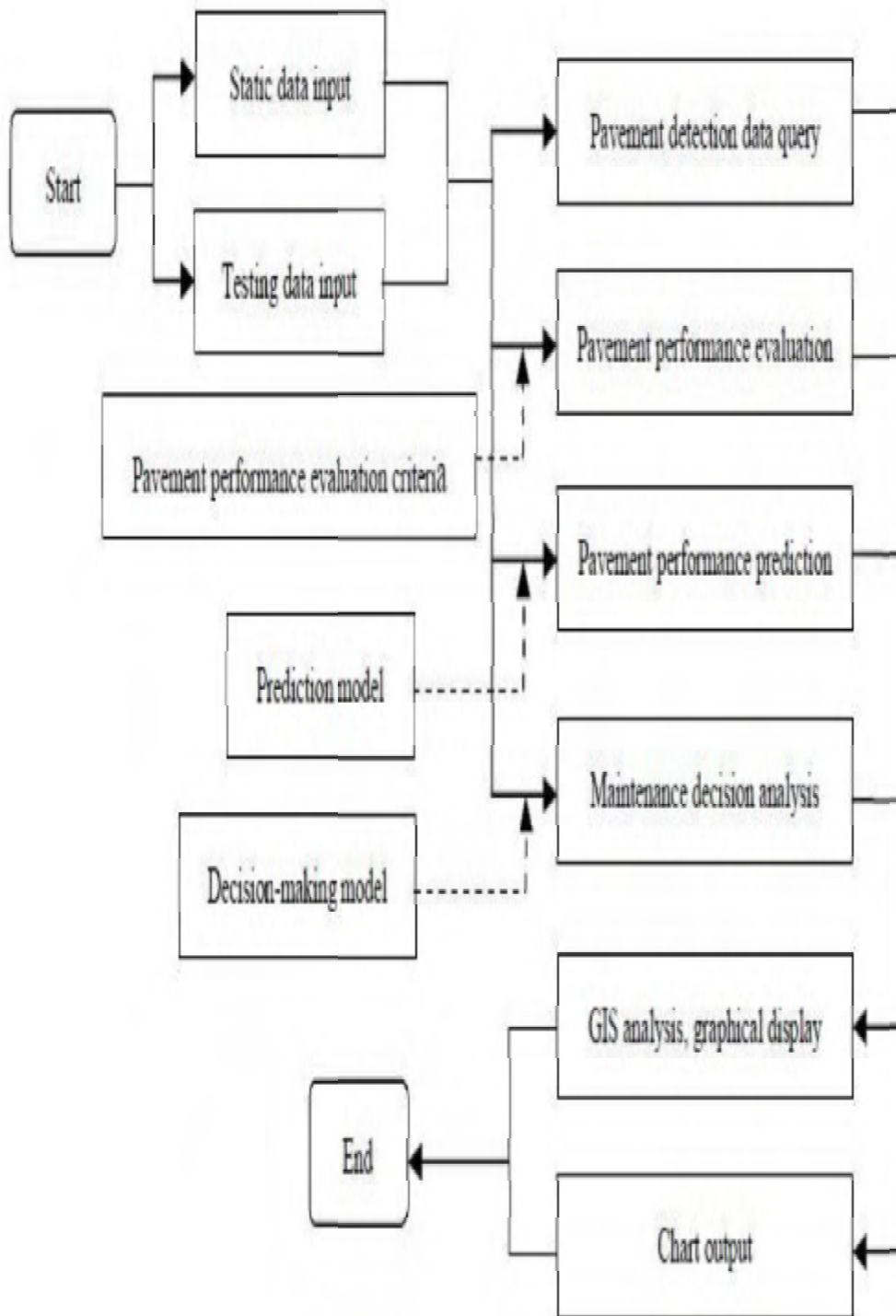
Τα συστατικά που αποτελούν ένα Σύστημα Διαχείρισης Οδοστρώματος είναι τα εξής ακόλουθα :

1. **Έρευνες κατάστασης οδοστρωμάτων** : εδώ υπάρχουν οι μετρήσεις και η συλλογή δεδομένων . Τα στοιχεία που συλλέγονται είναι κατασκευαστικά, λειτουργικά, κυκλοφοριακά καθώς και η ανάλυση κόστους.
2. **Βάση δεδομένων με όλες τις πληροφορίες για τα οδοστρώματα** : περιέχει τα στοιχεία των οδοστρωμάτων που είναι απαραίτητα για να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα.

3. **Σχεδιασμός ανάλυσης** : περιλαμβάνει τους αλγορίθμους βελτιστοποίησης και τους αλγορίθμους πρόβλεψης των μεταβολών της κατάστασης του οδοστρώματος.
4. **Κριτήρια λήψης αποφάσεων** : εδώ υπάρχουν οι κανόνες για παρθούν σωστές αποφάσεις για την συντήρηση του οδικού δικτύου.
5. **Διαδικασίες εφαρμογής** : περιλαμβάνονται οι μέθοδοι για την εφαρμογή αποφάσεων διαχείρισης



**Σχήμα : 1.3** Διάγραμμα που απεικονίζει τη σχέση μεταξύ των μοντέλων ενός Συστήματος Διαχείρισης οδοστρωμάτων.



**Σχήμα 1.4** Διάγραμμα ροής ενός πλήρους συστήματος διαχείρισης οδοστρωμάτων. (Σύστημα οικονομικής και περιβαλλοντικής διαχείρισης οδοστρωμάτων με χρήση γενετικών αλγορίθμων. ΜΑΙΡΗ Ι. ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΥ )

Τα μοντέλα πρόβλεψης της κατάστασης οδοστρωμάτων αποτελούν σημαντικά στοιχεία των συστημάτων διαχείρισης οδοστρωμάτων καθώς προσφέρουν χρήσιμες πληροφορίες για τις διαδικασίες οδοστρωμάτων λήψης αποφάσεων . Συνήθως, τα μοντέλα αυτά εξάγονται από την επεξεργασία μιας εκτενούς και μακροχρόνιας βάσης δεδομένων. Όμως, στην περίπτωση που δεν



υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα απαιτείται η συμβολή της εμπειρίας των ειδικών. [ 2 ]

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη των μοντέλων πρόβλεψης είναι [2, 3, 4, 5]:

- Εμπειρικές, μέσω της τυποποίησης της εμπειρίας – η άποψη, η γνώση και η πρόβλεψη των εμπειρογνομόνων και των τεχνικών συντήρησης συνυπολογίζεται, παρά την υποκειμενικότητα της και γίνεται προσπάθεια να ποσοτικοποιηθεί.
- Μηχανιστικές – στατιστικές τεχνικές που βασίζονται είτε σε παρελθόντες φθορές και τρόπους που επιλέχθηκαν για την αποκατάστασή τους είτε σε μετρήσεις μεταβλητών που συνδέονται με μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές, όπως η φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος ή οι ιδιότητες της επιφανειακής στρώσης.
- Πιθανοτικές τεχνικές κατά τις οποίες γίνεται πρόβλεψη της μελλοντικής κατάστασης με ανάλυση σεναρίων πιθανών φθορών και των επιμέρους συνδυασμών τους.

#### 1.2.1 Μεθοδολογία

Τα χαρακτηριστικά στάδια της μεθοδολογίας είναι :

**-Απογραφή/ καταγραφή:** Διαχωρισμός του δικτύου σε κατηγορίες (branches) και τμήματα (sections) με ιεραρχική οργάνωση. Η γνώση της υφιστάμενης κατάστασης των οδοστρωμάτων, μέσω της δημιουργίας αναλυτικής βάσης δεδομένων με στοιχεία όπως η κατάσταση του οδοστρώματος, οι κυκλοφοριακοί φόρτοι, κατασκευαστικά δεδομένα και στοιχεία των επεμβάσεων συντήρησης και αποκατάστασης που έχουν γίνει κατά το παρελθόν.

**-Επιθεώρηση και καταγραφή ευρημάτων (επιτόπιες επισκέψεις):** Ακριβής καταγραφή των επιφανειακών φθορών των οδοστρωμάτων του κάθε τμήματος και υπολογισμός για κάθε τμήμα του δείκτη κατάστασης οδοστρώματος.

**-Υπολογισμοί και Αναφορές :** Εξαγωγή συγκριτικών αποτελεσμάτων, επίπεδο του δείκτη κατάστασης οδοστρώματος κατά την τελευταία επιθεώρηση για κάθε τμήμα, κατηγορία ή συνολικά για όλο το δίκτυο και αναφορές GIS.

**-Μοντέλο πρόβλεψης:** Χρήση μοντέλου και πιλοτική εφαρμογή του σε όλα τα τμήματα που έχουν επιλεγεί.

**-Ανάλυση της κατάστασης – πλάνο συντήρησης και αποκατάστασης :** Ανάλυση όλων των παραμέτρων και σχεδιασμός της στρατηγικής που πρέπει να ακολουθηθεί όσον αφορά την κατανομή των κεφαλαίων. Κατάρτιση εναλλακτικών στρατηγικών και μεθόδων κατανομής των

χρημάτων. Οι παράμετροι για τον σχεδιασμό ενός Συστήματος Διαχείρισης Οδοστρωμάτων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στα εξής στοιχεία:

i. Κύκλος ζωής οδοστρώματος (Life cycle) :

Περιλαμβάνει στοιχεία σχετικά με την κατασκευή οδοστρωμάτων, τη μεταβολή της κατάσταση τους με το χρόνο και πως αυτές οι διαδικασίες μπορούν να επηρεαστούν από τις διάφορες μορφές της συντήρησης ή ανακατασκευής.

ii. Κόστος σε συνάρτηση με τον κύκλο ζωής οδοστρώματος:

Περιλαμβάνει το κόστος της αρχικής κατασκευής, το κόστος συντήρησης, το προσδιορισμό της απομένουσας τελικής αξίας και τον καθορισμό του κόστους των χρηστών.

iii. Συστήματα Διαχείρισης Οδοστρωμάτων:

Περιλαμβάνουν όλα τα συστήματα για τον καθορισμό του κατάλληλου χρόνου για συντήρηση του οδικού δικτύου σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο εξυπηρέτησης με το ελάχιστο κόστος.



**Εικόνα 1.4** Διασταύρωση (διαδίκτυο)

### 1.2.2 Οφέλη συστημάτων διαχείρισης οδοστρωμάτων

Τα σημαντικότερα οφέλη που μπορούν να προκύψουν από τη χρήση συστήματος διαχείρισης οδοστρωμάτων είναι :

- Η συνεχής ενημέρωση της κατάστασης του οδοστρώματος ( κυκλοφοριακοί φόρτοι δεδομένα και στοιχεία συντήρησης και αποκατάστασης που έχουν γίνει στο παρελθόν )
- Ο συντονισμένος προγραμματισμός επεμβάσεων και νέων ασφαλτοστρώσεων, μέσω συγκεκριμένων προγραμμάτων επέμβασης βάσει συγκεκριμένων προϋπολογισμών συντήρησης και λόγω της συνεχούς παρακολούθησης και καταγραφής των εργασιών συντήρησης και αποκατάστασης σε όλο το οδικό δίκτυο.
- Η οικονομική και ορθολογική διαχείριση των πόρων, μέσω της δυνατότητας δημιουργίας μοντέλων πρόβλεψης της μελλοντικής κατάστασης των οδοστρωμάτων και παρουσίασης εναλλακτικών στρατηγικών συντήρησης, σε συνάρτηση με τα διαθέσιμα κονδύλια ή αυτά που απαιτούνται για τη βελτίωση της κατάστασής τους.
- Ο περιορισμός του υλικού και κοινωνικού κόστους που προκύπτει από τα τροχαία ατυχήματα, λόγω της βελτίωσης της κατάστασης των οδοστρωμάτων, που συνεπάγεται άνοδο του επιπέδου ασφαλείας στους δρόμους.

### 1.2.2 Ιδιότητες και λειτουργικά χαρακτηριστικά της καταστασης των οδοστρωμάτων

Τα οδοστρώματα έχουν τέτοια δομή ώστε ο παρατηρητής να μπορεί εύκολα να πάρει στοιχεία για την αστοχία που πρόκειται να τους συμβεί. Ωστόσο με την σωστή εκτίμηση της κατάστασης του οδοστρώματος μπορεί να γίνουν οι απαραίτητες επεμβάσεις συντήρησης ώστε να μην οδηγηθεί σε ολοκληρωτική αστοχία.

Υπάρχουν κάποια χαρακτηριστικά για την αξιολόγηση των οδών :

- Η οδική ασφάλεια (road safety).
- Η κυκλοφοριακή άνεση (ride comfort).

- Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον (environmental impact).
- Η οικονομία (economy) για τους ενόδιους και για τον κύριο του έργου.



Σχήμα 1.5 Μεταβολές στην κατάσταση του οδοστρώματος (ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΓΕΝΕΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ. ΜΑΙΡΗ Ι. ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΥ )

Ένα Σύστημα Διαχείρισης Οδοστρώματων για να εκπληρώσει τους σκοπούς του και να εμφανίσει διάφορα πλάνα συντήρησης πρέπει να έχει ενημερωθεί με όλα τα γνωρίσματα του οδοστρώματος.

Τα βασικά γνωρίσματα του οδοστρώματος είναι τα εξής ακόλουθα :

- Επιφανειακές φθορές

- ολισθηρότητα
- ομαλότητα
- αντίσταση κύλισης
- θόρυβος επαφής
- φωτοανάκλαση

		Κριτήρια ποιότητας				
		Ασφάλεια	Άνεση	Περιβάλλον	Οικονομία	
Επιφανειακά χαρακτηριστικά	Ολισθηρότητα					
	Επιπεδότητα	Κατα μήκος				
		Εγκάρσια				
	Φθορές					
	Αντίσταση κύλισης					
	Θόρυβος επαφής					
	Φωτοανάκλαση					
<p>Επίδραση στην σύνθεση του κριτηρίου:</p> <p>  Αποφασιστική                Σημαντική                Μέτρια   Μικρή                Μηδενική         </p>						

**Πίνακας 1.1** Τα κριτήρια ποιότητας των οδοστρωμάτων ως συναρτήσεις των επιφανειακών χαρακτηριστικών (Σύστημα οικονομικής και περιβαλλοντικής διαχείρισης οδοστρωμάτων με χρήση γενετικών αλγορίθμων. ΜΑΙΡΗ Ι. ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΥ)

Όλα τα παραπάνω επηρεάζουν την λειτουργικότητα του οδοστρώματος με ποικίλους τρόπους και αν τα Συστήματα Διαχείρισης Οδοστρωμάτων δεν γνωρίζει τα προβλεπόμενα όρια τότε θα έχει ως αποτέλεσμα την φθορά και την ως συνέπεια μείωση του χρόνου ζωής του.

## 1.1 ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Το σύστημα διαχείρισης οδοστρωμάτων για να έχει χρησιμότητα πρέπει να έχει την ικανότητα να προβλέπει την συμπεριφορά των οδοστρωμάτων. Γενικότερα, τα μοντέλα πρόβλεψης είναι μια μαθηματική περιγραφή των ενδεχόμενων τιμών που θα πάρει το οδόστρωμα σε διάφορες περιόδους. Με άλλα λόγια, τα μοντέλα πρόβλεψης μπορούμε να τα προσδιορίσουμε ως ένα μαθηματικός αλγόριθμος που μπορεί να προβλέψει την συμπεριφορά του οδοστρώματος με βάση τους παράγοντες που θα το επηρεάσει αλλά και με την συντήρηση που θα εκλάβει. Ωστόσο, η πρόβλεψη δεν πρέπει ποτέ να θεωρείται δεδομένη διότι επηρεάζεται από πολλούς εξωτερικούς παράγοντες.

[1] Σε επίπεδο οδικού δικτύου, τα μοντέλα πρόβλεψης βοηθούν στο σχεδιασμό, προγραμματισμό και προϋπολογισμό με:

- I Τον υπολογισμό των κεφαλαίων που απαιτούνται για να φέρουν το συνολικό δίκτυο από το τρέχον ανεπιθύμητο επίπεδο κατάστασής του σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο.
- I Τον υπολογισμό του προϋπολογισμού που απαιτείται για τη διατήρηση του δικτύου σε συγκεκριμένα επίπεδα απόδοσης κατά τη διάρκεια των πολλαπλάσιων ετών.
- I Την ιεράρχηση των προγραμμάτων όταν η διαθέσιμη χρηματοδότηση είναι λιγότερη από αυτή που απαιτείται για να επιτύχει τους συγκεκριμένους στόχους απόδοσης.

Πρέπει να αναφερθεί ότι το να υπάρχει η δυνατότητα πρόβλεψης της μελλοντικής κατάστασης των οδοστρωμάτων οδηγεί στην ανάπτυξη των πολυετών, σε επίπεδο δικτύου βέλτιστων ενεργειών συντήρησης. Με την χρήση των μοντέλων πρόβλεψης γίνεται πιο εύκολα η κατανόηση της συμπεριφοράς των οδοστρωμάτων ώστε να μειωθεί το ποσοστό ανάπτυξης κινδύνου αλλά και η ανεύρεση τρόπων επέκτασης της ζωής του οδοστρώματος. Αυτό περιλαμβάνει μια αξιολόγηση της οικονομικής αποτελεσματικότητας των επεξεργασιών συντήρησης οδοστρωμάτων. Η αξιολόγηση και ο καθορισμός των διαδικασιών σχεδιασμού είναι δυνατές χρησιμοποιώντας τα μοντέλα πρόβλεψης.

## **Κεφάλαιο 2 : Συνήθεις βλάβες στα οδοστρώματα. Προκλήσεις για τα συστήματα διαχείρισης οδοστρωμάτων**

### 2.1 Δομή του οδοστρώματος

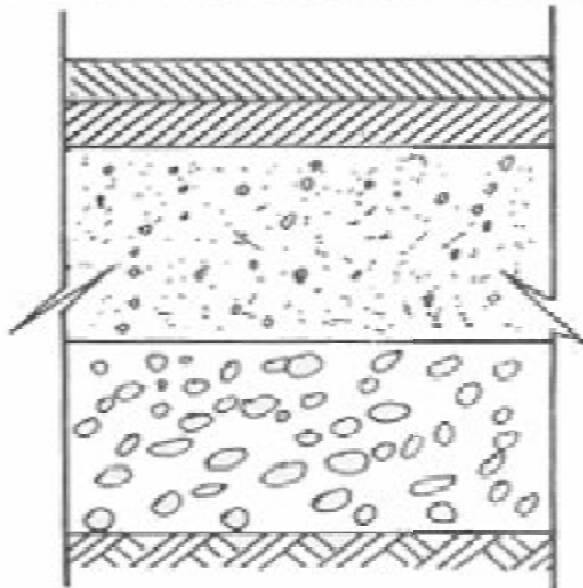
Οδόστρωμα είναι το σύνολο των στρώσεων πάνω από το φυσικό έδαφος. Το οδόστρωμα έχει ως σκοπό την ομαλή και κυρίως την άνετη κύλιση των οχημάτων. Για να είναι αυτό εφικτό πρέπει να εξασφαλίζονται τα εξής :

- Η μειωμένη μετάδοση των φορτίων στο έδαφος .
- Η αποφυγή ρηγματώσεων και παραμορφώσεων του οδοστρώματος από την επιβαρυμένη κυκλοφορία.
- Η προστασία του οδοστρώματος και των θεμελίων του από τις διάφορες επιδράσεις του περιβάλλοντος όπως είναι οι αλλαγές στις κλιματολογικές συνθήκες
- Η ύπαρξη αντιολισθητικών χαρακτηριστικών της στρώσεως κύλισης.

Το οδόστρωμα αποτελείται από τις εξής στρώσεις :

- § Έδραση
- § Υπόβαση
- § Βάση
- § Ασφαλτικές στρώσεις

τομή ασφαλτικού οδοστρώματος



- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| 1 Βάση               | 3 Επιφάνεια εδράσεως |
| 2 Επιφανειακή στρώση | 4 Υπόβαση            |

Σχήμα 2.1 Τομή ασφαλτικού σκυροδέματος (πηγή: διαδίκτυο)

Η στρώση έδρασης είναι μια στρώση του υλικού που κατασκευάζεται το επίχωμα. Οι στρώσεις της βάσης και της υπόβασης αποτελούνται από φυσικό ή θραυστό αμμοχάλικο και το πάχος τους διαφέρει ανάλογα με την κατηγορία του οδοστρώματος. Η υπόβαση είναι η στρώση για ενίσχυση του οδοστρώματος που είναι μεταξύ υπέδαφους και βάσης και έχει σκοπό την ελάττωση των εισαγόμενων τάσεων στο έδαφος ενώ η βάση είναι η στρώση του οδοστρώματος μεταξύ υπόβασης και στρώσης κυκλοφορίας που παραλαμβάνει τα εισαγόμενα φορτία από την κυκλοφορία. Οι ασφαλικές στρώσεις αποτελούνται από τη στρώση κύλισης και τη συνδετική στρώση. Η στρώση κύλισης εξασφαλίζει τα απαιτούμενα αντιολισθητικά

χαρακτηριστικά και την απαιτούμενη ομαλότητα, ασφάλεια και άνεση στην κυκλοφορία του δρόμου. Η συνδετική στρώση αποτελεί μαζί με την υποκείμενη ασφαλική βάση τις κυρίως φέρουσες ασφαλικές στρώσεις.

Ανάλογα με την ελαστικότητα τους, τα οδοστρώματα διακρίνονται κυρίως σε δύο κατηγορίες, σε εύκαμπτα και δύσκαμπτα.

Εύκαμπτα θεωρούνται :

- Τα ασφατικά
- Τα κυκλοφοριακά
- Τα σταθεροποιημένα
- Τα σκυρωτά

Δύσκαμπτα θεωρούνται :

- Τα από σκυρόδεμα
- Τα λιθόστρωτα

Το εύκαμπτο οδόστρωμα αποτελείται από μια σχετικά λεπτή επιφανειακή στρώση κατασκευασμένη πάνω σε μια στρώση βάσης και μια στρώση υπόβασης που εδράζονται πάνω στο συμπυκνωμένο υπέδαφος. Αντιθέτως, το δύσκαμπτο οδόστρωμα κατασκευάζεται από μπετόν και τσιμέντο Portland και είναι δυνατόν να περιλαμβάνει ή όχι μια στρώση βάσης πάνω στο υπέδαφος. Η βασική διαφορά ανάμεσα σε αυτούς τους δύο τύπους οδοστρωμάτων είναι ο τρόπος κατανομής των φορτίων πάνω στο υπέδαφος. Το δύσκαμπτο οδόστρωμα, λόγω της ακαμψίας του, τείνει και



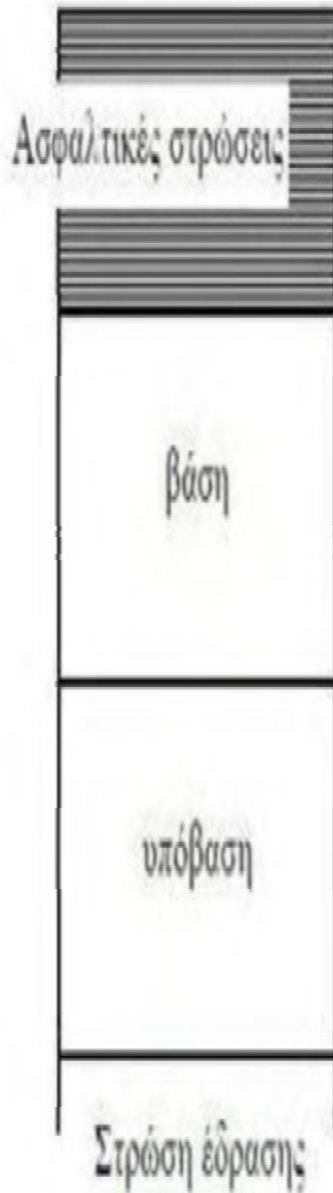
κατανέμει τα φορτία πάνω σε μια σχετικά μεγάλη περιοχή του εδάφους και έτσι η φέρουσα ικανότητα του παρέχεται από την ίδια την πλάκα. Επιπλέον, ο πιο σημαντικός παράγοντας του σχεδιασμού του δύσκαμπτου οδοστρώματος είναι η αντοχή του μπετόν και γι αυτό το λόγο οι μικροδιακυμάνσεις της αντοχής του υπέδαφους έχουν μικρή επίδραση πάνω στη αντοχή του οδοστρώματος. Σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δύο είδη οδοστρωμάτων είναι ότι τα εύκαμπτα οδοστρώματα περιλαμβάνουν τα οδοστρώματα που έχουν επιφάνεια από ασφαλτικό μπετόν ενώ τα δύσκαμπτα οδοστρώματα αυτά που είναι με μπετόν και τσιμέντο Portland.

Τέλος, στα εύκαμπτα οδοστρώματα η στρώση της βάσης αποτελείται από σταθεροποιημένο αμμοχάλικο πάχους από 15 έως 35 cm ενώ η υπόβαση τους κυμαίνεται σε πάχος 15 έως 25 cm. Αντιθέτως, στα δύσκαμπτα οδοστρώματα το υλικό βάσεως είναι απαλλαγμένο από συνδετική ύλη και διαστρώνεται σε πάχος 30 cm ανεξάρτητα από το είδος του εδάφους.

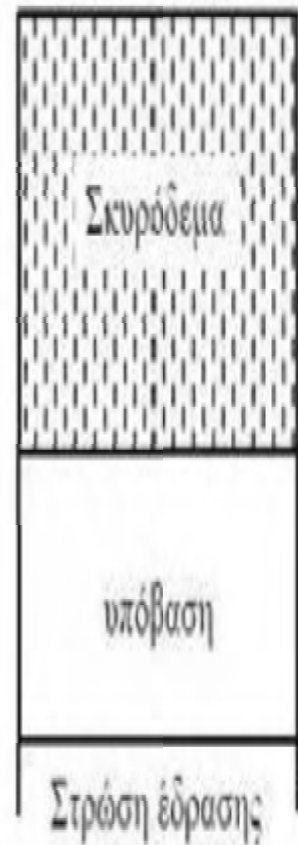
## Εύκαμπτο οδόστρωμα



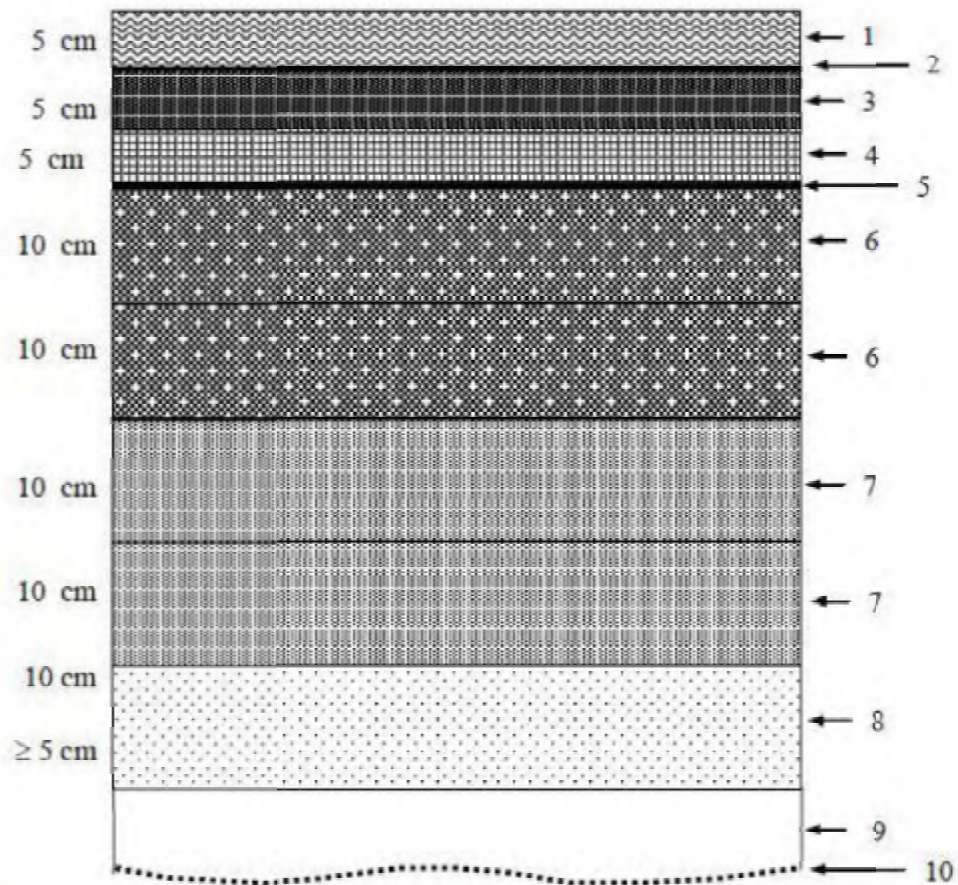
## Ημιδύσκαμπτο οδόστρωμα



## Δύσκαμπτο οδόστρωμα



**Σχήμα 2.2** Ταξινόμηση οδοστρωμάτων ανάλογα με την ελαστικότητα τους (Σύστημα οικονομικής και περιβαλλοντικής διαχείρισης οδοστρωμάτων με χρήση γενετικών αλγορίθμων. ΜΑΙΡΗ Ι. ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΥ)



1. Αντιπολισθηρή στρώση κυκλοφορίας πάχους 5 εκ.
2. Ασφαλτική συγκολλητική επάλειψη.
3. Ασφαλτική συνδετική στρώση (ισοπεδωτική) πάχους 5 εκ.
4. Ασφαλτική στρώση βάσης πάχους 5 εκ.
5. Ασφαλτική προεπάλειψη ανασφάλτωσης βάσης.
6. Βάση από θραυστό υλικό λατομείου συμπιεσμένου πάχους 10 εκ.
7. Βάση από θραυστό υλικό λατομείου συμπιεσμένου πάχους 10 εκ.
8. Στραγγιστική στρώση συμπιεσμένου πάχους 10 εκ.
9. Ισοπεδωτική στρώση υπόβασης από φυσικό ή θραυστό αμμοχάλικο.
10. Στάθμη χωματουργικών εργασιών.

**Σχήμα 2.3** Τυπική διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος ( Σύστημα οικονομικής και περιβαλλοντικής διαχείρισης οδοστρωμάτων με χρήση γενετικών αλγορίθμων Μαίρη Ι. Παναγοπούλου)

## 2.2 Επιφανειακές φθορές των οδοστρωμάτων

Ως φθορές ορίζονται οι ατέλειες ή καταπονήσεις του οδοστρώματος που γίνονται αντιληπτές με απλή παρατήρηση και εκτιμώνται και σχετίζονται με τον κύκλο ζωής για κάθε τύπο οδοστρώματος για δεδομένες κυκλοφοριακές και καιρικές συνθήκες. Κάθε είδος καταπόνησης σχετίζεται με συγκεκριμένες ιδιότητες του οδοστρώματος όπως, γήρανση, τριβές, εξασθένηση ή τα υλικά κατασκευής.

Υπάρχουν αρκετοί τύποι φθορών για εύκαμπτα οδοστρώματα που μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες, τις ρηγματώσεις, τις παραμορφώσεις της επιφάνειας, τις αποσαθρώσεις και τη λείανση της επιφάνειας κύλισης. Ρηγμάτωση είναι η διακοπή της συνέχειας σε μια επιφάνεια. Παραμόρφωση ή στρέβλωση της επιφάνειας του οδοστρώματος είναι η φθορά εκείνη που χαρακτηρίζει το οδόστρωμα ως μη επίπεδο. Αποσάθρωση είναι η θρυμματίση του οδοστρώματος σε μικρά ασύνδετα κομμάτια. Η λείανση της επιφάνειας κύλισης, σε αντίθεση με τους άλλους τύπους φθορών, δεν επιδρά στην επιδείνωση της δομικής κατάστασης του οδοστρώματος, αλλά στο επίπεδο ασφάλειας και εξυπηρέτησης αυτού. Είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ολισθηρότητα του οδοστρώματος, λόγω μείωσης της μικροϋφής και μακροϋφής της επιφάνειας του και κατά συνέπεια και της μείωσης του συντελεστή τριβής μεταξύ ελαστικών και επιφάνειας.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	Ρωγμές τύπου ολιγάτορα	Ρωγμές από ολίσθηση ταπτήτων	Ρωγμές εγκάρσιες – διαμήκεις – στα άκρα του οδοστρώματος	Αυλακώσεις στις τροχιές των τροχών	Τοπικές καθιζήσεις	Αποκόλληση αδρανών	Λακούβες	Λείανση αδρανών	Ανάδυση
1	X	X	X	X	X	X		X	X
2	X	X		X	X	X	X		
3	X			X	X				
4	X	X			X		X		X
5	X			X					
6	X	X			X		X		
7	X	X			X	X	X		
8	X				X		X	X	
9	X	X	X	X		X			
10	X	X	X	X		X		X	X
11								X	
12		X	X						
13			X						
14			X						
15						X			
16								X	
17									X
18	X		X	X	X		X		

**Πίνακας 2.1** Οι κυριότερες φθορές που εντοπίζονται σε οδοστρώματα και οι κατάλληλες παρεμβάσεις συντήρησης (σύστημα οικονομικής και περιβαλλοντικής διαχείρισης οδοστρωμάτων με χρήση γενετικών αλγορίθμων. ΜΑΙΡΗ Ι. ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΥ )

### 2.2.1 ρηγματώσεις

## **Ρωγμές τύπου αλιγάτορα (alligator cracks) :**

Οι ρωγμές τύπου αλιγάτορα είναι διακλαδιζόμενες και αλληλοσυνδεόμενες ρωγμές που σχηματίζουν πολυγωνικά κομμάτια (μπλοκ) όμοια με αυτά του δέρματος του αλιγάτορα. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα κομμάτια αυτά δίνουν τη εντύπωση ότι είναι σχεδόν έτοιμα να αποκολληθούν. Η φθορά αρχικά εμφανίζεται σαν διαμήκης ρωγμή στην τροχιά των τροχών και επιπλέον καταπόνηση με την πάροδο του χρόνου οδηγεί στη προαναφερθείσα μορφή

### **Αίτια :**

- Η κάμψη που εμφανίζεται στις ασφαλτικές στρώσεις λόγω μειωμένης φέρουσας ικανότητας υπεδάφους / υπόβασης /βάσης λόγω αύξησης της υγρασίας στις στρώσεις αυτές .
- Εξασθένηση του οδοστρώματος λόγω των φορτίσεων από τον κυκλοφοριακό φόρτο .
- Μικρό πάχος επιφανειακής στρώσης ή βάσης .
- Ανεπαρκής αποστράγγιση .



**Εικόνα 2.1** Ρωγμές τύπου αλιγάτορα σε οδόστρωμα (διαδίκτυο)





**Εικόνα 2.2** Ρωγμές τύπου αλιγάτορα σε οδόστρωμα (διαδίκτυο)

**Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος (edge cracks) :**

Οι ρωγμές αυτές είναι συνήθως επιμήκειες και παρατηρούνται περίπου 30-50 cm από τα άκρα του οδοστρώματος με ή χωρίς εγκάρσιες διακλαδώσεις προς το έρεισμα. Ανάλογα με την σοβαρότητα της φθοράς, μπορεί να μοιάζουν στην μορφή με τις ρωγμές τύπου αλιγάτορα, διαφοροποιούνται όμως ως προς τα αίτια, που στην προκειμένη περίπτωση είναι κυρίως η έλλειψη πλευρικής υποστήριξης του οδοστρώματος.

**Αίτια :**

- Ανεπαρκής πλευρική υποστήριξη οδοστρώματος
- Υποχώρηση εδαφικών στρώσεων λόγω παγετού, ξηρασία εδάφους, κακής συμπίκνωσης, ανεπαρκής αποστράγγισης, μειωμένου πάχους



**Εικόνα 2.3** Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος (διαδίκτυο)

**Ρωγμές ανάκλασης (reflection cracks) :**

Πρόκειται για ρωγμές ποικίλων μορφών και κατευθύνσεων που εμφανίζονται από ανάκλαση σε πρόσθετες ασφαλτικές στρώσεις που είχαν σκοπό την αποκατάσταση σοβαρών φθορών του οδοστρώματος.

**Αίτια:**

Κάθετες και οριζόντιες μετακινήσεις του οδοστρώματος λόγω συστολών ή διαστολών του υπεδάφους εξαιτίας της υγρασίας ή της θερμοκρασίας ή στην μετακίνηση των πλακών του δύσκαμπτου οδοστρώματος ή στην μετακίνηση των ρηγματωμένων κομματιών της παλιάς επιφάνειας .





**Εικόνα 2.4** ρωγή ανάκλασης (διαδίκτυο)

**Ρωγμές από ολίσθηση ταπήτων (slippage cracks) :**

Η μορφή των ρωγμών αυτών έχει σχήμα μισοφέγγαρου. Οι ρωγμές αυτές οφείλονται σε ολίσθηση του τάπητα κυκλοφορίας επί της υποκείμενης στρώσης λόγω κακής συνοχής αυτών.

**Αίτια:**

- Ολίσθηση τάπητα κυκλοφορίας εξαιτίας της κακής συνοχής αυτού
- Αυξημένη περιεκτικότητα λεπτόκοκκων αδρανών στο ασφαλτόμιγμα
- Κακή συμπίκνωση της υπερκείμενης στρώσης



**Εικόνα 2.5** Ολίσθηση τάπητα (διαδίκτυο)

#### **Εγκάρσιες ρωγμές (transverse cracking) :**

Ρωγμές που διατρέχουν το οδόστρωμα σχεδόν κάθετα με τον άξονα της οδού. Συνήθως οφείλονται σε συρρίκνωση της επιφάνειας του οδοστρώματος που προκαλείται από χαμηλές θερμοκρασίες, σκλήρυνση της ασφάλτου ή σε ρηγματώσεις υποκείμενων στρώσεων του οδοστρώματος όπως π.χ. στρώσεις κατεργασμένου θραυστού υλικού με τσιμέντο.

#### **Αίτια :**

- Συρρίκνωση του οδοστρώματος εξαιτίας χαμηλής θερμοκρασίας
- Σκλήρυνση του ασφαλτομίγματος
- Ρωγμές στις στρώσεις



**Εικόνα 2.6** Εγκάρσια ρωγμή (διαδίκτυο)

**Διαμήκειες ρωγμές ή ρωγμές στην τροχιά των τροχών (wheel path cracks/longitudinal cracks) :**

Είναι ρωγμές που διατρέχουν το οδόστρωμα περίπου παράλληλα με τον άξονα της οδού, εμφανίζονται συνήθως στις τροχοαυλακώσεις και σχετίζονται με την απαρχή ρωγμών τύπου αλιγάτορα.

**Αίτια :**

- Καθίζηση υπόβασης
- Μειωμένη φέρουσα ικανότητα εδάφους
- Κόπωση ασφαλτομίγματος εξαιτίας συνεχόμενων φορτίσεων από τον κυκλοφοριακό φόρτο και τα μεγάλα φορτία
- Μικρό πάχος ασφαλτικών στρώσεων και βάσης



**Εικόνα 2.7** Διαμήκειες ρωγμές (διαδίκτυο)

#### **Ρωγμές μεταξύ λωρίδων διάστρωσης ή διαπλάτυνσης :**

Οι ρωγμές αυτές εμφανίζονται μεταξύ των λωρίδων διάστρωσης ή τη λωρίδα διαπλάτυνσης και είναι πάντοτε διαμήκειες (εκτός από την περίπτωση διακοπής των εγκαρσίων). Τέτοιου είδους επιφανειακές ρωγμές σχετίζονται με ρηγματώσεις στο εσωτερικό του οδοστρώματος στις θέσεις επαφής των υλικών στρώσης ή είναι ρωγμές που εμφανίζονται στις ακμές της οδού.

#### **Αίτια :**

- Κακοτεχνίες στην κατασκευή όπως διάθρωση τάπητα, πτώση θερμοκρασίας στην διάρκεια των εργασιών
- Κακή συμπύκνωση των στρώσεων κατά πλάτος της οδού
- Καθίζηση οδοστρώματος

#### **Ρωγμές συστολής ή συρρίκνωσης (shrinkage cracks/block cracks) :**

Τύπος ρηγμάτωσης κατά τον οποίο η επιφάνεια του οδοστρώματος χωρίζεται σε τμήματα με πλευρές που τέμνονται σχεδόν κάθετα μεταξύ τους. Το φαινόμενο προκαλείται κυρίως από συρρίκνωση του



ασφαλτικού τάπητα.

**Αίτια:**

- Συρρίκνωση του οδοστρώματος λόγω αυξομειώσεων της θερμοκρασίας
- Μεγάλη ποσότητα σε λεπτόκοκκα αδρανή και φιλλερ
- Μεγάλο ποσοστό σκληρής ασφάλτου



**Εικόνα 2.8** Ρωγμή συστολής η συρρίκνωσης (διαδίκτυο)

**Ελικοειδείς ρωγμές ή ρωγμές τύπου D (D-cracking) :**

Είναι οι ρωγμές που εμφανίζονται με ελικοειδή, μη διακλαδιζόμενη μορφή κατά μήκος του οδοστρώματος και όχι σε συγκεκριμένη θέση. Η εμφάνιση των ρωγμών αυτών οφείλεται συνήθως στη δράση του παγετού και στην κόπωση του οδοστρώματος.

**Αίτια :**

- Παγετός
- Κόπωση οδοστρώματος

2.2.2 Παραμορφώσεις

**Αυλακώσεις στις τροχιές των τροχών–κατά μήκος αυλακώσεις (channels or ruts) :**

Πρόκειται για καναλοποιημένες καθιζήσεις κατά μήκος της τροχιάς των τροχών. Η καθίζηση συμβαίνει σταδιακά, φτάνοντας στο μέγιστο βάθος της στο κέντρο της τροχιάς των τροχών.

**Αίτια :**

- Κακή συμπίκνωση
- Πλαστική παραμόρφωση του ασφαλτομίγματος
- Συμπίεση ή πλάγια μετακίνηση στρώσεων λόγω αξονικών φορτίων



**Εικόνα 2.9** Αυλάκωση στις τροχές των τροχών (διαδίκτυο)

**Κατά πλάτος αυλακώσεις-κυματώσεις (corrugations-waves) :**

Πρόκειται για μορφή πλαστικής μετακίνησης που έχει σαν αποτέλεσμα την τοπική εξόγκωση της επιφάνειας υπό μορφή κυματώσεων κάθετα στον άξονα της οδού με μεγάλη συχνότητα εμφάνισης σε σημεία της οδού όπου η κυκλοφορία σταματά για ένα μικρό χρονικό διάστημα και αναπτύσσονται υψηλές διατμητικές τάσεις. Τέτοιο παράδειγμα είναι οι περιοχές φρεναρίσματος όπως διασταυρώσεις, στάσεις λεωφορείων, σηματοδότες, ανωφέρειες και κατωφέρειες.

**Αίτια :**

- Χαμηλή ευστάθεια ασφαλτομίγματος λόγω μεγάλου ποσοστού ασφάλτου και λεπτόκοκκων αδρανών, κενά ασφαλτομίγματος και εξάτμιση του διαλύτη στα διαλύματα



**Εικόνα 2.10** Αυλάκωση (διαδίκτυο)

### **Τοπικές καθιζήσεις (local depressions/bird baths) :**

Είναι τοπικές ταπεινώσεις της στάθμης της οδού με περιορισμένη έκταση. Το βύθισμα που δημιουργείται, βάθους 2 cm ή περισσότερο, κατακρατεί νερό που δεν αποτελεί μόνο αιτία καταστροφής του οδοστρώματος, αλλά και κίνδυνο για τους χρήστες της οδού, λόγω ολισθηρότητας, πάγου κ.τ.λ.

### **Αίτια :**

- Καθίζηση των στρώσεων εξαιτίας της κακής κατασκευής τους και της μικρής φέρουσας ικανότητας τους και των μεγάλων αξονικών φορτίων



**Εικόνα 2.11** Τοπική καθίζηση (διαδύκτιο)





**Εικόνα 2.12** Τοπική καθίζηση (διαδίκτυο)

**Τοπικές διογκώσεις (local upheavals/bumps) :**

Οι τοπικές διογκώσεις του οδοστρώματος είναι οι προς τα πάνω μετακινήσεις του οδοστρώματος που χαρακτηρίζονται από διακλαδιζόμενες ρηγματώσεις. Οφείλονται σε τοπική διόγκωση του υπεδάφους, της υπόβασης ή της βάσης και σπανίως των ασφαλτικών στρώσεων.

**Αίτια :**

- Τοπική διόγκωση του οδοστρώματος λόγω διαστολής του νερού σε ψυχρά κλίματα
- Διόγκωση εδαφικών υλικών από την υγρασία



**Εικόνα 2.13** Τοπική δίογκωση (διαδίκτυο)

**Τοπικές επισκευές - μπαλώματα του οδοστρώματος (patch) :**

Τοπική επισκευή ή μπάλωμα του οδοστρώματος είναι το τμήμα του οδοστρώματος που αντικαταστάθηκε με καινούργιο υλικό προκειμένου να επιδιορθωθεί τοπικά το οδόστρωμα ή για τη δημιουργία πρόσβασης σε κάποια χρήση γης.

**Ρυτιδώσεις :**

Ρυτιδώσεις λέγονται οι μετακινήσεις των υλικών της επιφανειακής στρώση προς την κατεύθυνση της κυκλοφορίας

**Αίτια :** η χαμηλή ευστάθεια του ασφαλτομίγματος το οποίο οφείλεται σε υψηλό ποσοστό ασφάλτου και στην χρήση μαλακής ασφάλτου



**Εικόνα 2.14** Ρυτιδώσεις σε οδόστρωμα (διαδίκτυο)

### 2.2.3 Αποσυνθέσεις – Λειάνσεις

#### **Λακκούβες (potholes/chuckholes) :**

Οι λακκούβες είναι οπές διάφορων μεγεθών και μορφής λεκανών μέσα στο οδόστρωμα. Δημιουργούνται από αδυναμίες του ασφαλτομίγματος ή της δομής του οδοστρώματος όπως έλλειψη συνδετικού υλικού στο ασφαλτόμιγμα, μειωμένο πάχος ασφαλτικής στρώσης, τοπική αστοχία των στρώσεων – κυρίως της βάσης - κατά την κατασκευή και ανεπαρκή αποστράγγισης της οδού.

#### **Αίτια :**

- Έλλειψη συνθετικού υλικού στο ασφαλτόμιγμα
- Μικρό πάχος τάπητα κυκλοφορίας
- Αστοχία των στρώσεων

- Ελλειπής αποστράγγιση
- Επιδείνωση της αποκόλλησης αδρανών από την επιφάνεια



**Εικόνα 2.15** Λακούβα (διαδίκτυο)





**Εικόνα 2.16** Πλήρωση λακκουβών με ασφαλτόμιγμα (Σύστημα οικονομικής και περιβαλλοντικής διαχείρισης οδοστρωμάτων με χρήση γενετικών αλγορίθμων. ΜΑΙΡΗ Ι. ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΥ )

#### **Απόσπαση αδρανών :**

Είναι η προοδευτική αποκόλληση των αδρανών του ασφαλτομίγματος που οδηγεί στην αποσύνθεση των ασφαλτικών στρώσεων

**Αίτια:** συνήθως οφείλεται στην χαμηλή περιεκτικότητα σε άσφαλτο αλλά και στην χρήση μη σωστών αδρανών.



**Εικόνα 2.17** Απόσπαση αδρανών (διαδίκτυο)

**Αποκόλληση κατά πλάκες :**

αποκολλάται η επιφανειακή στρώση κατά πλάκες

**Αίτια :** το μικρό πάχος επιφανειακής στρώσης όπως και η κακή συγκόλληση της στρώσης κυκλοφορίας.



**Εικόνα 2.18** Αποκόλληση κατά πλάκες (διαδίκτυο)

**Ανάδυση ασφάλτου :**

είναι η κατακόρυφη μετακίνηση της ασφάλτου μέσα στο ασφαλτόμιγμα

**Αίτια :** οφείλεται στην μεγάλη περιεκτικότητα ασφάλτου στο ασφαλτόμιγμα αλλά και όταν γίνεται χρήση μαλακής ασφάλτου





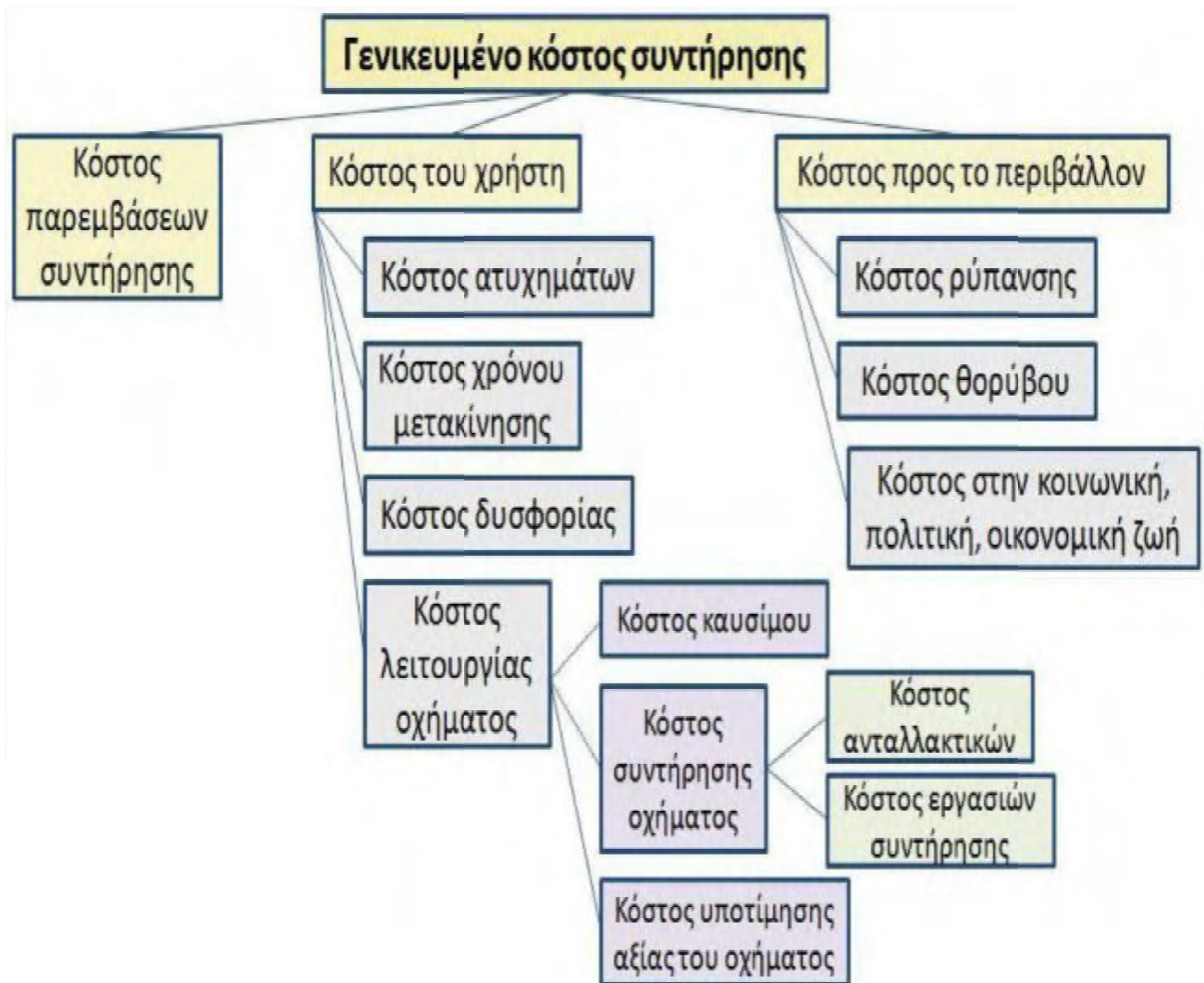
**Εικόνα 2.19** Ανάδυση ασφάλτου(διαδίκτυο)

## 2.3 Συντήρηση οδοστρωμάτων

Οι φθορές στα οδοστρώματα έχουν ιδιαίτερα αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής της πόλης και έχουν συνέπεια την δημιουργία ενός υψηλού κόστους συντήρησης αλλά και ένα υψηλό κόστος με απώλειες σε ανθρωπόωρες, καύσιμα, φθορές οχημάτων, ατυχήματα, ρύπανση αλλά και επιβάρυνση στο οικονομικό περιβάλλον. Εξαιτίας των παραπάνω, η συνεχής συντήρηση των οδοστρωμάτων είναι απαραίτητη για να εξασφαλίζεται ένα σεβαστό επίπεδο εξυπηρέτησης και λειτουργικότητας για τους χρήστες. Ωστόσο, οι συντηρήσεις που μπορούν να γίνουν σε ένα οδόστρωμα είναι περιορισμένες κυρίως ως προς την έκταση και το μέγεθος, λόγω αντίστοιχων περιορισμών που αφορούν προσωπικό, εξοπλισμό και υλικά.

### 2.3.1 κόστος συντήρησης





**Σχήμα 2.4** Σχηματική απεικόνιση των κόστων συντήρησης (Σύστημα οικονομικής και περιβαλλοντικής διαχείρισης οδοστρωμάτων με χρήση γενετικών αλγορίθμων. ΜΑΙΡΗ Ι. ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΥ )

Για να είναι εφικτή η συντήρηση οδοστρωμάτων με περιορισμένους πόρους και ταυτόχρονα η διατήρηση του οδοστρώματος σε τέτοιο επίπεδο ώστε να ελαχιστοποιούνται οι επιπτώσεις στους χρήστες και στο περιβάλλον, είναι απαραίτητη η ανάλυση κόστους συντήρησης του οδοστρώματος. Τα κύρια κόστη συντήρησης των οδοστρωμάτων είναι το κόστος συντήρησης που αναλαμβάνει κάποιος φορέας, το κόστος των χρηστών και το κόστος προς το περιβάλλον. Το κόστος των χρηστών αποτελείται από το κόστος λειτουργίας του οχήματος, το κόστος των ατυχημάτων, το κόστος καυσίμου, το κόστος του χρόνου μετακίνησης και το κόστος δυσφορίας. Το κόστος προς το περιβάλλον περιλαμβάνει το κόστος ρύπανσης, το κόστος θορύβου και το κόστος στην κοινωνική, πολιτική και οικονομική ζωή που όμως είναι αμελητέο σε σχέση με τις υπόλοιπες συνιστώσες του κόστους συντήρησης.

### 2.3.2 παρεμβάσεις συντήρησης των οδοστρωμάτων

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές συντήρησης για την αποκατάσταση των φθορών στα οδοστρώματα. Ανάλογα με το είδος, την έκταση και την σοβαρότητα της φθοράς επιλέγεται και η κατάλληλη τεχνική. Για κάθε φθορά του οδοστρώματος υπάρχουν οι αντίστοιχες παρεμβάσεις συντήρησης που έχουν σκοπό να βελτιώσουν την κατάστασή του. Επιπλέον, για την εύρεση της πιο ορθής συντήρησης-θεραπείας των φθορών είναι σωστό να καθορίζεται η κύρια αιτία που προκάλεσε τη φθορά.

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ
1	Καμία παρέμβαση.
2	Τοπική διάστρωση θερμού ή ψυχρού ασφαλτομίγματος, αφού προηγηθεί συγκολλητική.
3	Τοπική εξυγίανση άνευ τετραγωνισμού και διάστρωση θερμού ή ψυχρού ασφαλτομίγματος, αφού προηγηθεί συγκολλητική.
4	Τοπική εξυγίανση με τετραγωνισμό και διάστρωση θερμού ή ψυχρού ασφαλτομίγματος, αφού προηγηθεί συγκολλητική.
5	Τοπική εξυγίανση άνευ τετραγωνισμού και διάστρωση θερμού ή ψυχρού ασφαλτομίγματος, αφού προηγηθεί συγκολλητική και στη συνέχεια ισοπεδωτική στρώση 4-5 cm.
6	Τοπική εξυγίανση με τετραγωνισμό και διάστρωση θερμού ή ψυχρού ασφαλτομίγματος, αφού προηγηθεί συγκολλητική και στη συνέχεια ισοπεδωτική στρώση 4-5 cm.
7	Τοπική διάστρωση θερμού ή ψυχρού ασφαλτομίγματος, αφού προηγηθεί συγκολλητική και στη συνέχεια ισοπεδωτική στρώση 4-5 cm.
8	Τοπική εξυγίανση με τετραγωνισμό και διάστρωση θερμού ή ψυχρού ασφαλτομίγματος, αφού προηγηθεί συγκολλητική και στη συνέχεια ισοπεδωτική στρώση 4-5 cm και στη συνέχεια αντιολισθηρός τάπητας.
9	Φρεζάρισμα σε στρώσεις και διάστρωση ισοπεδωτικού τάπητα 4-5 cm.
10	Φρεζάρισμα σε στρώσεις και διάστρωση ισοπεδωτικού τάπητα 4-5 cm και στη συνέχεια κατασκευή αντιολισθηρού τάπητα.
11	Φρεζάρισμα σε μία στρώση και κατασκευή αντιολισθηρού τάπητα.
12	Πλήρωση ρωγμών με αμμάσφαλο ή άλλα συνθετικά υλικά.
13	Πλήρωση ρωγμών με αμμάσφαλο ή άλλα συνθετικά υλικά και κατασκευή ισοπεδωτικού τάπητα 4-5 cm.
14	Πλήρωση ρωγμών με ασφαλτομαστίχη.
15	Κατασκευή ισοπεδωτικής στρώσης.
16	Κατασκευή ισοπεδωτικής στρώσης και στη συνέχεια κατασκευή αντιολισθηρού τάπητα.
17	Διάστρωση-διασπορά λεπτόκοκκων αδρανών.
18	Ανακατασκευή.

**Πίνακας 2.2** Οι κυριότερες παρεμβάσεις συντήρησης οδοστρωμάτων που εφαρμόζονται στην Ελλάδα (Σύστημα οικονομικής και περιβαλλοντικής διαχείρισης οδοστρωμάτων με χρήση γενετικών αλγορίθμων. (ΜΑΙΡΗ Ι. ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΥ)

## Κεφάλαιο 3 : Ευφυή Συστήματα Μεταφορών (intelligent transport systems-ITS)



### 3.1 Εισαγωγή στα ITS

[6] Τα ευφυή συστήματα μεταφορών ( intelligent transport systems-ITS) είναι ένας συνδυασμός τεχνολογιών πληροφόρησης και επικοινωνιών εφαρμοσμένων στον τομέα των μεταφορών με στόχο την αποδοτικότερη ,ασφαλέστερη και οικονομικότερη κυκλοφορία των ατόμων ή των εμπορευμάτων κάνοντας έξυπνη χρήση των προχωρημένων ηλεκτρονικών και επικοινωνιακών τεχνολογιών επιτρέποντας την παροχή πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο σε όλους τους εμπλεκόμενους στη μεταφορική διαδικασία .Στα ITS μπορεί να δοθεί επίσης και ο ακόλουθος ορισμός: <<Τα ITS είναι ένα ανερχόμενο παγκόσμιο φαινόμενο που περιλαμβάνει μια μακρά σειρά από διαφορετικές τεχνολογίες εφαρμοσμένες έτσι ώστε οι μετακινήσεις να σώζουν ζωές, χρήματα και χρόνο>> ( Vahid και Sayed 2003:970).



**Εικόνα 3.1** Φωτεινός σηματοδότης ( διαδίκτιο )

Τα ευφυή συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οδικά, σιδηροδρομικά ,θαλάσσια και εναέ-  
ρια συστήματα μεταφορών με σκοπό να βελτιώσουν την ασφάλεια ,την ποιότητα του περιβάλλον-  
τος όπως και να μειώσουν το κόστος και τον χρόνο της μεταφοράς .



**Εικόνα 3.3** Διάδρομος αεροδρομίου( διαδίκτιο)





**Εικόνα 3.2** Αυτοκινητόδρομος Ρίου – Αντιρίου (διαδίκτυο)

Τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί μεγάλη σημασία στα συστήματα μεταφορών, στον αλληλοσχετιζόμενο ρόλο και την συμπληρωματικότητα τους. Λόγω των συνθηκών (περιορισμένο εργατικό δυναμικό, κεφάλαιο και πρώτες ύλες) τα συστήματα μεταφορών δεν έχουν τα επιθυμητά αποτελέσματα για να επιτευχθεί αποδοτική και ποιοτική μετακίνηση και μεταφορά. Η χρήση των ITS απευθύνεται σε καθημερινούς ανθρώπους όπου χρησιμοποιούν μια σειρά από τεχνολογικά επιτεύγματα όπως το GPS και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής.



### Εικόνα 3.4 Ηλεκτρονικό GPS (διαδίκτυο)

Είναι φανερό πως ο κύριος στόχος των ITS είναι η ασφάλεια για μέτρηση της αποτελεσματικότητας των διαφόρων μεταφορικών μέσων. Οι Nelson, Blundell, Pettitt και Thomson (2001) όρισαν τα συστήματα ITS ως μια εφαρμογή της διαχείρισης πληροφορίας και των τεχνολογικών επικοινωνιών στην αντιμετώπιση των προβλημάτων κίνησης και μεταφορών.

Τα ITS μπορούν να εφαρμοστούν σε κάθε μέσο μεταφοράς και σε εφαρμογές λειτουργίας και διαχείρισης ιδιωτικών και δημοσίων τρόπων ή μέσων μεταφοράς και συγκοινωνίας. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον τρόπο μετακίνησης των επιβατών αλλά και των καναλιών διανομής των αγαθών που οι επιχειρήσεις παράγουν είναι πολλοί. Γιατί για παράδειγμα να πραγματοποιηθεί μια μετακίνηση με πλοίο και όχι με αεροπλάνο για τον ίδιο τόπο αναχώρησης και τελικού προορισμού; Τα κύρια στοιχεία που επηρεάζουν τον τρόπο μετακίνησης είναι τα εξής : χρονικό διάστημα τέλεσης της διαδρομής, κόστος συνολικής μετακίνησης, άνεση επιβατών κατά την διαδρομή και η γεωγραφική εγγύτητα από τον τόπο αναχώρησης και προορισμού του επιβάτη. Τώρα σε ότι αφορά τη μεταφορά αγαθών υπάρχουν αρκετές εναλλακτικές λύσεις αλλά και περιορισμοί( π.χ όγκος, βάρος, κόστος )για την επιλογή του κατάλληλου μεταφορικού. Πιο συγκεκριμένα τα βασικά στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη κατά τη μετακίνηση είναι τα ακόλουθα : ευπάθεια του εμπορεύματος, κόστος μετακίνησης και ελαστικότητα της ζήτησης .Υπάρχει επίσης η περίπτωση οι τοπικές παραδόσεις και συνήθειες να επηρεάσουν επίσης μια τέτοια απόφαση.

Σύμφωνα με τους Vahidi και Sayed (2003) τα ITS είναι έτσι σχεδιασμένα ώστε να προσφέρουν μια βελτιωμένη επίγεια μετακίνηση αυξάνοντας την κινητικότητα και βελτιώνοντας το επίπεδο της υπηρεσίας και της ασφάλειας μειώνοντας παράλληλα την κατανάλωση καυσίμου προστατεύοντας έτσι το περιβάλλον.



**Εικόνα 3.5** Αυτοκινητόδρομος διπλής κατεύθυνσης (διαδίκτυο)

### 3.2 Τα ITS σε συνδυασμό με την τεχνολογία

[6] Πιο συγκεκριμένα ο συνδυασμός αυτός έχει τα εξής αποτελέσματα :

- i. Να ελαχιστοποιήσουν τα κόστη διανομής των φορτίων
- ii. Να προσφέρουν την μέγιστη παραγωγικότητα των τοπικών μεταφορικών οχημάτων
- iii. Να αυξήσουν την εγκυρότητα των εμπορικών μεταφορικών διαδικασιών
- iv. Να προσφέρουν ασφάλεια
- v. Να παρέχουν την δυνατότητα των αστικών συστημάτων μεταφορών

Τα συστήματα διαχείρισης μεταφορών έχουν δύο βασικά στοιχεία την εξυπνάδα και την ενσωμάτωση. Η εξυπνάδα μας βοηθά να αποκτάμε γνώση μέσα από τη συλλογή δεδομένων και

την επεξεργασία της πληροφορίας. Η ενσωμάτωση σχετίζεται με τον συντονισμό των βασικών στοιχείων των συστημάτων.

Τα ITS μας δίνουν πολλές δυνατότητες για ανάπτυξη αποτελεσματικών λύσεων διαχείρισης στο αστικό περιβάλλον. Με περιορισμένα κεφάλαια και χώρο για έργα σε πολλές πόλεις, υπάρχει πραγματική ανάγκη για εξειδίκευση και αποτελεσματικότερη χρήση των ITS.

Με την αυξανόμενη χρήση των μεταφορών “Just-in-Time” υπάρχουν αυξημένες απαιτήσεις στα μεταφορά μέσα για αυξημένη απόδοση σε συνδυασμό με ευελιξία (OECD,1992)

[6] Τα ITS αποτελούνται από τα ακόλουθα τρία στοιχεία :

- a. Συλλογή δεδομένων
- b. Επεξεργασία δεδομένων
- c. Αποκωδικοποίηση των πληροφοριών

#### **a. Συλλογή δεδομένων**

Για να γίνει σωστή διοίκηση και διαχείριση θεωρείται απαραίτητη η συλλογή δεδομένων, το οποίο αποτελεί απαραίτητο κομμάτι των ITS. Τα ITS έχουν την δυνατότητα να ενσωματώσουν διάφορα δεδομένα τα οποία έχουν ως βασικά χαρακτηριστικά τα εξής : μεταβλητότητα, βεβαιότητα και την πηγή .

#### **I. Μεταβλητότητα :**

- i. Στατική ( διαρκής)
- ii. Δυναμική ( αλλάζει συχνά )

#### **II . Βεβαιότητα :**

- i. Αποφασιστική (σίγουρη)
- ii. Πιθανή (τυχαία)
- iii. Αμφίβολη (υπερβολικά γενικευμένη )

#### **III . Πηγή :**

- i. Δημόσιος τομέας (κρατικές αρχές )
- ii. Ιδιωτικός τομέας ( δεδομένα διαχείρισης πελατών)



	Μεταβλητότητα	Βεβαιότητα
Εξειδίκευση του συστήματος		
Γεωμετρία μεταφορικού συστήματος και κανονισμοί	Στατική	Αποφασιστική
Διακώματα χρήσης γης	Στατική	Αποφασιστική
Απαιτήσεις του συστήματος		
Όγκος ιστορικής κίνησης και άλλα χαρακτηριστικά οχημάτων	Στατική	Αποφασιστική
Απόδοση συστήματος		
Χρόνοι ταξιδιού-ιστορικοί	Στατικοί	Πιθανή
Χρόνοι ταξιδιού-πραγματικοί	Δυναμική	Πιθανή
Ατυχήματα	Δυναμική	Αποφασιστική

(Πίνακας 2.1. Είρος συλλογής πληροφοριών συστημάτων)

	Μεταβλητότητα	Βεβαιότητα
Στόλος		
Οχήματα (περιλαμβανόμενης χωρητικότητας)	Στατική	Αποφασιστική
Τοποθεσία οχημάτων	Δυναμική	Αποφασιστική /Αμφίβολη
Πελάτες		
<b>Τοποθεσία</b>		
- Ιστορική	Στατική	Πιθανή
- Πραγματικού χρόνου	Δυναμική	Αποφασιστική
<b>Χρονικά παράθυρα</b>		
- Ιστορικά	Στατική	Αποφασιστική
- Πραγματικού χρόνου	Δυναμική	Αποφασιστική
<b>Ζήτηση</b>		
- Ιστορική	Στατική	Αποφασιστική
- Πραγματικού χρόνου	Δυναμική	Αποφασιστική

(Πίνακας 2.2. Δείκτες σε επίπεδο δικτύου-δυναμικά)

### Πίνακας 3.1 Δεδομένα σε συστήματα διοίκησης διανομής (διδασκτική της τεχνολογίας και ψηφιακά συστήματα, Ιωάννης Παπαγιαννούλης)

Τα δεδομένα που έχουν σχέση με την χρήση συστημάτων μεταφορών και τις χρήσεις γης συλλέγονται από τον δημόσιο τομέα ενώ τα δεδομένα που έχουν σχέση με το είδος των πελατών, των παραγγελιών και των διευθύνσεων παράδοσης κατά κύριο λόγο συλλέγονται από εταιρίες και παρέχονται στα μεταφορικά μέσα . Τα δεδομένα που σχετίζονται με την τρέχουσα θέση των οχημάτων μπορεί να είναι αποφασιστικά ή τυχαία. Τα δεδομένα πελατών που καταγράφονται πριν ακόμα ξεκινήσουν τα οχήματα είναι στατικά και αποφασιστικά από την φύση τους. Παρόλα αυτά αν τα δεδομένα ανανεωθούν σε πραγματικό χρόνο καθώς λαμβάνεται η πληροφορία τότε θεωρούνται δυναμικά. Η νομοθεσία και οι κανονισμοί των αυτοκινητόδρομων για οχήματα μεταφορών προβλέπει το επιτρεπόμενο βάρος ,το ύψος, τις δυνατότητες στάθμευσης, το χρόνο και τα περιθώρια στροφών. Οι δυναμικές ή σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες περιέχουν ακόμα δεδομένα που συλλέγονται διαρκώς και κάνουν χρήση τεχνολογία που έχει ως στόχο τον εντοπισμό:

- § Κίνησης (χρόνος ταξιδιού, όγκου ταξιδιού και ατυχημάτων )
- § Του καιρού
- § Της τοποθεσίας οχημάτων (π.χ. GPS)

Η άνθιση ενός συστήματος συλλογής δεδομένων για διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας σε αστικό περιβάλλον με ITS πρέπει να περιέχει τον ορισμό των απαιτήσεων και ευθυνών για όσους εμπλέκονται. Ζητήματα που πρέπει να καταπολεμηθούν είναι τα εξής :

1. καταγραφή (συχνότητα ,αποθήκευση ,ανάκτηση δεδομένων )
2. ιδιοκτησία (τιμολόγηση, έλεγχος ποιότητας των δεδομένων )
3. προσωπικά δεδομένα (εμπιστευτικότητα ,ασφάλεια )

#### **b. Επεξεργασία δεδομένων**

Η επεξεργασία δεδομένων είναι ένα βασικό στοιχείο των ITS. Τα δεδομένα πρέπει να μετατραπούν σε πληροφορία. Η πληροφορία γίνεται πληροφορία μόνο όταν επικοινωνείτε σε μορφές και σε χρόνους κατάλληλους για χρήση σε μια συγκεκριμένη απόφαση (Bowyer and Taylor,1985 ). Η πληροφορία πρέπει να προσδίδεται στους λήπτες στον κατάλληλο χρόνο και σε κατανοητή μορφή. Τα δεδομένα που εμφανίζονται πρέπει να είναι επεξεργασμένα, δομημένα, προσβάσιμα, κατανοητά, συγκρίσιμα, χρήσιμα και τέλος σχετικά. Η επεξεργασία των δεδομένων περιέχει κάποιες διαδικασίες οι οποίες καταγράφονται παρακάτω :

- § επιβεβαίωση
- § περίληψη
- § ενσωμάτωση
- § πρόβλεψη

Τέτοια καθήκοντα ωστόσο για να ολοκληρωθούν είναι απαραίτητο να γίνουν κάποιες συγκεκριμένες διαδικασίες . Ο έλεγχος των δεδομένων είναι απαραίτητος ώστε να γίνει ορθή χρήση τους και να είναι έγκυρα. Επιπλέον είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν διαδικασίες εισαγωγής ώστε να βρεθούν οι σωστοί ρυθμοί λαθών και επίπεδα ακρίβειας δεδομένων. Η περίληψη αφορά την συγκέντρωση των δεδομένων σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η ενσωμάτωση περιέχει δεδομένα σε από διάφορες πηγές. Έπειτα πρέπει να βρεθούν οι δομές των σχέσεων. Για να γίνει η πρόβλεψη πρέπει να γίνει χρήση μαθηματικών μοντέλων και για να γίνουν οι επεξεργασίες δεδομένων πρέπει να αναπτυχθεί ένα σύστημα για την διοίκηση της πληροφορίας.Τέλος, απαιτείται ο σχεδιασμός και η κατασκευή βάσεων δεδομένων τα οποία περιέχουν ιδιαίτερες δομές αρχείων και διαδικασιών. Απαραίτητο επίσης είναι να εξασφαλισθεί ο απαραίτητος χώρος για την αποθήκευση των δεδομένων και των διαδικασιών. Για τις μελλοντικές αποδόσεις και συνθήκες αναγκαία είναι τα εξής μοντέλα :

- ☒ κόστος λειτουργίας
- ☒ επίπεδο υπηρεσιών
- ☒ χρόνος ταξιδιού

### **c. Αποκωδικοποίηση των πληροφοριών**

Για την μετακίνηση των αγαθών σε αστικές περιοχές είναι βασική η αποκωδικοποίηση της πληροφορίας η οποία εμπεριέχει την κατανόηση του περιβάλλοντος. Η μορφή και ο συγχρονισμός της αποκωδικοποίησης εξαρτάται από την συλλογή των αναγκών και των απαιτήσεων των χρηστών. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για να ολοκληρωθεί η διαδικασία της αποκωδικοποίησης της πληροφορίας.

Θέματα που πρέπει να απαντηθούν είναι τα ακόλουθα :

1. Λήπτες της απόφασης
  - a. Οδηγοί
  - b. Διάθεση υλικών
  - c. Διαχειριστές στόλων
  
2. Λόγος ύπαρξης της πληροφορίας
  - a. διοίκηση στόλου
    - i. πορεία οχημάτων και σχεδιασμός
    - ii. εντοπισμός οχημάτων
    - iii. επικοινωνία με οδηγό
  - b. Διοίκηση οχημάτων
    - i. κατεύθυνση πορείας
    - ii. διοίκηση οχήματος
    - iii. πληροφορίες ανάγκης
  - c. Μέσο παρουσίασης της πληροφορίας
    - i. διαδίκτυο
    - ii. τηλέφωνο
    - iii. φαξ
    - iv. στάσεις οχημάτων
    - v. Τηλεόραση

### 3.3 ΤΡΕΧΟΥΣΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ITS

Οι εφαρμογές των ITS στα αυτόματα διόδια και στις πληροφορίες του χρόνου διαδρομής είναι οι εξής :

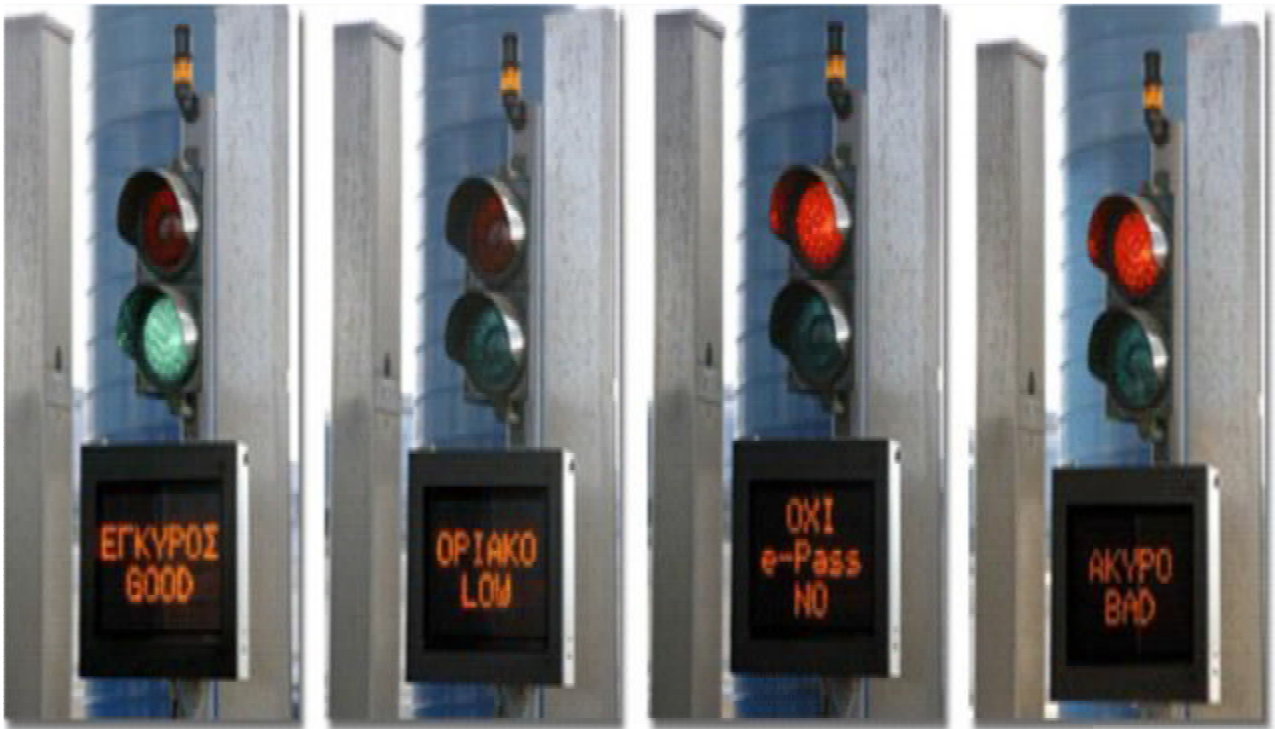
- Αυτόματα διόδια
- Πληροφορίες σχετιζόμενες με τον χρόνο διαδρομής
- Ζητήματα αξιολόγησης
- Χρήση του συστήματος
- Οικονομική βιωσιμότητα
- Πολιτική αποδοχή
- Ανταγωνιστική ουδετερότητα
- Οριζόντια συμβατότητα

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται οι παραπάνω εφαρμογές ITS:

#### **Αυτόματα διόδια :**



**εικόνα 3.6** διόδια (διαδίκτυο)



**Εικόνα 3.7** Φωτεινός σηματοδότης διοδίων (διαδίκτυο )

Τα αυτόματα διόδια έχουν μειώσει τις καθυστερήσεις στις πύλες των διοδίων διότι μείωσαν στο ελάχιστο τις στάσεις των οχημάτων για να πληρώσουν διόδια σε ταμεία. Αρκετές πόλεις έχουν ήδη εφαρμόσει αυτό το σύστημα. Τα αυτόματα αυτά συστήματα χρέωσης λειτουργούν με την χρήση ηλεκτρονικών συσκευών (π.χ. κάρτα) και οι οδηγοί μπορούν να πληρώσουν τα διόδια χωρίς μετρητά και ακόμα χωρίς να αναγκαστούν να σταματήσουν στις μπάρες διοδίων. Οι χρεώσεις είναι ανάλογες με τον τύπο του οχήματος αλλά και με το τμήμα του δικτύου που χρησιμοποιήθηκε. Άλλες φορές οι χρεώσεις διαφοροποιούνται από ώρα σε ώρα. Η συλλογή των διοδίων με αυτό τον τρόπο θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των κερδών σε χρόνο και καύσιμο. Επιπροσθέτως, το σύστημα αυτό θα οδηγήσει σε σημαντικές μειώσεις στο προσωπικό, στην συντήρηση καθώς και στην τιμή του καυσίμου. Η χρέωση των οχημάτων γίνεται με χρήση της τεχνολογίας RFID όπου σύμφωνα με έρευνες φαίνεται ότι είναι ασφαλές μέσο και ότι έχει αυξηθεί η χωρητικότητα.

### **Πληροφορίες σχετιζόμενες με τον χρόνο διαδρομής**



Εικόνα 3.8 Φωτεινή πινακίδα προσοχής (διαδίκτυο)





**Εικόνα 3.9** Ένδειξη έργων (διαδίκτυο)

Οι πληροφορίες αυτές δίνουν στους χρήστες την δυνατότητα αποφυγής των οδικών έργων, των ατυχημάτων καθώς και της κυκλοφοριακής συμφόρησης που ενδέχεται να υπάρχουν στο οδικό δίκτυο. Αλλά συστήματα μπορούν ακόμα και να προβλέψουν τον χρόνο διαδρομής από τοποθεσία σε τοποθεσία ανάλογα με τα επίπεδα ζήτησης.

### **Ζητήματα αξιολόγησης**

Τα ζητήματα αξιολόγησης αφορούν τον προγραμματισμό, τον σχεδιασμό αλλά και την σωστή χρήση των ITS ώστε να λειτουργούν ορθά.

Τα ζητήματα αυτά έχουν σχέση με :

- Την χρήση του συστήματος



- Την οικονομική βιωσιμότητα
- Την πολιτική αποδοχή
- Την ανταγωνιστική ουδετερότητα
- Την ανταγωνιστικότητα



**Εικόνα 3.10** Όριο ταχύτητας (διαδίκτυο)

### **Χρήση του συστήματος**

Οι επιχειρήσεις μεταφοράς φορτίων είναι συχνά μικρές επιχειρήσεις με χαμηλό βαθμό τεχνολογικής ανάπτυξης. Πολλές μικρές εταιρίες δεν έχουν πρόσβαση σε προχωρημένη τεχνολογία πληροφορικής (Laasko and Rauhamaki , 1999). Ωστόσο, μπορεί να αποφευχθεί η χρήση ITS, όταν δεν υπάρχουν οι κατάλληλες γνώσεις και η σωστή κατάρτιση. Έτσι ο σχεδιασμός του συστήματος πρέπει να έχει μέσα που προσφέρουν καλή δυναμική ώστε να είναι πιο απλό για το χρήστη να το κατανοήσει.

### **Οικονομική βιωσιμότητα**

Οι εφαρμογές ITS θα πρέπει να είναι οικονομικά προσβάσιμες όχι μόνο για τους προμηθευτές αλλά και για τους χρήστες. Πρέπει όμως να υπάρχει μια επιστροφή της επένδυσης ώστε να δικαιολογηθεί το κόστος κατασκευής του.

### **Πολιτική αποδοχή**

Όταν γίνεται χρήση προχωρημένης τεχνολογίας συχνά είναι απαραίτητη η πολιτική αποδοχή των χρηστών. Πρέπει δηλαδή να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες αξίες :

- Ασφάλεια δεδομένων
- Απόρρητο προσωπικών δεδομένων
- Ελευθερία
- Εμπιστευτικότητα

### **Ανταγωνιστική ουδετερότητα**

Είναι αναγκαίο να τηρούνται οι αρχές ελεύθερης αγοράς και να διασφαλίζονται διαφανείς διαδικασίες ώστε να διασφαλιστούν συνθήκες ίσης πρόσβασης ανταγωνιστών στις αγορές.

### **Οριζόντια συμβατότητα**

Για να επιτύχει η γενική εφαρμογή των ευφών συστημάτων μεταφοράς είναι σημαντικός παράγοντας η συνεργασία ανάμεσα στις εταιρίες ( ανταλλαγή και μοίρασμα πληροφοριών ).

## **3.5 ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Σύμφωνα με την οδηγία 2010/40 της Ε.Ε. που θεσπίζει σε ευρωπαϊκό επίπεδο το πλαίσιο ανάπτυξης των ευφών συστημάτων μεταφορών στον τομέα των οδικών μεταφορών ως Ευφυή Συστήματα Μεταφορών («intelligent transportation systems» -ITS) λέγονται τα συστήματα στα οποία εφαρμόζονται τεχνολογίες των πληροφοριών και των επικοινωνιών στον τομέα των οδικών μεταφορών ,συμπεριλαμβανομένης της υποδομής, των οχημάτων και των χρηστών, και στους τομείς της διαχείρισης της κυκλοφορίας και της κινητικότητας , καθώς και οι διεπαφές με άλλους τρόπους μεταφοράς.



**Εικόνα 3.11** Πινακίδα (διαδίκτυο)

Τα ITS αποτελούν μια σημαντική λύση σε πολλά προβλήματα που υπάρχουν στην Ελλάδα στον τομέα των μεταφορών. Ακόμα , σίγουρα αποτελούν λύση για τομείς όπου υπάρχει μεγάλο κόστος ευκαιρίας , χαμένες εργατοώρες ,μεγάλη δαπάνη καυσίμου και καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος. Στην Ελλάδα υπάρχουν πολλές εταιρίες που ειδικεύονται στην εφαρμογή των ευφυών συστημάτων. Στην Ελλάδα υπάρχουν φορείς στους κλάδους των μεταφορών, της πληροφορικής αλλά και των επικοινωνιών που έχουν συγκεντρωθεί σε μια μη κερδοσκοπική εταιρία ΤΟ 2008 που ονομάστηκε « Ελληνικός Οργανισμός Συστημάτων Ευφυών Μεταφορών – ITS HELLAS ». Αυτός ο οργανισμός είχε ως σκοπό να πραγματοποιήσει μια στρατηγική για την Ελλάδα σε θέματα Συστημάτων Ευφυών Μεταφορών. Στην Ελλάδα υπάρχουν υπηρεσίες σχετικές με τη πληροφόρηση κυκλοφορίας, με δεδομένα πραγματικού χρόνου, περιλαμβανομένων υπηρεσιών RDS TMC καθώς και με πληροφορίες για μέσα μαζικής μεταφοράς . Δεν υπάρχει κεντρική η εθνική βάση δεδομένων η εθνική υπηρεσία για πολυτροπική πληροφόρηση ή δεδομένα κυκλοφορίας. Η βασικότερη αδυναμία που αναγνωρίζεται σε σχέση με αυτόν τον τομέα αφορά στην έλλειψη κεντρικού σχεδιασμού για την ανταλλαγή και χρήση σχετικών προτύπων όπως DATEX/ DATEX II.

Υπάρχουν ωστόσο υλοποιήσεις ανταλλαξιμότητας στοιχείων ήδη, αφού οι υπηρεσίες του Υπουργείου Υποδομών που εποπτεύουν τη λειτουργία των αυτοκινητοδρόμων έχουν απ' ευθείας σύνδεση με τα κέντρα ελέγχου και λαμβάνουν σε πραγματικό χρόνο τα κυκλοφοριακά στοιχεία καθώς και τα στοιχεία συναλλαγών διοδίων για κάθε αυτοκινητόδρομο. Στο ίδιο πλαίσιο, το κέντρο διαχείρισης πληροφορίας της Αθήνας ανταλλάσσει δεδομένα πραγματικού χρόνου σε τακτά διαστήματα με την εταιρία διαχείρισης ΑΤΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ που είναι αρμόδιο για την ΑΤΤΙΚΗ ΟΔΟ, τον περιφερειακό αυτοκινητόδρομο της Αθήνας. Επίσης υπάρχει μια τρέχουσα πρωτοβουλία στην θεσσαλονίκη σχετικά με την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ τοπικών αρχών με στόχο την ανάπτυξη υπηρεσιών πληροφόρησης επιβατών/οδηγών.

Ως καλή πρακτική πρέπει να αναφερθεί και η εφαρμογή διάθεσης δεδομένων κυκλοφορίας πραγματικού χρόνου από την Αθήνα από το υπουργείο υποδομών, μεταφορών και δικτύων, προς ιδιωτικές επιχειρήσεις έναντι οικονομικού αντιτίμου. Τέλος, **το Σύστημα Ευφύων Μεταφορών** που εφαρμόστηκε στην πόλη των Τρικάλων έχει άμεσο αντίκτυπο στην καθημερινότητα των πολιτών της. Πιο συγκεκριμένα με τη βοήθεια επαγωγικών βρόγχων, διαχειρίζονται τα κυκλοφοριακά δεδομένα της πόλης, παρακολουθούν τον στόλο και το δίκτυο των αστικών λεωφορείων και σαν αποτέλεσμα, ενημερώνονται οι πολίτες για την κυκλοφοριακή κίνηση. Επιπλέον, οι έξυπνες στάσεις των αστικών λεωφορείων, προσφέρουν ακριβή πληροφόρηση σε ότι αφορά τα δρομολόγια, την αναμονή έως την άφιξη του κάθε λεωφορείου, με ακρίβεια δευτερολέπτου.



**Εικόνα 3.12** Ηλεκτρονική πινακίδα πληροφοριών (διαδίκτυο)

#### **Κεφάλαιο 4 : ΑΣΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ / ΑΣΑΦΗ ΛΟΓΙΚΗ**

## 4.1 Εισαγωγή στην ασαφή λογική

Από τη στιγμή που το πρόβλημα της διαχείρισης οδών είναι πολυπαραμετρικό, οι συνήθεις τρόποι αντιμετώπισης (γραμμικοί) δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα. Η ασαφής λογική είναι μια νέα γενική θεώρηση του προβλήματος και το μέλλον είναι εκεί. Όλο και περισσότερες εφαρμογές τη χρησιμοποιούν τα τελευταία χρόνια.

Τα Ασαφή Συστήματα (Fuzzy Systems) στηρίζονται στη θεωρία της ασαφούς λογικής και των ασαφών συνόλων. Η ασαφή θεωρία (fuzzy theory) είναι το πεδίο της τεχνικής νοημοσύνης το οποίο έχει την δυνατότητα να αναλύει την ασαφή και αόριστη ανθρώπινη λογική. Η θεωρία αυτή παρέχει τους τρόπους για τη σχεδίαση και υλοποίηση συστημάτων τα οποία μπορούν να λειτουργούν και να εμφανίσουν συμπεράσματα μέσα σε συνθήκες αβεβαιότητας, όπως κάνουν οι εμπειρογνώμονες.

Η ασαφής λογική γνώρισε τεράστια ανάπτυξη και πλέον παρουσιάζεται σε κάθε τομέα της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Όταν η ασαφή λογική συνδυάζεται με τα νευρωνικά δίκτυα αλλά και με τους εξελικτικούς αλγόριθμους έχει ως αποτέλεσμα, συστήματα που έχουν την δυνατότητα την μάθηση, την γενίκευση αλλά για συμπεράσμα (cognitive systems) . Η μοντελοποίηση και ο έλεγχος σύνθετων φυσικών διεργασιών, των οποίων η σχέση διέγερσης – απόκρισης χαρακτηρίζεται από ισχυρές μη γραμμικότητες από ανακρίβειες , ακόμα και από αντιφάσεις, είναι εφικτή στο πλαίσιο της ασαφούς λογικής. Οι δυνατότητες αυτές όμως δεν παρέχονται αρκετά από τα κλασικά αυστηρά μαθηματικά εργαλεία μοντελοποίησης και ελέγχου οπότε η ασαφή λογική έγινε ένα από τα πιο αποτελεσματικά μέσα για τον σύγχρονο μηχανικό.

Αρκετές φορές έχουν χρησιμοποιηθεί τεχνικές ασαφούς λογικής για τον έλεγχο της κυκλοφορίας σε μια ή σε περισσότερες διασταυρώσεις με αποτελέσματα πολύ ικανοποιητικά. Ασαφή σύνολα χρησιμοποιούνται κυρίως για να αναπαραστήσουν την ροή των οχημάτων και να έχουν αποτέλεσμα τον σωστό χρόνο πρασίνου. Όταν τα δίκτυα είναι πιο σύνθετα οι ελεγκτές της ασαφούς λογικής παίρνουν πληροφορίες από την προηγούμενη και την επόμενη διασταύρωση που ελέγχουν ώστε να έχουν ως αποτέλεσμα μια καλύτερη απόδοση στο σύνολο του οδικού δικτύου που εξετάζουμε. Η μέθοδος αυτή ωστόσο δημιουργεί πρόβλημα όταν πρέπει να ελέγχει δίκτυο μεγαλύτερο μήκους καθώς τότε είναι πιο πολύπλοκο.

Ότι χρησιμοποιεί ασαφή σύνολα ή ασαφή λογική ονομάζεται ασαφές σύστημα (fuzzy system). Τα ασαφή συστήματα (fuzzy systems) είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα των τεχνικών που χρησιμοποιούν την ανθρώπινη γνώση και τις παραγωγικές διαδικασίες.

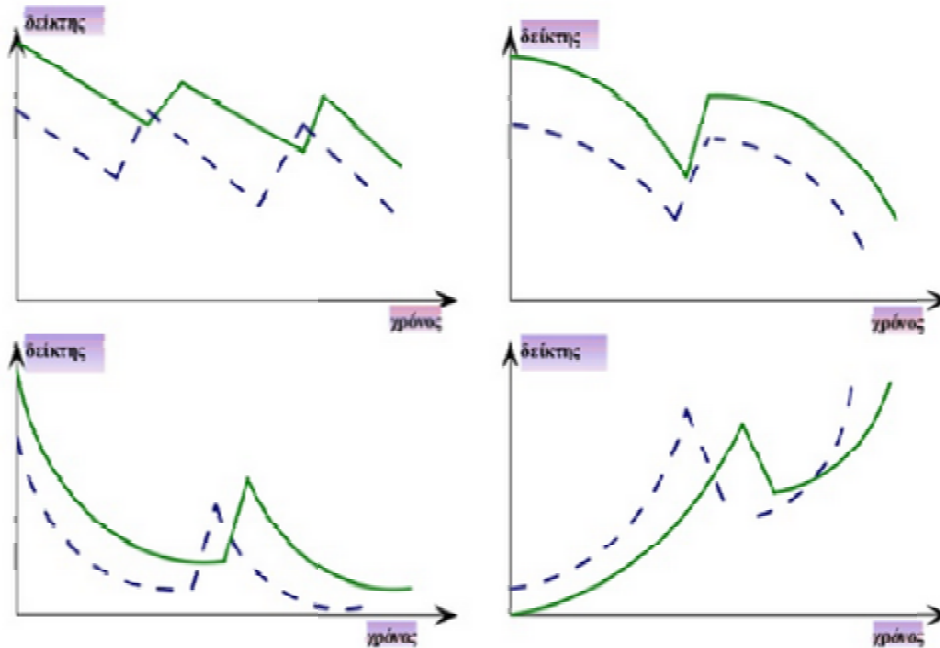
## 4.2 Είδη μοντέλων πρόβλεψης

Οι φθορές στα οδοστρώματα έχουν μεγάλο αντίκτυπο στη συντήρηση και στη βελτιστοποίηση του οδικού δικτύου, για αυτό το λόγο πρέπει να υπάρχει ακριβής πρόβλεψη τους. Εξαιτίας των παραπάνω τη δεκαετία του '60 κυρίως στη βόρεια Αμερική σχεδιάστηκαν τα πρώτα μοντέλα πρόβλεψης. Τα πιο συνήθη μοντέλα πρόβλεψης μπορούν να διακριθούν σε 4 κατηγορίες :ντετερμινιστικά, πιθανοτικά, υποκειμενικά και τα μοντέλα 'ευφών' μεθοδολογιών όπου και αναλύονται και παρακάτω.

### Ντετερμινιστικά μοντέλα

Τα ντετερμινιστικά μοντέλα εξάγουν μια συγκεκριμένη τιμή για τις παραμέτρους συμπεριφοράς του οδοστρώματος με τη χρήση μαθηματικής συνάρτησης. Παρόλα αυτά είναι πολλές φορές ανεπαρκείς να εφαρμόζονται τα ντετερμινιστικά μοντέλα σε όλες τις περιπτώσεις της διαχείρισης οδοστρωμάτων λόγω α) των αβεβαιοτήτων της συμπεριφοράς του οδοστρώματος υπό την επίδραση μεταβαλλόμενων φορτίων και περιβαλλοντικών συνθηκών, β) των δυσκολιών της ποσοτικοποίησης των παραμέτρων που επηρεάζουν τις φθορές των οδοστρωμάτων και γ) των λαθών που σχετίζονται στις μετρήσεις της κατασκευής του οδοστρώματος και της αξιολόγησης της. Οι μορφές των ντετερμινιστικών μοντέλων μπορεί να είναι γραμμικές ή μη γραμμικές εξισώσεις όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα όπου διακρίνονται τυπικές καμπύλες ντετερμινιστικών μοντέλων πρόβλεψης εξέλιξης δείκτη κατάστασης οδοστρώματος με το χρόνο συναρτήσει κάποιων παραμέτρων επιρροής και συντήρησης. Συνήθως εξάγμε τη χρήση στατιστικών αναλύσεων των ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών.





**Σχήμα 4.1** Τυπικά διαγράμματα ντετερμινιστικών μοντέλων (Ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης φθορών ευκάμπτων οδοστρωμάτων με την χρήση ασαφών συστημάτων. Ελένη Δ. Λουκέρη)

Πιθανοτικά μοντέλα : Στα πιθανοτικά μοντέλα η μελλοντική κατάσταση του οδοστρώματος είναι μια τυχαία εξαρτημένη μεταβλητή και η τιμή της τελευταίας καθορίζεται από μια συνάρτηση πιθανότητας. Προβλέπουν μια κατανομή για τη ζωή του οδοστρώματος, για το επίπεδο καταπόνησης του αλλά και για άλλες μετρήσεις της κατάστασης του. Περιλαμβάνουν τα μοντέλα :

1. Markov
2. Survivor curves
3. Semi-Markov

Οι αρχές της εφαρμογής των πιθανοτικών μοντέλων στο σχεδιασμό εύκαμπτων οδοστρωμάτων είχαν παρουσιαστεί από τον Darter and Hudson (1973). Επομένως, τα πιθανοτικά μοντέλα που προβλέπουν τη μελλοντική κατάσταση του οδοστρώματος έχουν λάβει σημαντική προσοχή στη διαχείριση οδοστρωμάτων. Τα πιθανοτικά μοντέλα έχουν εφαρμοστεί σε πολλά πεδία, όπως στο δυναμικό προγραμματισμό, στην συντήρηση οδοστρωμάτων, στη μοντελοποίηση των φθορών οδοστρωμάτων, στο σχεδιασμό του προϋπολογισμού του οδικού δικτύου και στην ανάλυση κόστους και να διατηρήσουν όλα τα τμήματα του οδοστρώματος σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο λειτουργίας.

Υποκειμενικά μοντέλα : Τα μοντέλα αυτά προκύπτουν από την τυποποίηση της εμπειρίας των ειδικών όσον αφορά στη διαδικασία φθοράς των οδοστρωμάτων. Είναι μοντέλα που

αναπτύσσονται σε περιπτώσεις έλλειψης στατιστικών δεδομένων σαν ύστατη λύση ανάγκης. Σε περιπτώσεις όπου τα στοιχεία είναι ανεπαρκή, οι εμπειρογνώμονες μπορούν να συμπληρώσουν τη γνώση. Στην πράξη, το ποσό ειδικής γνώσης που εισάγεται σε αυτά τα μοντέλα ποικίλλει ανάλογα με τις τεχνικές υπηρεσίες. Μερικές υπηρεσίες μπορούν να στηριχθούν 100% στις έμπειρες γνώμες, ενώ άλλες μπορούν να στηριχθούν στη συμβολή χρήσης 50% από την έμπειρη γνώμη και 50% από τις βάσεις δεδομένων. Τα μοντέλα αυτά όμως δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις ενός συστήματος διαχείρισης οδοστρωμάτων παρά μόνο ως βάση ανάπτυξης πιο προηγμένων μοντέλων έπειτα από συλλογή δεδομένων από το οδικό δίκτυο.

Μοντέλα ευφών μεθοδολογιών : Τα μοντέλα ευφών μεθοδολογιών αποτελούν ένα νέο τομέα εφαρμογών στην πρόβλεψη φθορών οδοστρωμάτων. Χαρακτηριστικά μοντέλα σε αυτήν την κατηγορία είναι ο γενετικός αλγόριθμος (GA) και το μοντέλο τεχνητών νευρωνικών δικτύων (ANN).

#### 4.2.1 Κατηγορίες μοντέλων

Τα μοντέλα πρόβλεψης μπορούν επίσης να διαχωριστούν ως εξής :

- Μηχανιστικά μοντέλα : έχουν την ικανότητα να προβλέπουν την συμπεριφορά του οδοστρώματος όταν αυτό καταπονείται αλλά και τις αλλαγές που ενδέχεται να γίνουν σε μηχανιστική αντίδραση του οδοστρώματος όπως η ένταση και η εκτροπή.
- Εμπειρικά μοντέλα : συνδυάζουν την κατάσταση του οδοστρώματος στο μέλλον με βάση διάφορους παράγοντες όπως είναι τα διάφορα φορτία που δέχεται, η αντοχή του, η περιβαλλοντικές συνθήκες όπως και η ηλικία του οδοστρώματος.
- Εμπειρικά – μηχανιστικά μοντέλα : εδώ συνδυάζονται τα δύο παραπάνω μοντέλα χρησιμοποιώντας εμπειρικές σχέσεις

#### 4.3. Ασαφή συστήματα, διαμόρφωση και προσδιορισμός

Το κεφάλαιο αυτό προσφέρει μια εισαγωγή στη χρήση των ασαφών συνόλων (fuzzy sets) και της ασαφούς λογικής (fuzzy logic) για τον υπολογισμό των λειτουργιών και της διαμόρφωσης των συστημάτων.

### 4.3.2 Εισαγωγή

Σημαντικό ρόλο στην μηχανική και στην επιστήμη αποτελεί η ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων. Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούνται σε προσομοιώσεις, την ανάλυση της συμπεριφοράς ενός συστήματος, την καλύτερη κατανόηση των ελλοχευόντων μηχανισμών στο σύστημα, το σχεδιασμό των νέων διαδικασιών ή το σχεδιασμό των ελεγκτών.

Η διαμόρφωση των μαθηματικών μοντέλων χωρίζονται στις εξής κατηγορίες :

- Μηχανιστική (white box) μοντελοποίηση : είναι ο συνδυασμός μιας πλήρους κατανόησης της φύσης και της συμπεριφοράς του συστήματος και μιας κατάλληλης επεξεργασίας μαθηματικών που έχει ως αποτέλεσμα ένα χρησιμοποιημένο μοντέλο. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε ώριμο επίπεδο για τα γραμμικά συστήματα μόνο, ενώ γενικά οι διαδικασίες είναι μη γραμμικές και προσεγγίζονται από τα γραμμικά μοντέλα τοπικά μόνο.
- Black box : μοντελοποίηση αυτή χρησιμοποιεί ως γενική συνάρτηση υπολογισμού. Βασικό μειονέκτημα εδώ είναι ότι η δομή και οι παράμετροι αυτών των μοντέλων συνήθως δεν έχουν ο-ποιαδήποτε φυσική σημασία.
- Ασαφής : εδώ συνδυάζονται τα white box με τα black box που είδαμε παραπάνω. Τα γνωστά μέρη του συστήματος διαμορφώνονται χρησιμοποιώντας τη φυσική γνώση και τα άγνωστα ή λιγότερο ορισμένα μέρη προσεγγίζοντας με ένα black box τρόπο, χρησιμοποιώντας τα στοιχεία διαδικασίας και τις δομές διαμόρφωσης black box με τις κατάλληλες ιδιότητες προσέγγισης.

Προσέγγιση διαμόρφωσης	Πηγή πληροφοριών	Μέθοδος απόκτησης	Παράδειγμα	Ανεπάρκεια
Μηχανιστική (white-box)	Επίσημη γνώση (μετρήσεις) και στοιχεία	Μαθηματική (Lagrange eq. κ.λ.π.)	Διαφορικές εξισώσεις	Δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει την ανεπίσημη γνώση
Black-box	Στοιχεία	Βελτιστοποίηση (εκμάθηση)	Στατιστική ανάλυση (παλινδρόμηση)	Δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει καθόλου τη γνώση
Ασαφής	Διάφορη γνώση και στοιχεία	Βασισμένη στη γνώση + μάθηση	Βασισμένο στους κανόνες μοντέλο	"Πληγή" της διασφαλτικότητας

**Πίνακας 4.1** Διαφορές των μεθόδων διαμόρφωσης (Ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης φθορών ευκάμπτων οδοστρωμάτων με την χρήση ασαφών συστημάτων ΕΛΕΝΗ Δ. ΛΟΥΚΕΡΗ )

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι που τα ασαφή σύνολα μπορούν να συμπεριληφθούν σε ένα σύστημα όπως είναι :

- Η περιγραφή του συστήματος ( αν είναι συλλογή κανόνων με τα ασαφή κατηγορήματα ή αν είναι μια ασαφή σχέση ).
- Ο καθορισμός των παραμέτρων του συστήματος ( αν η εξίσωση είναι αλγεβρική η διαφορική ) .
- Ασαφή σύνολα μπορούν να είναι και οι μεταβλητές εισαγωγής,εξαγωγής αλλά και κατάστασης ενός συστήματος.

Περιγραφή συστημάτων	Δεδομένα εισόδου	Προκείμενα δεδομένα εξόδου	Μαθηματικό πλαίσιο
Συγκεκριμένο	Συγκεκριμένα	Συγκεκριμένα	Ανάλυση συναρτήσεων, γραμμική άλγεβρα, κ.λ.π.
Ασαφές	Συγκεκριμένα / ασαφή	Ασαφή	Ασαφής συσχετιζόμενος υπολογισμός, ασαφές συμπέρασμα

**Πίνακας 4.2** Συγκεκριμένες και ασαφείς πληροφορίες στα συστήματα (Ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης φθορών ευκάμπτων οδοστρωμάτων με την χρήση ασαφών συστημάτων ΕΛΕΝΗ Δ. ΛΟΥΚΕΡΗ )

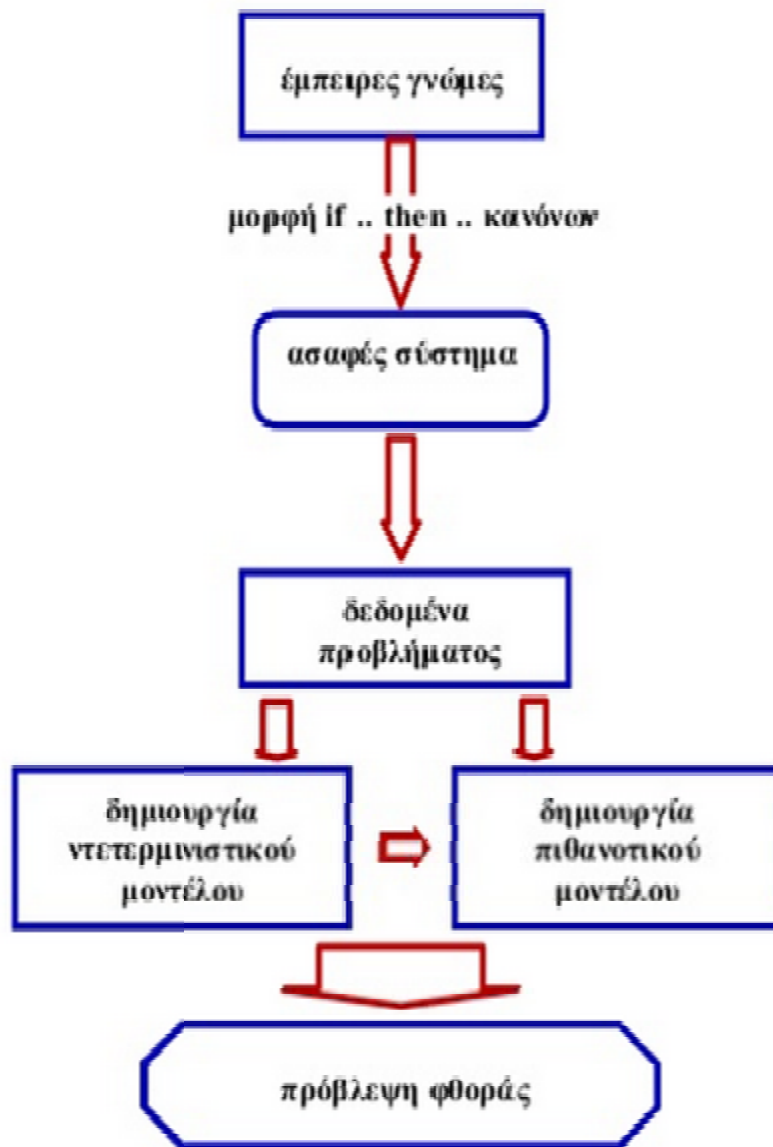
#### 4.4 Σύστημα ανάπτυξης μοντέλων που έχει παρουσιάσει η Ελένη Λουκέρη Πολιτικός Μηχανικός, ΠΑΤΡΑ, 2004

##### 4.4.1 στόχοι και δομή συστήματος ανάπτυξης μοντέλων

Η πολιτικός μηχανικός Ελένη Λουκέρη (Πάτρα) πρότεινε ένα σύστημα έχοντας πρόθεση να αναπτύξει ντετερμινιστικά και πιθανοτικά μοντέλα πρόβλεψης της εξέλιξης της σοβαρότητας επιφανειακών φθορών ευκάμπτων οδοστρωμάτων σε ένα οδικό δίκτυο σε συνάρτηση όλων των παραγόντων, κυκλοφοριακών, κατασκευαστικών και περιβαλλοντικών, που μπορούν να επηρεάσουν τις φθορές αυτές και επιδεινώνουν την κατάσταση του οδοστρώματος κυρίως ως προς την άνεση, την λειτουργικότητα αλλά και ως προς την ασφάλεια.

Το σύστημα αυτό που αναπτύσσει η κ. Λουκέρη αποτελείται από τέσσερις φάσεις. Στην πρώτη φάση συλλέγει πληροφορίες για τις φθορές του οδοστρώματος αλλά και για τους λόγους που τις προκαλούν και καθορίζει τις τεχνικές μοντελοποίησης. Στη δεύτερη φάση εφαρμόζει το ασαφές σύστημα το οποίο λειτουργεί ως ένα έμπειρο σύστημα που παράγει δεδομένα από τις πληροφορίες που συλλέχθηκαν στην πρώτη φάση. Στην τρίτη φάση εφαρμόζει τις μεθόδους της μη γραμμικής παλινδρόμησης για την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων της δεύτερης φάσης και στη συνέχεια αναπτύσσει την μη γραμμική εξίσωση του ντετερμινιστικού μοντέλου. Τέλος, στη τέταρτη φάση εφαρμόζει την μέθοδο στοχαστικής διάρκειας για την μετατροπή του

ντετερμινιστικού μοντέλου σε πιθανοτικό.



**Σχήμα 4.2** Δομή προτεινόμενου συστήματος (Ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης φθορών ευκάμπτων οδοστρωμάτων με την χρήση ασαφών συστημάτων, Ελένη Δ. Λουκέρη)

#### 4.4.2 Μοντέλα πρόβλεψης

Τα συστήματα διαχείρισης οδοστρωμάτων έχουν ανάγκη από δύο ειδών μοντέλα :

- Ντετερμινιστικά μοντέλα
- Πιθανοτικά μοντέλα



#### 4.4.2.1 Ντετερμινιστικά μοντέλα

Εδώ χρησιμοποιούνται καμπύλες και σχετίζονται με την εξέλιξη της φθοράς και τους λόγους που επηρεάζεται. Ωστόσο, τα μοντέλα αυτά δεν μπορούν να εξηγήσουν ανακρίβειες στην συμπεριφορά του οδοστρώματος.

Πιθανοτικά μοντέλα : αυτά τα μοντέλα μπορούν να προβλέψουν την ανακρίβεια στην συμπεριφορά του οδοστρώματος κάνοντας χρήση κατανομών πιθανότητας σε επίπεδο οδικού δικτύου. Παρολ' αυτά σε επίπεδο οδού δεν είναι πρακτικά.

Παρακάτω παρατίθενται τα μοντέλα πρόβλεψης του προτεινόμενου συστήματος που αναπτύχθηκαν :

1. Μοντέλο πρόβλεψης ρωγμών αλιγάτορα – alcrack
2. Μοντέλο πρόβλεψης διαμηκών ρωγμών – longcrack
3. Μοντέλο πρόβλεψης εγκάρσιων ρωγμών – transcrack
4. Μοντέλο πρόβλεψης ρωγμών από ολίσθηση ταπήτων – slipcrack
5. Μοντέλο πρόβλεψης τοπικών καθιζήσεων – idepr
6. Μοντέλο πρόβλεψης τοπικών διογκώσεων- - luphe
7. Μοντέλο πρόβλεψης αυλακώσεων – rut
8. Μοντέλων πρόβλεψης μπαλωμάτων – patch
9. Μοντέλο πρόβλεψης λακκουβών – pot
10. Μοντέλο πρόβλεψης αποκόλλησης αδρανών – rav
11. Μοντέλο πρόβλεψης λείανσης αδρανών - polagger
12. Μοντέλο πρόβλεψης ανάδυσης ασφάλτου – bleed
13. Μοντέλο γενικής κατάστασης – PGC

Στη συνέχεια ακολουθούν οι γενικές μορφές των μοντέλων που αναπτύχθηκαν.

#### 1. Μοντέλο ρωγμών αλιγάτορα

$$Alcrack = a_0 AGE^{a_1} MSN^{a_2} TRAF^{a_3} QUA^{04}$$

Όπου :

Alcrack = δείκτης ρωγμών αλιγάτορα

MSN =  $0.0394 (b_1 d_1 + b_2 150 + b_3 200) + SNSG$

$b_1 = -8 \cdot 10^{-13} \psi_{iasphak}^2 + 10^{-6} \psi_{iasphak} + 0.0904$

#### 2. Μοντέλο διαμηκών ρωγμών

$$\text{longcrack} = a_0 \text{AGE}^{a1} \text{MSN}^{a2} \text{TRAF}^{a3} \text{QUA}^{a4}$$

Όπου :

Longcrack = δείκτης διαμηκών ρωγμών

$$\text{MSN} = 0.0394(0.348 d_1 + b_2 150 + b_3 200) + \text{SNSG}$$

$$b_2 = 0.249 \log m_2 + 0.222$$

$$b_3 = 0.277 \log m_3 + 0.495$$

$$\text{SNSG} = 1.81 \log m_4 - 0.85 (\log m_4)^2 + 1.0565$$

### 3. Μοντέλο εγκάρσιων ρωγμών

$$\text{transvcrack} = a_0 \text{AGE}^{a1} \text{MSN}^{a2} \text{TRAF}^{a3} \text{QUA}^{a4}$$

Όπου :

Transvcrack = δείκτης εγκάρσιων ρωγμών

$$\text{MSN} = 0.0394 (0.348 d_1 + b_2 150 + b_3 200) + \text{SNSG}$$

### 4. Μοντέλο ρωγμών από ολίσθηση ταπήτων

$$\text{slippcrack} = a_0 \text{AGE}^{a1} \text{MSN}^{a2} \text{QUA}^{a3}$$

όπου :

slippcrack = δείκτης ρωγμών από ολίσθηση ταπήτων

$$\text{MSN} = 0.0394 b_1 d_1 + 5.213$$

$$b_1 = -0.105 e^{-0.166(1-25)} + 0.363 e^{-0.083(1-25)} + 0.0904$$

### 5. Μοντέλο τοπικών καθιζήσεων

$$\text{Idepr} = a_0 \text{AGE}^{a1} \text{MSN}^{a2} \text{TRAF}^{a3} \text{QUA}^{a4}$$

όπου :

Idepr = δείκτης τοπικών καθιζήσεων

$$\text{MSN} = 0.0394 ( b_1 100 + b_2 150 + b_3 200) + \text{SNSG}$$

$$b_1 = -0.105 e^{-0.166(1+25)} + 0.363 e^{-0.083(1-25)} + 0.0904$$

$$\text{TRAF} = 5500 (\text{TR} + 1)$$

### 6. Μοντέλο τοπικών διογκώσεων

$$\text{luphe} = a_0 \text{AGE}^{a1} \text{MSN}^{a1} \text{QUA}^{a3}$$

όπου :

luphe = δείκτης τοπικών διογκώσεων

$$\text{MSN} = 0.0394 ( b_1 100 + b_2 150 + b_3 200) + \text{SNSG}$$

$$b_1 = -0.105 e^{-0.166(1-25)} + 0.363 e^{-0.083(1-25)} + 0.0904$$

### 7. Μοντέλο αυλακώσεων

$$\text{Rut} = a_0 \text{AGE}^{a1} \text{MSN}^{a2} \text{TRAF}^{a3} \text{QUA}^{a4}$$

Όπου :

Rut = δείκτης αυλακώσεων

$$\begin{aligned} \text{MSN} &= 0.0394 (b_1 100 + b_2 150 + b_3 200) + \text{SNSG} \\ b_2 &= 0.249 \log \text{psi}_{\text{base}} - 0.977 \\ b_3 &= 0.277 \log \text{psi}_{\text{subbase}} - 0.839 \\ \text{SNSG} &= 3.51 \log \text{CBR} - 0.85 (\log \text{CBR})^2 - 1.43 \\ \text{TRAF} &= 5500 (\text{TR} + 1) \end{aligned}$$

### 8. Μοντέλο μπαλωμάτων

$$\text{patch} = a_0 \text{AGE}^{a1} \text{MSN}^{a2} \text{QUA}^{a3}$$

όπου :

patch = δείκτης μπαλωμάτων

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

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

### 9. Μοντέλο λακκούβων

$$\text{pot} = a_0 \text{AGE}^{a3} \text{MSN}^{a2} \text{TRAF}^{a3} \text{QUA}^{a4}$$

όπου :

pothole = δείκτης λακκούβων

$$\text{MSN} = 0.394(b_1 d_1 + b_2 150 + b_3 200) + \text{SNSG}$$

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

$$b_2 = 0.249 \log m_2 + 0.222$$

$$b_3 = 0.277 \log m_3 + 0.495$$

$$\text{SNSG} = 1.81 \log m_4 - 0.85 (\log m_4)^2 + 1.0565$$

### 10. Μοντέλο αποκόλλησης αδρανών

$$\text{rav} = a_0 \text{AGE}^{a1} \text{MSN}^{a2} \text{TRAF}^{a3} \text{QUA}^{a4}$$

όπου :

rav = δείκτης αποκόλλησης αδρανών

$$\text{MSN} = 0.0394b_1 d_1 + 5.213$$

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

### 11. Μοντέλο λείανσης αδρανών

$$\text{polaggr} = a_0 \text{AGE}^{a1} \text{MSN}^{a2} \text{TRAF}^{a3} \text{QUA}^{a3} \text{PSV}^{a5}$$

όπου :

polaggr = δείκτης λείανσης αδρανών

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

### 12. Μοντέλο ανάδυσης ασφάλτου

$$\text{bleed} = a_0 \text{AGE}^{a1} \text{MSN}^{a2} \text{TRAF}^{a3} \text{QUA}^{a3} \text{PSV}^{a5}$$

όπου :

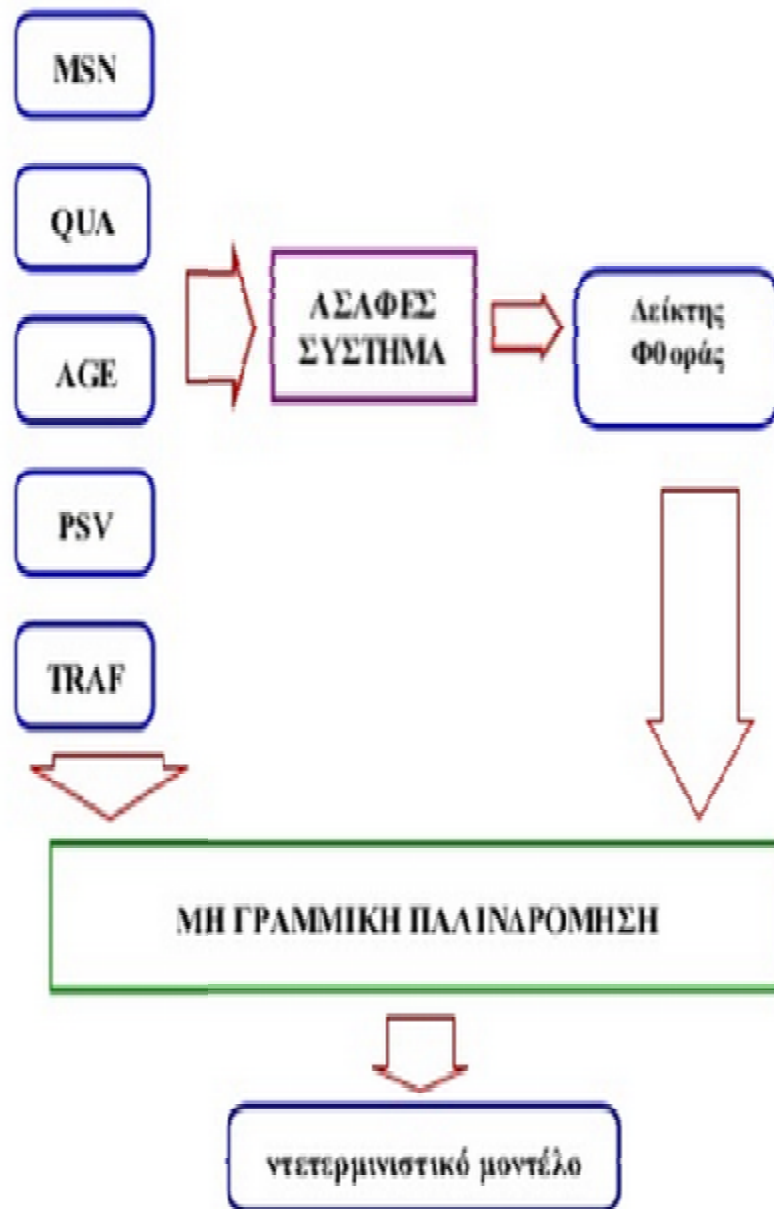
bleed = δείκτης ανάδυσης ασφάλτου

### 13. Μοντέλο γενικής κατάστασης

εδώ υπάρχουν δύο τρόποι υπολογισμού :

α) 1<sup>ος</sup> τρόπος :  $PGC = \max\{\text{alcrack, longcrack, transvcrack, slippcrack, luphe, lderp, rut, patch, pot, rav, polaggr, bleed}\}$

β) 2<sup>ος</sup> τρόπος :  $PGC = \beta_1 \text{alcrack} + \beta_2 \text{longcrack} + \beta_3 \text{transvcrack} + \beta_4 \text{slippcrack} + \beta_5 \text{luphe} + \beta_6 \text{lderp} + \beta_7 \text{rut} + \beta_8 \text{patch} + \beta_9 \text{rav} + \beta_{10} \text{pot} + \beta_{11} \text{polaggr} + \beta_{12} \text{bleed}$



**Σχήμα 4.3** Διαδικασία εύρεσης της εξίσωσης του ντετερμινιστικού μοντέλου (Ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης φθορών εύκαμπτων οδοστρωμάτων με την χρήση ασαφών συστημάτων. Ελένη Δ. Λουκέρη)

#### 4.4.2.2 Πιθανοτικά μοντέλα

Στο τέλος του συστήματος αναπτύσσονται τα πιθανοτικά μοντέλα πρόβλεψης. Αυτά τα μοντέλα χωρίζονται σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις π.χ. καλή, μέτρια, κακή. Για να γίνει η μετάβαση από την μία κατάσταση στην άλλη χρησιμοποιούνται πιθανότητες. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται πιο συχνά είναι το ένα ομογενές μητρώο μετάβασης Markov το οποίο παρουσιάζεται παρακάτω.

$$P_i = P_0 (P)^i$$

Όπου :

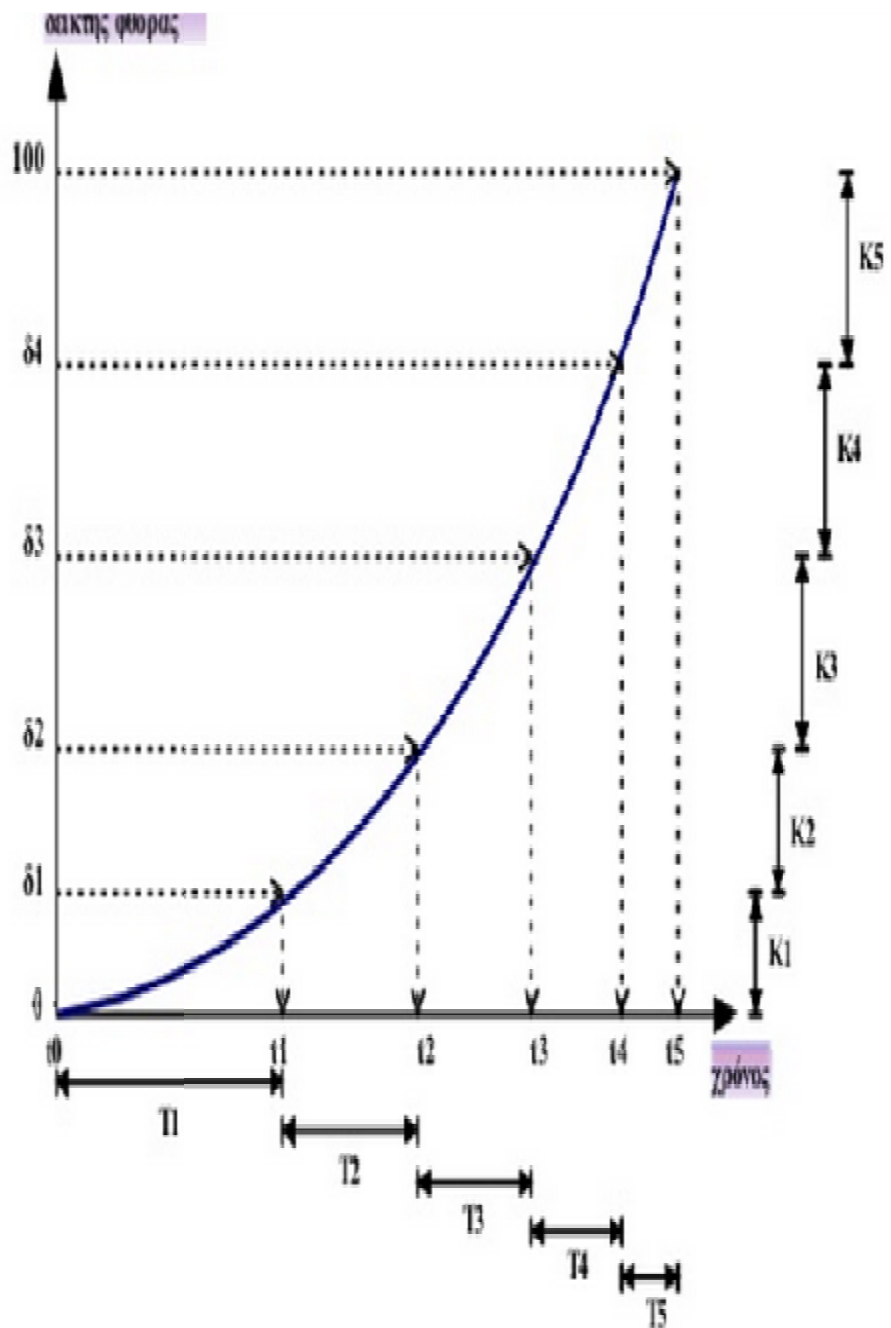
$P_0$  = το διάνυσμα της πιθανότητας αρχικής κατάστασης αρχικής κατάστασης

$P_i$  = το διάνυσμα της πιθανότητας κατάστασης του  $i^{\text{ου}}$  κύκλου

$i$  = αριθμός κύκλων σε έτη

Για την εύρεση των μητρώων πιθανοτήτων μετάβασης αναπτύχθηκαν αρκετές τεχνικές με πιο πρόσφατη την μέθοδο των μοντέλων στοχαστικής διάρκειας. Η μέθοδος αυτή φαίνεται πως χρησιμοποιείται στο εύκολο σε σχέση με τα άλλα δυο μοντέλα επειδή έχει την δυνατότητα να εκμεταλλευτεί ένα ήδη υλοποιημένο ντετερμινιστικό μοντέλο και να το μετατρέψει σε πιθανοτικό χωρίς να απαιτεί επιπλέον διαδικασίες.

Ωστόσο, για να γίνει χρήση αυτού του μοντέλου απαιτούνται κάποια δεδομένα όπως η διάρκεια του οδοστρώματος σε κάθε μια κατάσταση που ονομάζονται αλλιώς χρόνοι παραμονής. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η διαδικασία για την εύρεση τους.



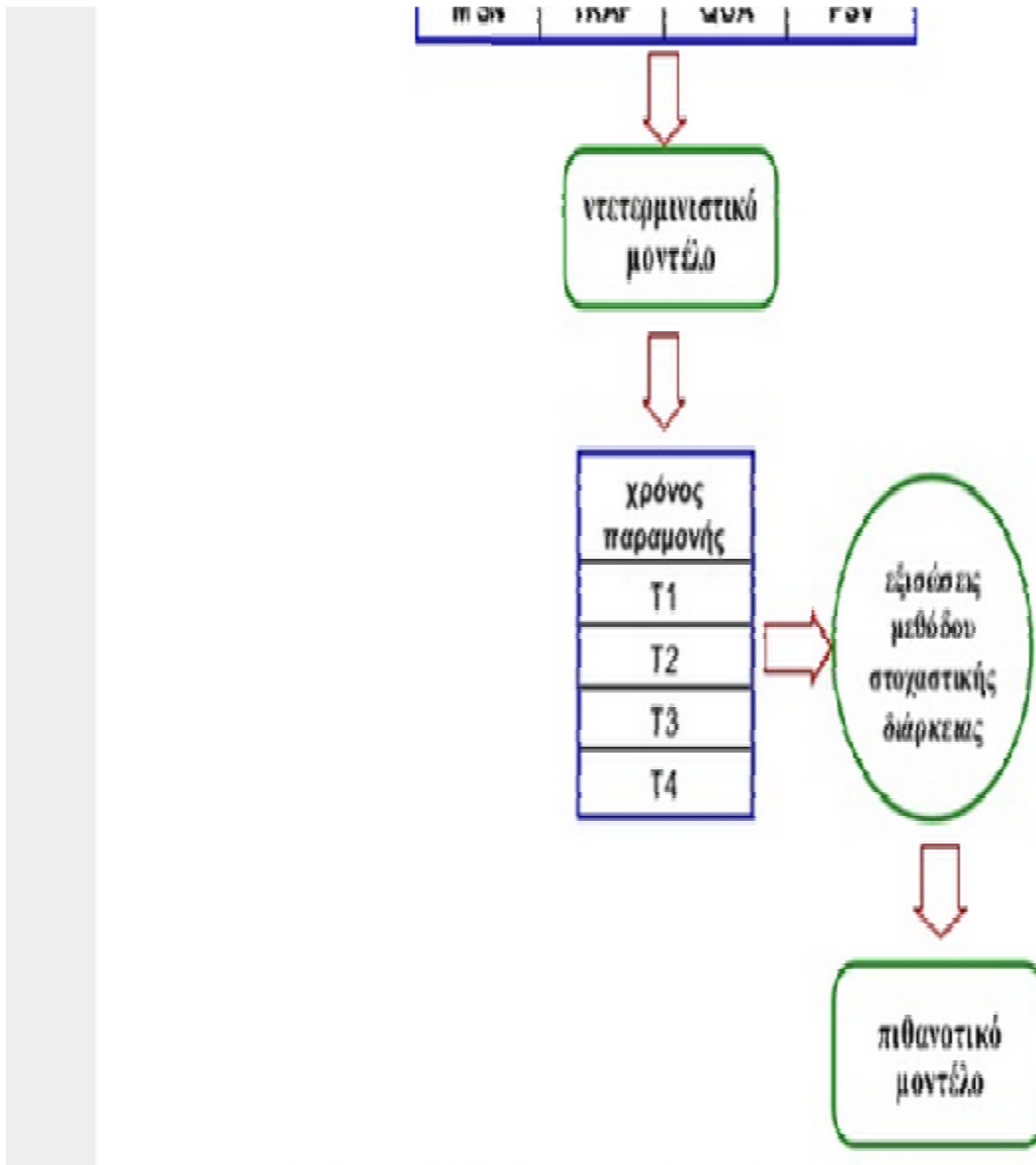
**Σχήμα 4.4** Γραφική απεικόνιση των δεδομένων για την εύρεση του πιθανοτικού μοντέλο (Ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης φθορών ευκάμπτων οδοστρωμάτων με τη χρήση ασαφών συστημάτων Ελένη Δ. Λουκέρη)

Για να αναπτυχθεί το πιθανοτικό μοντέλο γίνεται εφαρμογή της μεθόδου της στοχαστικής διάρκειας με δύο τρόπους οι οποίοι παρουσιάζουν τα ίδια αποτελέσματα χρησιμοποιώντας το ντετερμινιστικό μοντέλο ως βάση έναρξης για την εύρεση του πιθανοτικού μοντέλου.



## 1<sup>ος</sup> τρόπος

Σε αυτό τον τρόπο οι χρόνοι παραμονής (με τον παραπάνω τρόπο υπολογισμού) εισάγονται στις εξισώσεις της μεθόδου στοχαστικής διάρκειας.



**Σχήμα 4.5** Διαδικασία εύρεσης πιθανοτικού μοντέλου με τον πρώτο τρόπο επίλυσης (Ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης φθορών ευκάμπτων οδοστρωμάτων με τη χρήση ασαφών συστημάτων Ελένη Δ. Λουκέρη)

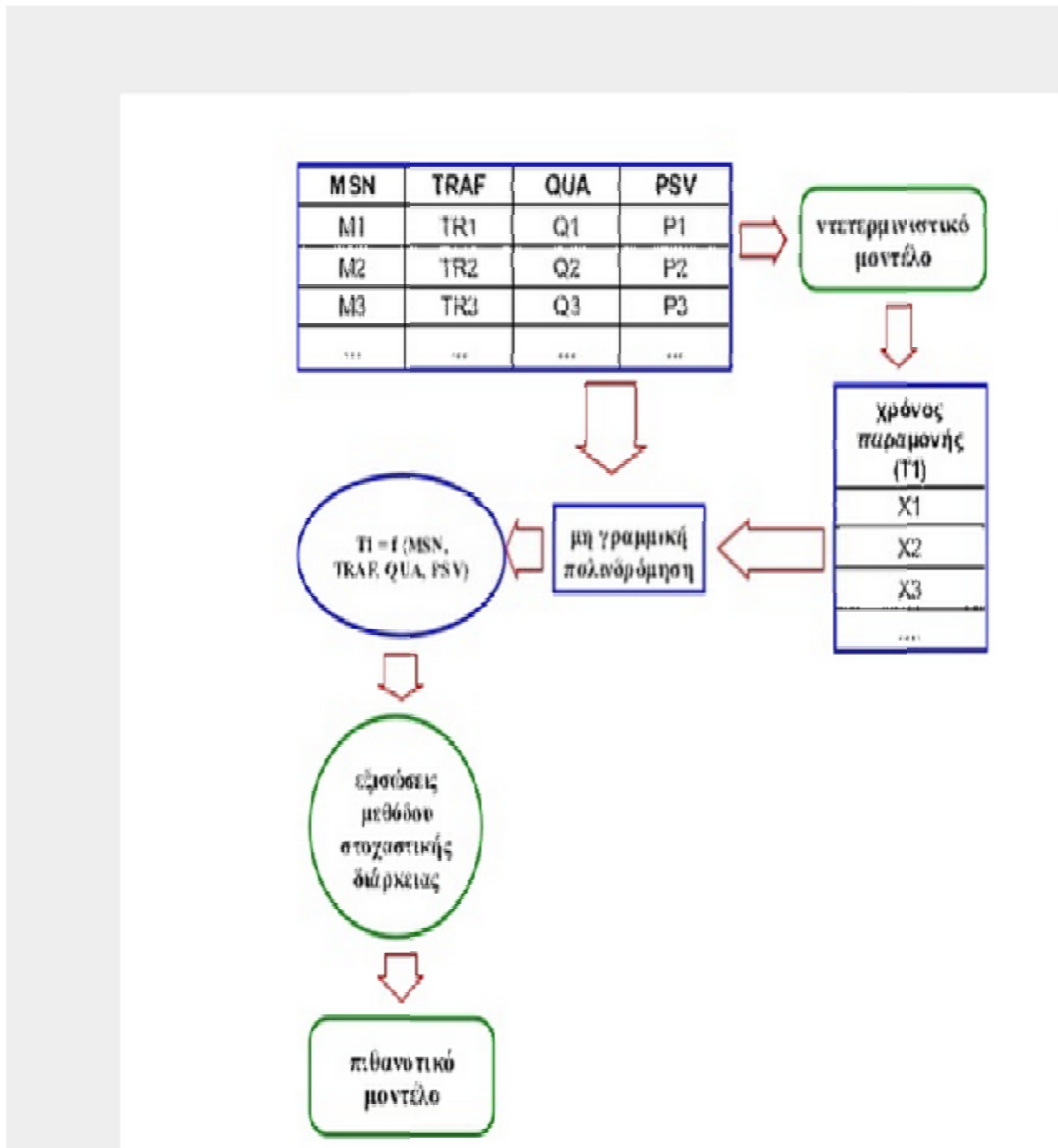
## 2<sup>ος</sup> τρόπος

Σε αυτόν τον τρόπο οι χρόνοι παραμονής εισάγονται με τον ίδιο πάλι τρόπο στις εξισώσεις της μεθόδου στοχαστικής διάρκειας με την μόνη διαφορά ότι εξαρτώνται μη γραμμικά από τις άλλες επεξηγηματικές μεταβλητές. Η μορφή αυτής της εξάρτησης παρουσιάζεται παρακάτω με την μορφή εξίσωσης.

$$TI = e^{b_0 + b_1 MSN + b_2 TRAF + b_3 QUA + b_4 PSV}$$

Όπου

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4$  = άγνωστοι συντελεστές που πρέπει να υπολογισθούν



**Σχήμα 4.6** Διαδικασία εύρεσης του πιθανοτικού μοντέλου με τον δεύτερο τρόπο επίλυσης (Ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης φθορών ευκάμπτων οδοστρωμάτων με τη χρήση ασαφών συστημάτων Ελένη Δ. Λουκέρη)

## Παρατηρήσεις :

- Στους δύο τρόπους που προτείνονται για την εύρεση του πιθανοτικού μοντέλου είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί ντετερμινιστικό μοντέλο ως βάση έναρξης λόγω της απαίτησης αλλά και να εξάγουν τα ίδια αποτελέσματα.
- Η βασική διαφορά των δύο μοντέλων εύρεσης πιθανοτικού μοντέλου είναι ότι ο πρώτος τρόπος μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν η ύπαρξη δεδομένων είναι ανεπαρκής και η διαδικασία γίνεται βάσει της εμπειρίας κατηγοριοποίησης των συνθηκών ενώ ο δεύτερος τρόπος μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επαρκή δεδομένα μετά από στατιστική ανάλυση βρίσκεται η σχέση εξάρτησης των χρόνων παραμονής.
- Στον δεύτερο τρόπο αν αλλάξει ο καθορισμός των καταστάσεων αλλάζουν και οι συντελεστές των εξισώσεων των χρόνων παραμονής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

### 5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα έργα που έχουν ως βάση τις οδικές υποδομές θεωρούνται αναγκαία για την σωστή λειτουργία μιας κοινωνίας. Σε ένα οδικό δίκτυο είναι απαραίτητη η σωστή συντήρηση για να εξασφαλίζεται η ασφαλής κυκλοφορία των οχημάτων αλλά και για την αποτελεσματική διαχείριση της κυκλοφορίας και την παροχή των αναγκαίων υπηρεσιών στους χρήστες.

Η διαχείριση οδοστρωμάτων είναι ένας ποικίλος και πολυδιάστατος τομέας που μέσω πολύπλοκων διαδικασιών λήψης αποφάσεων αναλαμβάνει να διατηρήσει την επιθυμητή κατάσταση στο οδόστρωμα με την καλύτερη κατανομή πόρων. Είναι απαραίτητο να ληφθούν οι κατάλληλες αποφάσεις διαχείρισης περιορισμένες στην διαθέσιμη χρηματοδότηση. Τα τελευταία χρόνια τα συστήματα διαχείρισης οδοστρωμάτων χρησιμοποιούν τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης για την εύρεση της βέλτιστης λύσης για τη διαχείριση του οδικού δικτύου. Οι διαδικασίες των συστημάτων διαχείρισης απορρέουν από την εμπειρία, τις παρατηρήσεις, τις μετρήσεις οι οποίες τυποποιούνται ώστε να λύσουν τα προβλήματα οι αρμόδιοι φορείς. Η ανάπτυξη των συστημάτων διαχείρισης οδοστρωμάτων οφείλεται στην μη αποτελεσματική λειτουργία των προηγούμενων κλασικότερων μεθόδων.

Το σημαντικότερο στοιχείο ίσως από τα συστήματα διαχείρισης οδοστρωμάτων είναι τα μοντέλα πρόβλεψης της εξέλιξης της κατάστασης του οδοστρώματος. Τα μοντέλα πρόβλεψης έχουν μαθη-

ματική μορφή και συμπεριλαμβάνουν παράγοντες όπως τις φθορές, τις ποικίλες περιβαλλοντικές αλλαγές αλλά και την συχνότητα της κυκλοφορίας όπως και το είδος της. Τα μοντέλα πρόβλεψης μοιράζονται σε δύο κατηγορίες, υπάρχουν τα μοντέλα που έχουν ως βάση την μέτρηση και την παρατήρηση και υπάρχουν και τα μοντέλα που στηρίζονται στην έμπειρη γνώση των ειδικών τα οποία όμως υστερούν εξαιτίας του παράγοντα του ανθρώπινου λάθους και της αβεβαιότητας. Ωστόσο, και τα μοντέλα που έχουν ως βάση την συλλογή και την επεξεργασία αποτελούν περίπλοκη διαδικασία. Επίσης, πρέπει να ειπωθεί πως το σύστημα που προτείνει η κ. Λουκέρη το οποίο παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 4 στηρίχθηκε σε δεδομένα που λήφθηκαν από έμπειρες γνώμες λόγω έλλειψης καταγεγραμμένων μετρήσιμων στοιχείων που αντιστοιχούν σε ελληνικές συνθήκες. Για την απόκτηση και την επεξεργασία των δεδομένων έγινε με χρήση ασαφών συστημάτων όπου στηρίζονται στην ανθρώπινη κρίση. Τα ασαφή συστήματα χρησιμοποιούνται μόνο όταν υπάρχει η απαραίτητη γνώση των ειδικών.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, τα συστήματα διαχείρισης οδοστρωμάτων είναι απαραίτητα για να ληφθούν αποφάσεις για την συντήρηση των οδικών δικτύων.

## 5.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η κ. Μαίρη Ι. Παναγοπούλου στην διατριβή διπλώματος της με τίτλο {Σύστημα οικονομικής και περιβαλλοντικής διαχείρισης οδοστρωμάτων με χρήση γενετικών αλγορίθμων} παρουσιάζει τις ακόλουθες προτάσεις.

[1]

- Εύρεση του κόστους θορύβου και του κόστους στην κοινωνική, πολιτική και οικονομική ζωή εξαιτίας της επιδείνωσης της κατάστασης του οδοστρώματος. Πιθανές έρευνες και μετρήσεις στο πεδίο σε μία γκάμα οδοστρωμάτων θα βοήθαγε τη συλλογή στοιχείων και την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη σύνδεση των προαναφερθέντων συνιστωσών του κόστους προς το περιβάλλον με την κατάσταση του οδοστρώματος.
- Έλεγχος των παρεμβάσεων συντήρησης και εκ νέου κοστολόγηση αυτών.
- Κατασκευή μιας πλήρους βάσης δεδομένων για τον ελληνικό χώρο που θα αφορά το κόστος των χρηστών και του περιβάλλοντος εξαιτίας της κατάστασης του οδοστρώματος. Τα περισσότερα δεδομένα για την παρούσα εργασία προέρχονται από ξένη βιβλιογραφία, οπότε είναι απαραίτητη η συλλογή στοιχείων.

- Με βάση τα στοιχεία που θα συλλεχθούν, είναι επιθυμητός ο επανέλεγχος των εξισώσεων που προσδιορίζουν το γενικευμένο κόστος συντήρησης
- Χρήση άλλης μεθόδου τεχνητής νοημοσύνης, παράλληλα με το γενετικό αλγόριθμο (π.χ. ασαφή συστήματα ή ευφυείς πράκτορες), ώστε να κατευθύνεται πιο εύκολα ο αλγόριθμος στη βέλτιστη λύση, χωρίς να απαιτούνται αρκετές επαναλήψεις ή μεγάλος αριθμός γενιών για να βρεθεί η λύση. Επιπλέον, η χρήση μιας δεύτερης τεχνολογίας τεχνητής νοημοσύνης θα βοηθήσει τον αλγόριθμο ώστε να βρει τη μία και μοναδική λύση του συστήματος και όχι βέλτιστες λύσεις πλησίον αυτής.
- Κατασκευή συστήματος διαχείρισης οδοστρωμάτων με τις ίδιες παραμέτρους αλλά με χρήση άλλης τεχνολογίας τεχνητής νοημοσύνης και σύγκριση των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν με τα αντίστοιχα που προκύπτουν από το γενετικό αλγόριθμο της παρούσας εργασίας.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] Σύστημα οικονομικής και περιβαλλοντικής διαχείρισης οδοστρωμάτων με χρήση γενετικών αλγορίθμων, Μαίρη Ι. Παναγοπούλου 2011
- [2] Ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης φθορών εύκαμπτων οδοστρωμάτων με την χρήση ασαφών συστημάτων, διατριβή διπλώματος ειδίκευσης, Ελένη Δ. Λουκέρη πολιτικός μηχανικός 2004
- [3] Θεοδωρακόπουλος Δ., Μπούσιας Ε., Γιαννόπουλος Π. (2003). «Τεχνική της κατασκευής – Τόμος Α: Ανάλυση και σχεδιασμός κατασκευών», 1η έκδοση, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.
- [4] Πάνος, Γ., Χασιάκος, Α., Θεοδωρακόπουλος, Δ., Βαγιώτας, Π. (2002). «Ανάπτυξη έμπειρου συστήματος για τη διαχείριση οδοστρωμάτων», 3ο Διεθνές Συνέδριο Ασφαλικών Μιγμάτων και Οδοστρωμάτων, Θεσσαλονίκη.
- [5] Κοκκάλης Α., Ιωαννίδη, Α., Παρδάλη, Ε. (2002). «Δομή μίας σύγχρονης μεθόδου συντήρησης διαχείρισης οδοστρωμάτων – Το πρόγραμμα RIMMES», 3ο Διεθνές Συνέδριο Ασφαλικών Μιγμάτων και Οδοστρωμάτων, Θεσσαλονίκη.
- [6] Ευφυή συστήματα μεταφορών, Ιωάννης Παπαγιαννούλης, Πειραιάς, Σεπτεμβριος 2011