

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**Ευφυή συστήματα μεταφορών και ο ρόλος των μεγάλων δεδομένων**

υπό

ΜΙΧΑΗΛΙΔΗ ΗΛΙΑ

ΒΟΛΟΣ 2017



# **Ευφυή συστήματα μεταφορών και ο ρόλος των μεγάλων δεδομένων**

Μιχαηλίδης Ηλίας

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2017

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Ναθαναήλ Ευτυχία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια  
Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Διευθύντρια  
Εργαστηρίου Κυκλοφορίας, Μεταφορών και Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας  
(TTLOG –Traffic, Transportation and Logistics Laboratory).

## **Περίληψη**

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρήθηκε η είσοδος των ευφυών συστημάτων στον τομέα των μεταφορών. Τα ευφυή συστήματα αποτελούν συστήματα τα οποία παρουσιάζουν λογική, ικανότητες διαχείρισης των δεδομένων και ακολούθως λήψης λογικών αποφάσεων χωρίς τη μεσολάβηση του ανθρώπου. Λειτουργώντας εφαρμογές τεχνολογιών που έχουν αναπτυχθεί και συνεχίζουν να αναπτύσσονται, βοηθούν την οργάνωση και τη διαχείριση των τομέων στους οποίους εφαρμόζονται, αλλά και την επίλυση των προκλήσεων που αντιμετωπίζουν. Ένας τέτοιος τομέας αποτελεί και ο τομέας των μεταφορών.

Για την επιτυχή λειτουργία των ευφυών συστημάτων μεταφορών πρέπει να σχεδιασθεί το πλαίσιο μέσα στο οποίο θα κατασκευαστούν, θα λειτουργήσουν, σε πολλές περιπτώσεις θα συνεργαστούν και θα αναπτυχθούν τα ευφυή συστήματα. Το πλαίσιο αυτό ονομάζεται αρχιτεκτονική ευφυών συστημάτων μεταφορών. Είναι

απαραίτητη η μελέτη των χαρακτηριστικών σχεδιασμού της αρχιτεκτονικής, τα οποία μπορούν να την καταστήσουν ευέλικτη, επεκτάσιμη και εξελίξιμη σε βάθος χρόνου. Για την κατανόηση των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών είναι αναγκαία η εκτενής μελέτη δύο αρχιτεκτονικών, οι οποίες αποτέλεσαν τις πρώτες προσπάθειες σχεδιασμού ενός πλαισίου μέσα στο οποίο μπορούν να οικοδομηθούν και να λειτουργήσουν τα ευφυή συστήματα μεταφορών. Αυτές είναι, η αμερικάνικη και η ευρωπαϊκή αρχιτεκτονική ευφών συστημάτων μεταφορών, οι οποίες, αποτέλεσαν τον πρόδρομο για τη δημιουργία νέων ή βασιζόμενων σε υπάρχουσες, αρχιτεκτονικών ευφών συστημάτων μεταφορών.

Τα ευφυή συστήματα μεταφορών, σύμφωνα με τις υπηρεσίες τις οποίες παρέχουν στους χρήστες τους, διαχωρίζονται σε προηγμένα συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας, πληροφόρησης του μετακινούμενου, υποβοήθησης του οδηγού προς ολοκλήρωση ασφαλούς και άνετης μετακίνησης, διαχείρισης των δημόσιων και εμπορευματικών μεταφορών, διαχείρισης περιπτώσεων έκτακτης ανάγκης και διαχείρισης των εργασιών συντήρησης και κατασκευής επί του οδικού δικτύου. Για την επιτυχή ολοκλήρωση των υπηρεσιών που παρέχονται από τα ευφυή συστήματα μεταφορών, γίνεται επεξεργασία των ληφθέντων κυκλοφοριακών δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά λαμβάνονται μέσα από τεχνολογίες, οι οποίες είναι είτε εγκατεστημένες επί του οδοστρώματος είτε επί του οδικού δικτύου.

Με τη συλλογή των κυκλοφοριακών δεδομένων, γίνεται κατανοητό ότι, δημιουργούνται συνεχώς σύνολα ποικιλόμορφων δεδομένων τεραστίων όγκων, τα οποία έθεσαν επιτακτική την ανάγκη εύρεσης τρόπου για τη μεταφορά τους, την αποθήκευση τους, την επεξεργασία τους και την εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών. Τα σύνολα αυτά και οι μέθοδοι ανάλυσης τους, ονομάζονται μεγάλα δεδομένα. Με την ανάλυση των μεγάλων δεδομένων, διαθέτουμε μία καθολική και σαφή εικόνα του

θέματος των μεταφορών που μελετάται, είτε αυτό αναφέρεται στη διαχείριση της κυκλοφορίας, είτε στη διαχείριση των μαζικών μεταφορών, είτε στη διαχείριση των εμπορευματικών μεταφορών. Με τη χρήση εργαλείων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων που έχουν αναπτυχθεί και συνεχίζουν να αναπτύσσονται, πέρα από τη μελέτη των κυκλοφοριακών συνθηκών σε πραγματικό χρόνο, μπορούν να προβλεφθούν και μελλοντικές κυκλοφοριακές συνθήκες.

Με τη μελέτη των αποτελεσμάτων της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων στον τομέα των μεταφορών, οι αρχές διαχείρισης των συστημάτων μεταφορών εξετάζουν σε πραγματικό χρόνο τις κυκλοφοριακές συνθήκες και ακολούθως μπορούν να προβούν σε μέτρα αντιμετώπισης δυσμενών κυκλοφοριακών συνθηκών ή σε μέτρα βελτιστοποίησης των υπάρχουσών κυκλοφοριακών συνθηκών. Στη συνέχεια, μπορούν να εκτιμήσουν την απόδοση των ληφθέντων μέτρων στην επίλυση των δυσμενών συνθηκών ή στη βελτίωση των υπάρχουσών, ώστε, να τροποποιήσουν ή όχι, τα μέτρα αντιμετώπισης τα οποία υιοθετήθηκαν. Επιπρόσθετα, οι χρήστες του οδικού μεταφορικού συστήματος μπορούν να ενημερώνονται συνεχώς για τις τρέχουσες κυκλοφοριακές συνθήκες και με τον τρόπο αυτό να λάμβάνουν τις βέλτιστες αποφάσεις επιλογής μέσου μεταφοράς, διαδρομής και χρονικής στιγμής πραγματοποίησης της μετακίνησης.

Μέχρι σήμερα, τα μεγάλα δεδομένα έχουν εφαρμοστεί επιτυχώς στον τομέα των μεταφορών προσφέροντας σημαντικά οφέλη στην παρακολούθηση και διαχείριση τους. Εξετάζοντας τις περιπτώσεις εφαρμογής των μεγάλων δεδομένων στις μεταφορές, οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί σε κράτη, δήμους και επιχειρήσεις, είναι εμφανής ο ευεργετικός αντίκτυπος τους και οι δυνατότητες τις οποίες προσφέρουν στους χρήστες τους.

Γίνεται αντιληπτή η σημαντικότητα των ευφυών συστημάτων μεταφοράς, τα πλεονεκτήματα χρήσης τους και τα οφέλη της εφαρμογής μεθόδων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων στις διαδικασίες οι οποίες πραγματοποιούνται από τα ευφυή συστήματα. Στην παρούσα εργασία, πραγματοποιείται η μελέτη των ευφυών συστημάτων μεταφορών, της αρχιτεκτονικής μέσα στην οποία θα σχεδιασθούν και μπορούν να συλλειτουργήσουν χρησιμοποιώντας ως παραδείγματα αναφοράς την ευρωπαϊκή και αμερικάνικη αρχιτεκτονική, του τρόπου με τον οποίο μπορούν να συλλεχθούν τα κυκλοφοριακά δεδομένα, η μελέτη των μεγάλων δεδομένων και η εφαρμογή των μεγάλων δεδομένων στις διαδικασίες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση των παρεχόμενων υπηρεσιών των ευφυών συστημάτων μεταφορών.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	1
1.1 Γενικά.....	1
1.2 Στόχος και δομή της διπλωματικής εργασίας .....	4
1.3 Μεθοδολογία εκπόνησης της εργασίας .....	6
Κεφάλαιο 2 Αρχιτεκτονική ευφών συστημάτων μεταφορών.....	7
2.1 Βασικές έννοιες .....	7
2.2 Αμερικάνικη αρχιτεκτονική ευφών συστημάτων μεταφορών .....	14
2.3 Ευρωπαϊκή αρχιτεκτονική ευφών συστημάτων μεταφορών.....	21
2.4 Σχεδιασμός νέας αρχιτεκτονικής υψηλού επιπέδου .....	30
2.5 Σχεδιασμος αρχιτεκτονικής υψηλού επιπέδου βασισμένης σε άλλη .....	35
2.6 Σύγκριση αμερικάνικης και ευρωπαϊκής αρχιτεκτονικής.....	37
Κεφάλαιο 3 Ευφυή συστήματα μεταφορών .....	40
3.1 Προηγμένο σύστημα διαχείρισης της κυκλοφορίας.....	41
3.1.1 Τεχνικές συλλογής δεδομένων επί του οδοστρώματος.....	41
3.1.2 Τεχνικές συλλογής δεδομένων εκτός οδοστρώματος.....	47
3.2 Προηγμένο σύστημα πληροφόρησης του μετακινούμενου .....	53
3.3 Προηγμένο σύστημα υποβοήθησης του οδηγού .....	58
3.3.1 Προσαρμοζόμενο σύστημα ελέγχου πορείας .....	58
3.3.2 Αυτόματο σύστημα πέδησης.....	61
3.3.3 Προηγμένο σύστημα στάθμευσης .....	62
3.3.4 Προσαρμοζόμενο σύστημα λειτουργίας των προβολέων .....	64
3.3.5 Ανίχνευση τυφλού σημείου.....	66
3.3.6 Προηγμένο σύστημα αποφυγής σύγκρουσης.....	67
3.3.7 Σύστημα ανίχνευσης κόπωσης και υπνηλίας .....	69
3.3.8 Σύστημα πλοήγησης με χρήση παγκόσμιου συστήματος θεσηθεσίας .....	71
3.3.9 Σύστημα κατάβασης λόφου.....	71
3.3.10 Ευφυής προσαρμογή ταχύτητας .....	72
3.4 Προηγμένο σύστημα δημόσιων συγκοινωνιών.....	74
3.5 Προηγμένο σύστημα εμπορευματικών μεταφορών .....	77
3.6 Προηγμένο σύστημα διαχείρισης έκτακτης ανάγκης.....	79
3.7 Προηγμένο σύστημα διαχείρισης συντήρησης και κατασκευών .....	80
Κεφάλαιο 4 Μεγάλα δεδομένα .....	82

4.1 Χαρακτηριστικά των μεγάλων δεδομένων .....	82
4.2 Οφέλη ανάλυσης μεγάλων δεδομένων .....	85
4.3 Αρχιτεκτονική μεγάλων δεδομένων .....	92
4.4 Ανάλυση μεγάλων δεδομένων .....	95
Κεφάλαιο 5 Εφαρμογή μεγάλων δεδομένων στις μεταφορές .....	98
5.1 Εφαρμογή μεγάλων δεδομένων στις μαζικές μεταφορές .....	98
5.1.1 Δουβλίνο.....	99
5.1.2 Βαρκελώνη .....	121
5.1.3 Αϊόβα.....	123
5.2 Εφαρμογή μεγάλων δεδομένων στη διαχείριση της κυκλοφορίας.....	125
5.2.1 Σαν Φρανσίσκο.....	126
5.2.2 Ένωση διαπολιτειακού αυτοκινητοδρόμου I-95 .....	142
5.2.3 Τσετσιάνγκ .....	146
5.3 Εφαρμογή μεγάλων δεδομένων στις εμπορευματικές μεταφορές .....	148
5.3.1 Schneider National.....	149
5.3.2 U.S. Xpress.....	163
5.3.3 DHL .....	164
5.4 Αξιολόγηση εφαρμογών μεγάλων δεδομένων στις μεταφορές.....	166
Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα και προοπτικές.....	171
Βιβλιογραφία .....	173
Παράρτημα Α Τεχνικές επεξεργασίας και διαχείρισης συλλεχθέντων δεδομένων ...	182
Παράρτημα Β Εργαλεία ανάλυσης μεγάλων δεδομένων .....	190
Παράρτημα Γ Ερωτήματα αναφοράς LUBM.....	200



# Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

## 1.1 Γενικά

Η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση για μετακίνηση προσώπων και αγαθών θα πρέπει να ικανοποιηθεί ή να διαχειριστεί με μέτρα που στοχεύουν στη βελτιστοποίηση της χρήσης των υφιστάμενων υποδομών. Τα ευφυή συστήματα μεταφορών, κάνουν χρήση τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών, οι οποίες λειτουργούν ως εφαρμογές στα συστήματα μεταφορών για τη διαχείριση συγκοινωνιακών δικτύων και τερματικών σταθμών, για την υποστήριξη των μετακινούμενων και για τη βελτίωση της ασφάλειας και της αποδοτικότητας των συστημάτων μεταφοράς [1]. Η συνεργασία τεχνολογιών πληροφόρησης και υποβοήθησης εφαρμόζεται στον τομέα των μεταφορών με στόχο, την πιο άνετη, την ασφαλέστερη και την αποδοτικότερη κυκλοφορία στο μεταφορικό δίκτυο.

Ο όρος ευφυή συστήματα μεταφορών, χρησιμοποιήθηκε για να χαρακτηρίσει τη λειτουργία των τεχνολογιών πληροφόρησης και υποβοήθησης στις μεταφορές και καλύπτει ένα ευρύ φάσμα συστημάτων. Τα ευφυή συστήματα μεταφορών αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο, το οποίο παρέχει ανάπτυξη των συστημάτων μεταφοράς. Οι νέες τεχνολογίες και οι καινοτομίες, αφορούν το σχεδιασμό και τη διαχείριση των υποδομών ή τις τεχνολογίες των οχημάτων. Στόχος είναι να καταστεί ασφαλής, άνετη και αδιάλειπτη η μεταφορά ανθρώπων και αγαθών, ενδεχομένως, χρησιμοποιώντας περισσότερους από ένα τρόπο μεταφοράς.

Καθώς το ζητούμενο στον τομέα των μεταφορών είναι η κινητικότητα, η ασφάλεια της μετακίνησης και παράλληλα η προστασία του περιβάλλοντος, πρέπει να γνωστοποιηθεί ότι τα ευφυή συστήματα μεταφορών, αποτελούν βασική

συνιστώσα της πολιτικής των μεταφορών, η οποία, παράλληλα με τη λήψη των αναγκαίων μέτρων, με τα οποία, θα αντιμετωπιστούν επιτυχώς οι προκλήσεις που δέχονται τα συστήματα μεταφορών, θα οφελήσουν το μεταφορικό δίκτυο μέσω καινοτόμων λύσεων. Οι προκλήσεις του τομέα των μεταφορών είναι οι εξής [2]:

1. Η κινητικότητα, αποτελεί βασική κοινωνική ανάγκη και προϋπόθεση ύπαρξης οικονομικής και κοινωνικής βάσης καθώς και εξέλιξης τους.
2. Η ασφάλεια των μεταφορών, επιτυγχάνεται μέσα από τη μείωση των τροχαίων ατυχημάτων και από την άμεση απόκριση βοήθειας σε περιπτώσεις συμβάντων.
3. Η μείωση των εκπομπόμενων αέριων ρύπων, η παρακολούθηση τους αλλά και μέσα από τον έλεγχο των χωρικών επιπτώσεων, η προστασία του περιβάλλοντος.
4. Η μείωση των διοικητικών δαπανών με την κατασκευή και λειτουργία των ευφυών συστημάτων μεταφορών αλλά και η δημιουργία θέσεων εργασίας στους τομείς των μεταφορών, της βιομηχανίας και των τεχνολογιών της επικοινωνίας και της πληροφόρησης.
5. Η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου μέσω της υποβοήθησης που παρέχουν τα ευφυή συστήματα μεταφορών. Πλέον, χρησιμοποιούνται και εναλλακτικές πηγές ενέργειας.
6. Η δημιουργία ίσων ευκαιριών πρόσβασης στους διάφορους προορισμούς. Με τον τρόπο αυτό διευκολύνεται η μετακίνηση ατόμων μεγάλης ηλικίας και μειωμένης κινητικότητας.
7. Η πραγματοποίηση γρηγορότερων, ευκολότερων και πιο αξιόπιστων μετακινήσεων.

8. Η μείωση των τροχαίων ατυχημάτων, με την κατασκευή και λειτουργία των ευφυών συστημάτων μεταφοράς. Με τον τρόπο αυτό συμβαίνουν λιγότερα τροχαία ατυχήματα και έτσι έχουμε λιγότερους τραυματισμούς και θανάτους στο μεταφορικό δίκτυο.
9. Η προσφορά ευκαιριών απασχόλησης και επιχειρηματικότητας στους τομείς των μεταφορών, των καινοτομιών και των νέων τεχνολογιών.
10. Η προσφορά πλεονεκτημάτων ανάπτυξης και εξέλιξης από τα οποία οφελούνται όλοι.
11. Η πραγματοποίηση ασφαλούς μετακίνησης όπως υποβοηθούμενη στάθμευση οχημάτων, το οποίο αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην αποφυγή δυσμενών συνθηκών και στην προστασία του οχήματος.
12. Η μελέτη, κατασκευή, λειτουργία και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών.
13. Η άμεση και έμμεση μείωση του κόστους κίνησης των οχημάτων.
14. Η πλήρης αποδοτικότητα των επενδύσεων, με υψηλή απόδοση και πολλαπλά οφέλη.

Τα ευφυή συστήματα μεταφορών, αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο που παρέχει καινοτόμες υπηρεσίες, οι οποίες σχετίζονται με τους διάφορους τρόπους μεταφοράς ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει στους χρήστες να ενημερώνονται ώστε να πραγματοποιούν ασφαλέστερες και αποδοτικότερες μετακινήσεις χρησιμοποιώντας τα μεταφορικά δίκτυα και όλες τις υπηρεσίες που διαθέτουν.

Όσο πιο εξελιγμένα είναι τα ευφυή συστήματα μεταφορών, τόσο πιο δύσκολα επιτυγχάνεται η διαχείριση τους με οικονομικά αποδεκτό τρόπο, στη φάση της κατασκευής, της λειτουργίας και της συντήρησης τους [3]. Προκειμένου να επιτευχθεί η διαχείριση με αποδοτικό τρόπο και να πραγματοποιηθεί η πλήρης εφαρμογή των ευφυών συστημάτων στο συγκοινωνιακό δίκτυο, θα πρέπει να

πραγματοποιηθεί σχεδιασμός στρατηγικής σημασίας που να επιτρέπει τον έλεγχο και τον προγραμματισμό των εργασιών και του κόστους τους. Ο στρατηγικής σημασίας σχεδιασμός, ονομάζεται αρχιτεκτονική των ευφυών συστημάτων μεταφορών [4].

Όπως γίνεται κατανοητό, για την ορθή οργάνωση σε όλους τους τομείς των μεταφορών πρέπει να συλλέγονται συνεχώς πληροφορίες, οι οποίες περιγράφουν το θέμα των μεταφορών. Από τη συνεχή λήψη δεδομένων δημιουργούνται τεράστια σύνολα για τα οποία πρέπει να εφαρμοστούν μέθοδοι και τεχνολογίες ικανές για την επεξεργασία τους. Αυτοί οι τεράστιοι όγκοι δεδομένων καθώς και οι τρόποι ανάλυσης τους ονομάζονται μεγάλα δεδομένα. Όπως γίνεται αντιληπτό παρακάτω, η ανάλυση των μεγάλων δεδομένων μπορεί να προσδώσει σημαντικά οφέλη σε όλους.

## **1.2 Στόχος και δομή της διπλωματικής εργασίας**

Ο στόχος της εργασίας είναι, η μελέτη των ευφυών συστημάτων μεταφοράς που έχουν αναπτυχθεί και λειτουργούν έως σήμερα, η κατανόηση των πλεονεκτημάτων τα οποία είναι αποτέλεσμα των διαδικασιών που πραγματοποιούνται από τα ευφυή συστήματα μεταφορών και ο ρόλος εφαρμογής, στις προαναφερόμενες διαδικασίες, της νέας τάσης ανάλυσης κυκλοφοριακών δεδομένων, δηλαδή, των μεγάλων δεδομένων στις μεταφορές. Για το λόγο αυτό, η παρούσα εργασία δομείται ως ακολούθως.

Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο, έγινε μία εισαγωγή στο τι είναι τα ευφυή συστήματα μεταφορών και σε ποιες προκλήσεις του τομέα των μεταφορών βοηθούνε. Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφεται το πλαίσιο μέσα στο οποίο κατασκευάζονται, λειτουργούν/ συλλειτουργούν και αναπτύσσονται τα ευφυή συστήματα μεταφορών, δηλαδή, η αρχιτεκτονική. Στο ίδιο κεφάλαιο αναφέρονται τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού μίας ευέλικτης, επεκτάσιμης και εξελίξιμης αρχιτεκτονικής Ακολουθώς, αναλύονται δύο

πολύ σημαντικά παραδείγματα αρχιτεκτονικών ευφυών συστημάτων μεταφορών, της αμερικάνικης και της ευρωπαϊκής αρχιτεκτονικής ευφυών συστημάτων μεταφορών. Στη συνέχεια, στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται οι κατηγορίες ευφυών συστημάτων μεταφοράς, οι υπηρεσίες τις οποίες παρέχουν και οι τεχνικές συλλογής κυκλοφοριακών δεδομένων.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο πραγματοποιείται εισαγωγή στην έννοια μεγάλα δεδομένα, στη μελέτη τους, τα χαρακτηριστικά τους και τα οφέλη που προσδίδουν στη μελέτη κυκλοφοριακών δεδομένων. Τέλος, στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφεται η εφαρμογή εργαλείων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων στο τομέα των μεταφορών. Περιγράφονται περιπτώσεις, οι οποίες αναφέρονται στη διαχείριση των μαζικών μεταφορών, στη διαχείριση της κυκλοφορίας και στη διαχείριση των εμπορευματικών μεταφορών. Παρουσιάζονται τα προβλήματα κυκλοφοριακών συνθηκών που δημιουργήθηκαν, ο τρόπος ανάλυσης των μεγάλων δεδομένων προς επίλυση των προαναφερόμενων προβλημάτων και τα οφέλη τα οποία προέκυψαν από την ανάλυση τους.

Ακολουθούν, το Παράρτημα Α, στο οποίο, παρουσιάζονται τρόποι επεξεργασίας των ληφθέντων δεδομένων, που συνεχώς αναπτύσσονται, για την ευκολότερη διαχείριση τους. Στο Παράρτημα Β, περιγράφονται εργαλεία ανάλυσης των μεγάλων δεδομένων, οι μεθοδολογίες και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούν. Όπως και στην περίπτωση επεξεργασίας των ληφθέντων δεδομένων, έτσι και εδώ, τα εργαλεία ανάλυσης των μεγάλων δεδομένων αναπτύσσονται συνεχώς, προσφέροντας με τον τρόπο αυτό περισσότερες δυνατότητες στους χρήστες τους. Ακολούθως, στο Παράρτημα Γ, παρουσιάζεται η ομάδα ερωτημάτων (queries) αναφοράς LUBM, σύμφωνα με τα οποία γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων σε ψευδογλώσσα SPARQL, στην περίπτωση ανάλυσης μεγάλων δεδομένων στην πόλη του Δουβλίνου.

### **1.3 Μεθοδολογία εκπόνησης της εργασίας**

Η παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώθηκε έπειτα από αναζήτηση, λήψη, συγκέντρωση και εκτεταμένη μελέτη σχετικών με το θέμα πληροφοριών, οι οποίες, συλλέχθηκαν από το παγκόσμιο διαδίκτυο και με τη συνεχή καθοδήγηση της, υπεύθυνης για τη διπλωματική εργασία, διδάσκουσας.

## Κεφάλαιο 2 Αρχιτεκτονική ευφών συστημάτων μεταφορών

### 2.1 Βασικές έννοιες

Η αρχιτεκτονική των ευφών συστημάτων μεταφορών αποτελεί ένα σημαντικό ζήτημα. Μια αρχιτεκτονική, καθορίζει το πλαίσιο μέσα στο οποίο μπορεί να οικοδομηθεί ένα σύστημα. Αυτό το πλαίσιο δείχνει τα κύρια συστατικά-μέρη του συστήματος, τις λειτουργίες τους και τις διεπαφές μεταξύ αυτών.

Η αρχιτεκτονική αποτελεί μια τυπική περιγραφή ενός ευφούς συστήματος μεταφορών, οργανωμένου με τέτοιο τρόπο, ώστε, να υποστηρίζει το σκεπτικό σχετικά με τις δομικές ιδιότητες του συστήματος. Καθορίζει τα τμήματα του συστήματος και παρέχει ένα σχέδιο σύμφωνα με το οποίο σχεδιάζονται και αναπτύσσονται. Η συμμόρφωση με μία αρχιτεκτονική εξασφαλίζει ότι, τα τμήματα του συστήματος μπορούν να λειτουργήσουν και να εργαστούν από κοινού ώστε να καταστεί δυνατή η εφαρμογή και η λειτουργία του συνολικού συστήματος [5].

Η αρχιτεκτονική αποτελεί μια κοινή δομή, για το σχεδιασμό και την οικοδόμηση των ευφών συστημάτων μεταφορών. Καθορίζει τις λειτουργίες, οι οποίες θα μπορούσαν να διεξαχθούν για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες και τις απαιτήσεις των χρηστών και πως τα επιμέρους στοιχεία/τμήματα του συνολικού συστήματος συνδέονται για να επιτευχθούν οι λειτουργίες αυτές. Καθορίζει ένα πλαίσιο, γύρω από το οποίο θα μπορούσαν να αναπτυχθούν πολλές προσεγγίσεις σχεδιασμού, οι οποίες μπορούν να είναι ειδικά προσανατολισμένες, έτσι ώστε να καλύψουν τις ανάγκες των χρηστών, διατηρώντας παράλληλα τα οφέλη μιας κοινής προσέγγισης. Μια αρχιτεκτονική συστήματος είναι σημαντική, διότι, επιτρέπει την ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών οι οποίες δεν είχαν επιλεγεί εξαρχής και δεν είχαν

επενδυθεί κονδύλια στις λύσεις αυτές, το σχεδιασμό και την ανάπτυξη των επιμέρους στοιχείων του συστήματος. Μια αρχιτεκτονική ευφυών συστημάτων μεταφορών, είναι λειτουργικά προσανατολισμένη στις ανάγκες του μετακινούμενου και παράλληλα δεν είναι τεχνολογικά συγκεκριμένη [6]. Αυτό το χαρακτηριστικό την καταστεί αποτελεσματική με την πάροδο του χρόνου, διότι, ορίζει τι πρέπει να γίνει και όχι το πως πρέπει να γίνει. Οι λειτουργίες ενός συστήματος με τέτοιου είδους αρχιτεκτονική, παραμένουν το ίδιο αποτελεσματικές με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη της τεχνολογίας.

Βασικός στόχος στον τομέα των μεταφορών, είναι να πραγματοποιηθεί ασφαλής, άνετη και αδιάλειπτη μεταφορά ανθρώπων και αγαθών. Μια αρχιτεκτονική ορίζει [7]:

1. Τις υπηρεσίες, τις οποίες αναμένει ο χρήστης να εκτελεστούν από τα συστήματα και τις εφαρμογές τους.
2. Που πραγματοποιούνται οι λειτουργίες του συστήματος.
3. Τη σύνδεση των τμημάτων του συστήματος με τις λειτουργίες οι οποίες πρέπει να εκτελεστούν, βάσει των πληροφοριών και των δεδομένων που έχουν ληφθεί.

Μπορεί να θεωρηθεί περίπλοκο, αλλά μία αρχιτεκτονική ευφυών συστημάτων μεταφορών, περιγράφει τι κάνει το σύστημα, σε ποιο μέρος του συστήματος πραγματοποιείται η κάθε ενέργεια και ποια θα είναι τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούνται και ανταλλάσσονται μεταξύ των τμημάτων του συστήματος και μεταξύ του χρήστη και του συστήματος.

Οι υπηρεσίες χρήστη, αποτελούν τις λειτουργίες που εκτελούνται για την υποστήριξη των χαρακτηριστικών της μετακίνησης που θα επιλέξει ο χρήστης.



Παραδείγματα υπηρεσιών χρήστη αποτελούν η παροχή ταξιδιωτικών πληροφοριών και η διαχείριση της κυκλοφορίας και έκτακτων περιστατικών επί της οδικής υποδομής. Οι υπηρεσίες χρήστη, βοηθούν τους μετακινούμενους να επιτυγχάνουν καλύτερες επιδόσεις κατά τη μετακίνησή τους.

Οι φορείς, είναι τα σημεία στα οποία εκτελούνται οι υπηρεσίες χρήστη. Παραδείγματα φορέων αποτελούν τα κέντρα διαχείρισης της κυκλοφορίας, τα οχήματα και οι εγκαταστάσεις δημόσιων μεταφορών καθώς και οι εργαζόμενοι των υπηρεσιών μεταφοράς, οι οποίοι, αλληλεπιδρούν με τις εφαρμογές των συστημάτων. Όπως φαίνεται, οι φορείς βοηθούν στην επιτυχή εκτέλεση των υπηρεσιών, τις οποίες αναμένουν οι χρήστες του συγκοινωνιακού δικτύου.

Ένας φορέας μπορεί να μην αποτελεί μέρος του συστήματος αλλά τα δεδομένα που χρησιμοποιεί και τα αποτελέσματα που εξάγει να βοηθούν στην εκτέλεση των υπηρεσιών χρήστη του συστήματος. Ένας σημαντικός τέτοιος φορέας αποτελεί το Παγκόσμιο Σύστημα Θεσηθεσίας (GPS-Global Positioning System), τα δεδομένα του οποίου χρησιμοποιούνται από πολλά ευφυή συστήματα μεταφορών.

Οι ροές πληροφοριών συνδέουν τους φορείς με τις υπηρεσίες των χρηστών, έχοντας σαν αποτέλεσμα την οικοδόμηση ενός συνολικού συστήματος. Μια τέτοια σύνδεση μπορεί να αποτελέσει η παρακολούθηση του συγκοινωνιακού δικτύου, ο εντοπισμός εκτάκτων καταστάσεων, η ρύθμιση της κυκλοφορίας μέσω ανάλογης σήμανσης, η ενημέρωση και η άμεση απόκριση των οχημάτων εκτάκτων αναγκών. Μέσα από τη επιτυχή ροή πληροφοριών, συλλέγονται, επεξεργάζονται και διανέμονται τα δεδομένα του συστήματος μεταφοράς.

Το μέγεθος και η πολυπλοκότητα ενός ευφυούς συστήματος μεταφοράς είναι οι λόγοι για τους οποίους πρέπει να πραγματοποιείται μεθοδική και παράλληλα καλά

ελεγχόμενη εισαγωγή του συστήματος στο δίκτυο. Τα ευφυή συστήματα μεταφορών και οι λειτουργίες που θα εκτελούνται είναι δύσκολο να τεθούν σε εφαρμογή με τη μία και να φέρουν τα αποτελέσματα που επιθυμούμε. Χρησιμοποιώντας μια αρχιτεκτονική συστήματος, προσεγγίζουμε την εισαγωγή του συστήματος μελετώντας τα σημεία τα οποία σε σχέση με το κόστος εφαρμογής και λειτουργίας τους, παρέχουν μεγάλης αξίας πληροφορίες. Χρησιμοποιώντας μια αρχιτεκτονική συστήματος και προσεγγίζοντας το σύστημα που θα εισάγουμε σταδιακά και μεθοδικά, μπορούμε να προγραμματίσουμε εύκολα αλλαγές, ανάπτυξη και ολοκλήρωση του συστήματος και των λειτουργιών του, τόσο στις εισαγόμενες/νέες, όσο και στις υφιστάμενες εφαρμογές. Για να επιτύχουμε την κατασκευή συστήματος, το οποίο θα είναι σε θέση να εξελίσσεται και επεκτείνεται, πρέπει να σχεδιαστεί με κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά [5].

Πρώτο χαρακτηριστικό αποτελεί η συμβασιμότητα. Συμβασιμότητα είναι η αδιάλειπτη λειτουργία του ευφυούς συστήματος μεταφορών όταν τα συστατικά του συστήματος, το λογισμικό που χρησιμοποιούν και οι λειτουργίες τους αντικαθίστανται από άλλα ή αναβαθμίζονται. Υπάρχουν σαφείς προδιαγραφές λειτουργίας του κάθε υποσυστήματος, του κάθε τμήματος, των χαρακτηριστικών τους και των συνδέσεων τους με τα υπόλοιπα.

Δεύτερο χαρακτηριστικό αποτελεί η επεκτασιμότητα. Επεκτασιμότητα είναι η επιτυχής αναβάθμιση και επέκταση του συστήματος, των τμημάτων του και των λειτουργιών τους, ώστε να αναλάβουν την εκτέλεση μεγαλύτερου όγκου εργασίας, να λειτουργήσουν σε περισσότερες θέσεις καθώς και να εισάγουν νέες λειτουργίες. Η επεκτασιμότητα εξαρτάται από τον καλό σχεδιασμό του συστήματος, το οποίο, σημαίνει ότι η χρήση αρχιτεκτονικής συστήματος θα βοηθήσει ώστε να διασφαλιστεί η επεκτασιμότητα.

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό είναι η διαλειτουργικότητα, η οποία είναι η επιτυχής σύνδεση και συνεργασία δύο ξεχωριστών συστημάτων. Πρέπει να εξασφαλιστεί όταν για την ολοκλήρωση μιας υπηρεσίας χρήστη λειτουργούν πολλά συστήματα. Τα συστήματα αυτά μπορεί να αποτελούν εφαρμογές οι οποίες λειτουργούν από ένα φορέα ή από διαφορετικούς φορείς. Αν τα συστήματα αναπτύσσονται στο πλαίσιο κοινής αρχιτεκτονικής συστήματος, με κοινά πρότυπα στην τεχνολογία, στη διοίκηση και την οικονομική επεξεργασία, τότε, η διαλειτουργικότητα των συστημάτων θεωρείται επιτυχής.

Όταν πραγματοποιείται ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών σε ένα σύστημα, πρέπει να γίνει σωστή σύνδεση και εναρμόνιση με τις υπάρχουσες τεχνολογίες οι οποίες λειτουργούν. Η περίπτωση ενσωμάτωσης νέων τεχνολογιών θεωρείται δυσκολότερη από το σχεδιασμό και την κατασκευή ενός συστήματος από το μηδέν.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, όταν σε ένα σύστημα λειτουργούν πολλές εφαρμογές παράλληλα και επιτυχώς, εξοικονομείται χρόνος, προσπάθεια και κόστος σε σύγκριση με την περίπτωση λειτουργίας κάθε εφαρμογής ξεχωριστά. Όταν γίνεται σωστή χρήση κοινής αρχιτεκτονικής, με εξαρχής ορισμένες διεπαφές των τμημάτων του συστήματος, τότε, επιτυγχάνεται ευκολότερη και αξιόπιστη ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών.

Τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά και η εξασφάλισή τους, είναι ευκολότερο να επιτευχθούν αν κατά το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία του συστήματος γίνει τυποποίηση των διαδικασιών με τη χρήση προτύπων.

Τα δεδομένα και οι πληροφορίες που ανταλλάσσονται, επεξεργάζονται και παρέχονται από τις εφαρμογές ενός συστήματος, μπορεί να έχουν διαφορετικό τύπο και μορφή όπως κείμενο, εικόνα, ήχος καθώς και διάταξη (format). Χρησιμοποιώντας

συγκεκριμένα πρότυπα και δημιουργώντας ευέλικτα συστήματα πολυμέσων, με τις διεπαφές μεταξύ των συστατικών του συστήματος που ορίζονται από την αρχιτεκτονική, επιτυγχάνεται ευκολότερη και πιο αξιόπιστη λειτουργία του ευφυούς συστήματος μεταφορών.

Η αρχιτεκτονική ευφυών συστημάτων μεταφορών μπορεί να περιγραφεί με ένα σχετικά απλό ορισμό ως ένα ενιαίο σύστημα τηλεματικής ή με έναν περίπλοκο ορισμό ως ένα πολύπλοκο σύστημα τηλεματικής που περιγράφεται με διαφορετικές απόψεις του συστήματος, μαζί με το σχέδιο εγκατάστασης της, τις διεργασίες που πρέπει να πραγματοποιηθούν και πολλά ακόμα. Μια αρχιτεκτονική μπορεί να κατασκευαστεί με διαφορετικές προοπτικές χρήσης της, σε σχέση με άλλες και να ανέλθει σε διαφορετικό επίπεδο λεπτομέρειας. Ξεκινώντας με μια βασική κατηγοριοποίηση, μια αρχιτεκτονική μπορεί να χαρακτηριστεί υψηλού ή χαμηλού επιπέδου [4].

Η αρχιτεκτονική υψηλού επιπέδου, χρησιμοποιείται για να παρέχει μια περιγραφή των λειτουργιών και των συνδέσεων που απαιτούνται ώστε οι εφαρμογές του συστήματος να παράγουν τις υπηρεσίες τις οποίες αναμένουν οι υπεύθυνοι του έργου και οι χρήστες του μεταφορικού συστήματος. Σε μια αρχιτεκτονική υψηλού επιπέδου, η λειτουργικότητα έχει τη μορφή των προδιαγραφών των τμημάτων της και των λειτουργιών τους, οι οποίες, απαιτούνται για την κατασκευή του συστήματος. Επιπλέον, παρουσιάζονται και οι προδιαγραφές των συνδέσεων μεταξύ των τμημάτων. Οι προδιαγραφές είναι ανεξάρτητες των τεχνολογιών αλλά λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαδικασία εφαρμογής του συστήματος. Η ανεξαρτησία αυτή, δίνει τη δυνατότητα στους προμηθευτές του έργου να υποβάλλουν καταλληλότερες προσφορές τεχνικών λύσεων οι οποίες συνάδουν με την αρχιτεκτονική που έχει

υιοθετηθεί. Η αρχιτεκτονική υψηλού επιπέδου σχεδιάζεται από/για οργανισμούς όπως το κράτος, η περιφέρεια, ο δήμος.

Ο σχεδιασμός αρχιτεκτονικής υψηλού επιπέδου, μπορεί να βοηθήσει στο σχεδιασμό αρχιτεκτονικής χαμηλού επιπέδου. Η διαφορά μεταξύ υψηλού και χαμηλού επιπέδου αρχιτεκτονικής είναι οι προδιαγραφές των τμημάτων και των συνδέσεων οι οποίες χρησιμοποιούνται.

Μια αρχιτεκτονική χαμηλού επιπέδου, περιγράφει το λεπτομερή σχεδιασμό των τμημάτων και των επικοινωνιών ενός συστήματος ευφών μεταφορών. Η χαμηλού επιπέδου αρχιτεκτονική, χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία σχεδιασμού από τη στιγμή που συναφθούν οι συμβάσεις και έχει ως σημείο έναρξης τις προδιαγραφές των τμημάτων και των επικοινωνιών τους.

Οι προδιαγραφές αποτελούν την επιτυχή χρήση των υπολογιστικών μηχανημάτων, του λογισμικού που διαθέτουν και χρησιμοποιούν ή και ο συνδυασμός των δύο. Για το σχεδιασμό ενός ευφούς συστήματος μεταφορών μπορεί να χρειαστεί να αναπτυχθούν πολλές αρχιτεκτονικές χαμηλού επιπέδου και αυτό εξαρτάται από τις προδιαγραφές που θα συμφωνηθούν. Ο σχεδιασμός και η υιοθέτηση αρχιτεκτονικής συστήματος, η οποία, έχει βασιστεί σε πολλές αρχιτεκτονικές χαμηλού επιπέδου, θα βελτιώσει και θα επεκτείνει τις προδιαγραφές της αρχιτεκτονικής υψηλού επιπέδου και του ευφούς συστήματος μεταφορών.

Η ανάγκη αποτελεσματικότητας, ανάπτυξης και συνεχούς εξέλιξης των υπηρεσιών των ευφών συστημάτων μεταφορών, είχε ως αποτέλεσμα το σχεδιασμό αρχιτεκτονικής-βάσης των συστημάτων. Αυτές οι αρχιτεκτονικές αναφέρονται ως υψηλού επιπέδου αρχιτεκτονικές. Τέτοιες αρχιτεκτονικές, αποτελούν αυτές των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, της Ευρωπαϊκής Ένωσης (FRAME-the Framework

Architecture Made for Europe), της Ιαπωνίας, του Καναδά και του Διεθνή Οργανισμού Τυποποίησης (ISO-International Organization for Standardization). Ενώ η ανάπτυξη των προαναφερθέντων αρχιτεκτονικών διεξήχθη ξεχωριστά, υπάρχει μια κοινή προσέγγιση στο ζήτημα της αρχιτεκτονικής. Στην παρούσα εργασία μελετώνται μόνο η αμερικάνικη και ευρωπαϊκή αρχιτεκτονική, διότι όπως προαναφέρθηκε, αποτέλεσαν την πρώτη συντονισμένη προσπάθεια σχεδιασμού ενός πλαισίου στο οποίο μπορούν να αναπτυχθούν και να συλλειτουργήσουν τα ευφυή συστήματα μεταφορών.

## **2.2 Αμερικάνικη αρχιτεκτονική ευφών συστημάτων μεταφορών**

Οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, αποτέλεσαν την πρώτη χώρα η οποία ανέπτυξε μία αρχιτεκτονική ευφών συστημάτων μεταφορών σε εθνικό επίπεδο [5]. Η κυβέρνηση υποστήριξε ένθερμα το σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής, έχοντας ως κίνητρο την ανάγκη να περιγράψει τα συστήματα και τα υποσυστήματα των μεταφορών, τις λειτουργίες που θα εκτελούνταν από το καθένα και πως θα επικοινωνούσαν μεταξύ τους. Στόχος αποτέλεσε η ανάπτυξη προτύπων, με τα οποία θα εξασφαλιζόταν η διαλειτουργικότητα του συστήματος [6].

Ένας λόγος ανάπτυξης μίας αρχιτεκτονικής ευφών συστημάτων μεταφορών και των προτύπων της, τα οποία θα τη χαρακτήριζαν, ήταν ότι, όταν ένας χρήστης του συστήματος ξεπερνούσε τα σύνορα της πολιτείας στην οποία κατοικούσε, εργαζόταν ή μετακινούταν, να μπορούσε να αλληλεπιδράσει με τα ευφυή συστήματα μεταφορών άλλης πολιτείας. Η εθνική αμερικανική αρχιτεκτονική ευφών συστημάτων μεταφορών αποτελεί μια κοινή δομή για το σχεδιασμό του συστήματος σε όλες τις πολιτείες της. Καθορίζει τα τμήματα του συστήματος, τις λειτουργίες τους και πως συνδέονται μεταξύ τους, ώστε να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις των χρηστών.

Αποτελεί ένα πλαίσιο στο οποίο μπορούν να εξεταστούν και να εφαρμοστούν πολλές προσεγγίσεις σχεδιασμού, ειδικά προσαρμοσμένες, ώστε, να καλύπτουν τις ανάγκες του χρήστη [4].

Η αμερικανική αρχιτεκτονική και τα πρότυπα που αναπτύχθηκαν βοήθησαν τον κλάδο των ευφυών συστημάτων μεταφορών και στην κοινή καθοδήγηση μιας πολυεπίπεδης κυβέρνησης. Είναι αδύνατο η αμερικάνικη αρχιτεκτονική να είναι πλήρως εφαρμοσμένη σε όλο το κράτος, όπως για παράδειγμα, ένα σύστημα εθνικής οδού θεωρείται απίθανο να αποτελεί μέρος του συστήματος για όλες τις περιφέρειες, καθώς, η εθνική οδός δεν περνά από όλες τις περιφέρειες.

Η αμερικανική αρχιτεκτονική ευφυών συστημάτων μεταφορών, βοηθά στην ανάπτυξη της αντίληψης ενός μελλοντικού συστήματος, κατά το οποίο εντοπίζονται εφαρμογές και λύσεις που θα υποστηρίξουν μελλοντικές ανάγκες μεταφορών.

Συγκεκριμένα, βοηθά τους σχεδιαστές συστημάτων μεταφορών ως εξής [3]:

1. Παρέχει βοήθεια στη φάση του τεχνικού σχεδιασμού εξοικονομώντας χρόνο, αφού, η αρχιτεκτονική έχει οριστεί.
2. Οι ροές των πληροφοριών και οι διαδικασίες έχουν οριστεί, επιτρέποντας τους σχεδιαστές των συστημάτων να επιταχύνουν τη διαδικασία καθορισμού των λειτουργιών που θα εκτελούνται.
3. Αποτελεί ένα σταθερό πλαίσιο για την ενσωμάτωση πολλών εφαρμογών σε μια περιοχή.
4. Καθορίζει τα πρότυπα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, τα οποία θα υποστηρίξουν τη διαλειτουργικότητα του συστήματος αφήνοντας την επιλογή των τεχνολογιών στους σχεδιαστές του συστήματος.

Με άλλα λόγια, η αμερικανική εθνική αρχιτεκτονική ορίζει:

1. τις λειτουργίες οι οποίες απαιτούνται για τη λειτουργία του ευφούς συστήματος μεταφορών,
2. τα συστήματα και τα υποσυστήματα τα οποία πραγματοποιούν τις λειτουργίες του συνολικού συστήματος και
3. τις ροές πληροφοριών και δεδομένων που συνδέουν τις λειτουργίες.

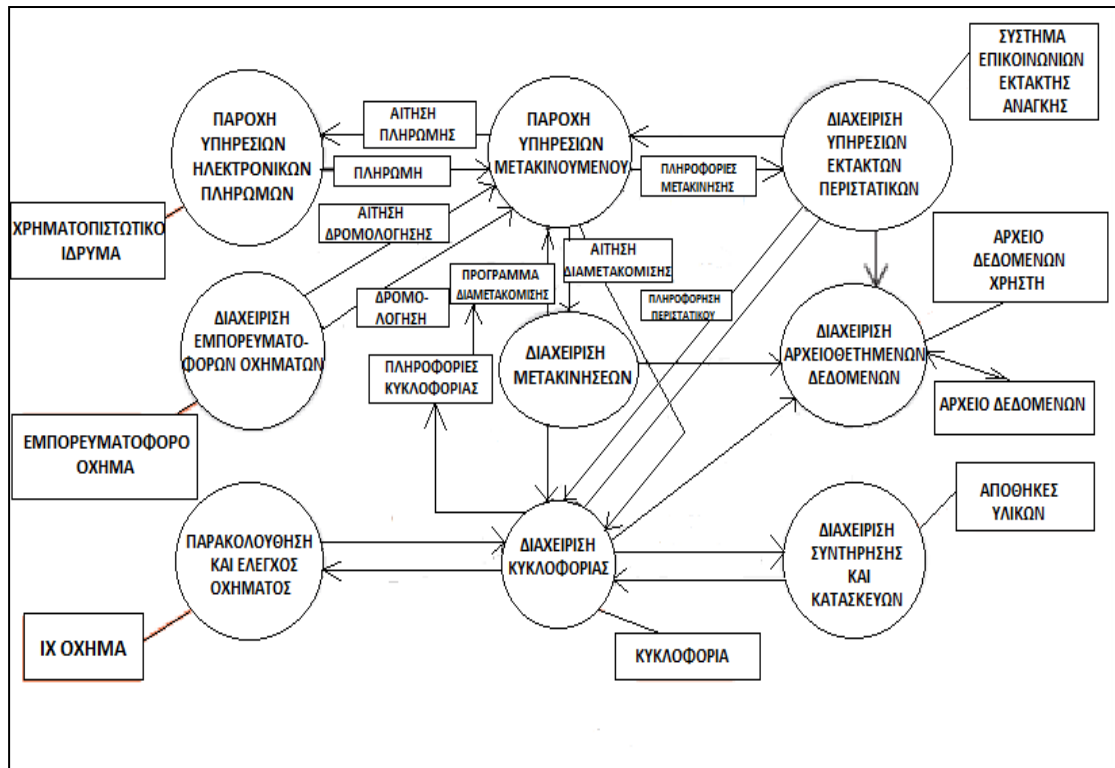
Η αμερικανική εθνική αρχιτεκτονική, διαχωρίζεται και μελετάται ως δύο αρχιτεκτονικές, τη λογική και τη φυσική αρχιτεκτονική του συστήματος, οι οποίες, θα μπορέσουν να καθοδηγήσουν το σχεδιασμό ενός συστήματος.

Η λογική αρχιτεκτονική, παρουσιάζει την αρχιτεκτονική του συστήματος σε πολλά επίπεδα λεπτομέρειας [5]. Έχει σαν στόχο τον ορισμό των διαδικασιών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση των υπηρεσιών που απαιτούν οι χρήστες. Η λογική αρχιτεκτονική έχει ως στόχο τη διαμόρφωση του τι θα γίνει και όχι του πως θα γίνει.

Έχει τη μορφή διαγραμμάτων με τις ροές δεδομένων, οι οποίες συνδέουν τα υποσυστήματα, τις διεργασίες και την αποθήκευση των δεδομένων. Κάθε εργασία, μπορεί να διαχωριστεί σε άλλες εργασίες για την επίτευξη των υπηρεσιών του χρήστη. Ο αριθμός των διαδικασιών αυτών και ο διαχωρισμός τους σε άλλες συνεχίζεται για ένα αριθμό επιπέδων ώστε να επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Ακολούθως, παρουσιάζεται η λογική αρχιτεκτονική της αμερικανικής εθνικής αρχιτεκτονικής, στην οποία, απεικονίζονται οι λογικές διεργασίες (κύκλοι), τα υποσυστήματα (ορθογώνια), οι ροές των δεδομένων (βέλη) και η αποθήκευση των δεδομένων. Οι λογικές εργασίες (κύκλοι) αποτελούν διαγράμματα ροής πληροφοριών, τα οποία έχουν πρόσθετες λειτουργίες αρχιτεκτονικής χαμηλού

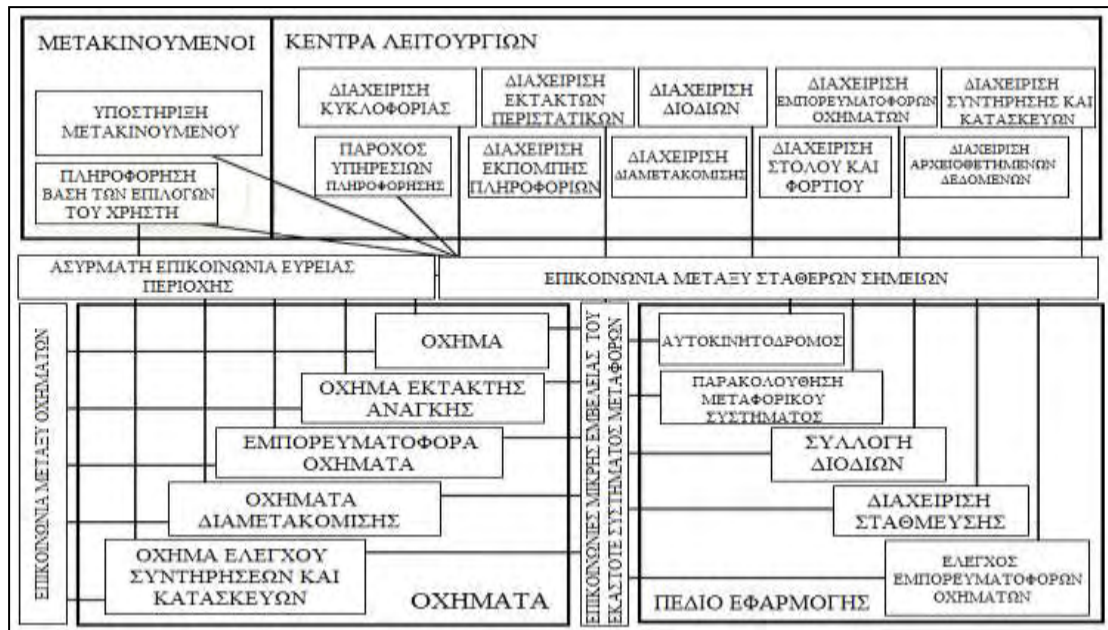


επιπέδου. Σε πολλές περιπτώσεις μελετών είναι αναγκαία η διαίρεση των λειτουργιών σε άλλες λειτουργίες.



ΣΧΗΜΑ 1: Η λογική αρχιτεκτονική αμερικάνικης αρχιτεκτονικής ευφών συστημάτων μεταφορών [5].

Η φυσική αρχιτεκτονική, παρουσιάζει τα κύρια τμήματα-στοιχεία του συστήματος και τις διεπαφές μεταξύ τους.



ΣΧΗΜΑ 2: Η φυσική αρχιτεκτονική αμερικάνικης αρχιτεκτονικής ευφών συστημάτων μεταφορών [7].

Η φυσική αρχιτεκτονική, λαμβάνει τις διαδικασίες από τη λογική αρχιτεκτονική και τις διαχωρίζει σε υποσυστήματα και τις ροές δεδομένων από τη λογική αρχιτεκτονική τις μετατρέπει σε ροές δεδομένων της κύριας αρχιτεκτονικής. Οι ροές μεταξύ των τμημάτων και των λειτουργιών αποτελούν τις διεπαφές του συστήματος.

Η αμερικάνικη αρχιτεκτονική ευφών συστημάτων μεταφορών, διαθέτει πακέτα υπηρεσιών με υπηρεσίες χρήστη του μεταφορικού συστήματος. Τα πακέτα υπηρεσιών, αναφέρονται στη διαχείριση της κυκλοφορίας, στη διαχείριση των μέσων μαζικής μεταφοράς και στη διαχείριση στόλου εμπορευματοφόρων οχημάτων, εστιάζοντας στην αλληλεπίδραση τους με τις δημόσιες αρχές και την οδική υποδομή, παρά στη διαχείριση και οργάνωση του στόλου. Ακολούθως, στον ΠΙΝΑΚΑ 1, παρουσιάζονται τα πακέτα υπηρεσιών χρήστη της αμερικάνικης αρχιτεκτονικής με τις υπηρεσίες που διαθέτουν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Οι υπηρεσίες χρήστη στην αμερικάνικη αρχιτεκτονική ευφυών συστημάτων μεταφορών [7].

<b>Πακέτα υπηρεσιών</b>	<b>Υπηρεσίες χρήστη</b>
Διαχείριση της κυκλοφορίας	Πληροφορίες πριν/κατά τη μετακίνηση
	Καθοδήγηση διαδρομής
	Υπηρεσίες πληροφόρησης του μετακινούμενου
	Έλεγχος των κυκλοφοριακών συνθηκών
	Διαχείριση περιστατικών
	Διαχείριση της ζήτησης για μετακίνηση
	Δοκιμές μείωσης εκπομπών ρύπων
	Ενημέρωση διασταυρώσεων οδού με σιδηροδρομικές γραμμές
Διαχείριση Δημόσιων Συγκοινωνιών	Οργάνωση των δημόσιων συγκοινωνιών
	Πληροφόρηση μετακινήσεων εντός των μέσων μεταφοράς
	Εξατομικευμένη πληροφόρηση
	Ασφάλεια δημόσιων μεταφορών
Διαχείριση επαγγελματιών οχημάτων	Ηλεκτρονικός εκτελωνισμός επαγγελματιών οχημάτων
	Αυτοματοποιημένη επιθεώρηση οδική ασφάλειας
	Παρακολούθηση ασφάλειας επί του οχήματος
	Διοικητικές διαδικασίες επαγγελματιών οχημάτων
	Ασφάλεια μεταφοράς επικίνδυνων υλικών και αντιμετώπιση περιστατικών
	Κινητικότητα εντός εμπορευματικών χώρων
Διαχείριση περιστατικών έκτακτης ανάγκης	Πληροφόρηση έκτακτης ανάγκης και προσωπική ασφάλεια
	Διαχείριση οχημάτων έκτακτης ανάγκης
	Αντιμετώπιση κινδύνων και εκκένωσης του οχήματος
Προηγμένα συστήματα ασφάλειας οχημάτων	Καθοδήγηση μετακίνησης προς αποφυγή σύγκρουσης
	Προειδοποίηση για ετοιμότητα κατά την οδήγηση
	Αυτοματοποιημένες λειτουργίες οχήματος προς αποφυγή σύγκρουσης
Διαχείριση πληροφοριών	Αρχείο δεδομένων και λειτουργιών
Διαχείριση συντήρησης και τεχνικών έργων	Οργάνωση των λειτουργιών συντήρησης και κατασκευών
Ηλεκτρονικές πληρωμές	Υπηρεσίες ηλεκτρονικών πληρωμών

Η αμερικάνικη αρχιτεκτονική ευφυών συστημάτων μεταφορών έχει σχεδιαστεί έτσι, ώστε, να χρησιμοποιηθεί από τις περιφερειακές αρχιτεκτονικές ως

βάση σχεδιασμού. Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να επιτευχθεί ο στόχος της εθνικής διαλειτουργικότητας των ευφών συστημάτων μεταφορών. Οι φορείς, οι οποίοι, είναι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη μιας περιφερειακής αρχιτεκτονικής, θα πρέπει να τη σχεδιάσουν με τέτοιο τρόπο ώστε να συμμορφώνεται με την εθνική αρχιτεκτονική, ακόμα και αν είναι περισσότερο δαπανηρή.

Το έτος 1997, οι αρχές στο υπουργείο των μεταφορών στις ΗΠΑ, εξέδωσαν τους κανόνες TEA-21 (Transportation Equity Act for the 21st Century) [5], σύμφωνα με τους οποίους, η ανάπτυξη περιφερειακής αρχιτεκτονικής πρέπει να συνάδει με την εθνική αμερικάνικη αρχιτεκτονική, προκειμένου οι υπεύθυνοι φορείς των μητροπολιτικών περιοχών να λάβουν κονδύλια χρηματοδότησης από το κράτος και το ταμείο της εθνικής οδού για το σχεδιασμό και την κατασκευή της περιφερειακής αρχιτεκτονικής. Καθώς η περιφερειακή αρχιτεκτονική εναρμονίζεται με την εθνική και παράλληλα είναι προσαρμοσμένη στις τοπικές συνθήκες κυκλοφορίας, πέρα από τη χρηματοδότηση, συνυπολογίζεται στις στρατηγικές ανάπτυξης των ευφών συστημάτων μεταφορών.

Η εθνική αμερικάνικη αρχιτεκτονική, υποστηρίζεται από την κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής και το υπουργείο μεταφορών. Σύμφωνα με τη νομοθεσία των κρατών, δεν απαιτείται η χρήση της. Για την ενθάρρυνση όμως της επιλογής χρήσης της εθνικής αρχιτεκτονικής υπάρχει ένας οργανισμός (America ITS), ο οποίος:

1. διατηρεί το πλαίσιο της εθνικής αρχιτεκτονικής,
2. παρουσιάζει εργαστήρια και σεμινάρια ευφών συστημάτων μεταφορών,
3. ελέγχει τη συμμόρφωση των τοπικών αρχιτεκτονικών με την εθνική αρχιτεκτονική,

4. ανέπτυξε και παρέχει λογισμικό για την υποστήριξη των τοπικών αρχιτεκτονικών, οι οποίες συνάδουν με την εθνική.

Το λογισμικό που έχει αναπτυχθεί, μπορεί να βοηθήσει τις περιφέρειες να δημιουργήσουν τη δική τους αρχιτεκτονική, διατηρώντας παράλληλα τα οφέλη της εθνικής αρχιτεκτονικής. Ονομάζεται TurboArchitecture και η τρέχουσα έκδοση είναι η 7.1. Το λογισμικό TurboArchitecture, αποτελεί μία διαδραστική εφαρμογή, η οποία βοηθάει τους ιθύνοντες σχεδιαστές και κατασκευαστές ευφών συστημάτων μεταφορών, τόσο σε δημόσιο όσο και σε ιδιωτικό επίπεδο, να αναπτύξουν περιφερειακές αρχιτεκτονικές χρησιμοποιώντας ως βάση την εθνική αμερικάνικη αρχιτεκτονική.

### **2.3 Ευρωπαϊκή αρχιτεκτονική ευφών συστημάτων μεταφορών**

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η προτεινόμενη αρχιτεκτονική προς ανάπτυξη είναι το ευρωπαϊκό πλαίσιο αρχιτεκτονικής, γνωστό ανεπίσημα με την ονομασία FRAME (the FRamework Architecture Made for Europe). Έπειτα από τις εργασίες που εκπονήθηκαν στα ευρωπαϊκά προγράμματα/πλαίσια Framework 2, Framework 3 και τη σύσταση της υψηλού επιπέδου ομάδας σε ζητήματα τηλεματικής (High Level Group on Telematics), στα πλαίσια του προγράμματος Framework 4 ξεκίνησε η ανάπτυξη της αρχιτεκτονικής FRAME. Η αρχιτεκτονική FRAME βασίζεται στο πρότυπο της ευρωπαϊκής αρχιτεκτονικής ευφών συστημάτων μεταφορών KAREN (Keystone Architecture Required for European Networks), το οποίο, σχεδιάστηκε ως έργο στο τέταρτο πρόγραμμα στον τομέα της τηλεματικής των μεταφορών. Αναπτύχθηκε σημαντικά και αποτέλεσε μία από τις βασικές προσπάθειες του πέμπτου ερευνητικού προγράμματος Framework 5. Έχει διατηρηθεί και ενισχύθηκε

από συνεργαζόμενα συστήματα που προστέθηκαν από το πρόγραμμα E-FRAME (2008-2011) [4].

Η FRAME, η οποία δεν είναι κατά κυριολεξία η αρχιτεκτονική, αποτελεί ένα πλαίσιο το οποίο σχεδιάστηκε λόγω της ανάγκης για μία ενιαία πλατφόρμα αναφοράς στην Ευρώπη. Λόγω των διαφορετικών συνθηκών μεταξύ των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα ζητήματα των ευφών συστημάτων στις μεταφορές δε θα μπορούσαν να καλυφθούν από μία μόνο αρχιτεκτονική, συνεπώς ήταν αναγκαία η δημιουργία ενός κοινού πλαισίου το οποίο είναι προσαρμοσμένο στις ιδιαίτερες ανάγκες των χωρών. Το πλαίσιο αρχιτεκτονικής FRAME δημιουργήθηκε, ώστε, να παρέχει μια κοινή προσέγγιση για το σχεδιασμό και τη χρήση των ευφών συστημάτων μεταφορών σε όλη την ευρωπαϊκή ένωση έτσι, ώστε, η υλοποίηση και η διαλειτουργικότητα των συστημάτων να προγραμματιστεί εύκολα τόσο σε επίπεδο εθνικών όσο και σε επίπεδο περιφερειακών σχεδιασμών. Η ανάπτυξη του πλαισίου ευρωπαϊκής αρχιτεκτονικής ήταν αναμενόμενη λόγω χρήσης του από πολλά κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το πλαίσιο FRAME, διοικείται και οργανώνεται από εκπροσώπους υπουργείων μεταφορών μερικών κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης [4].

Όπως η αμερικάνικη αρχιτεκτονική, έτσι και το ευρωπαϊκό πλαίσιο αρχιτεκτονικής διαχωρίζεται και μελετάται ως επιμέρους αρχιτεκτονικές, στις οποίες, μελετώνται διαφορετικά ζητήματα.

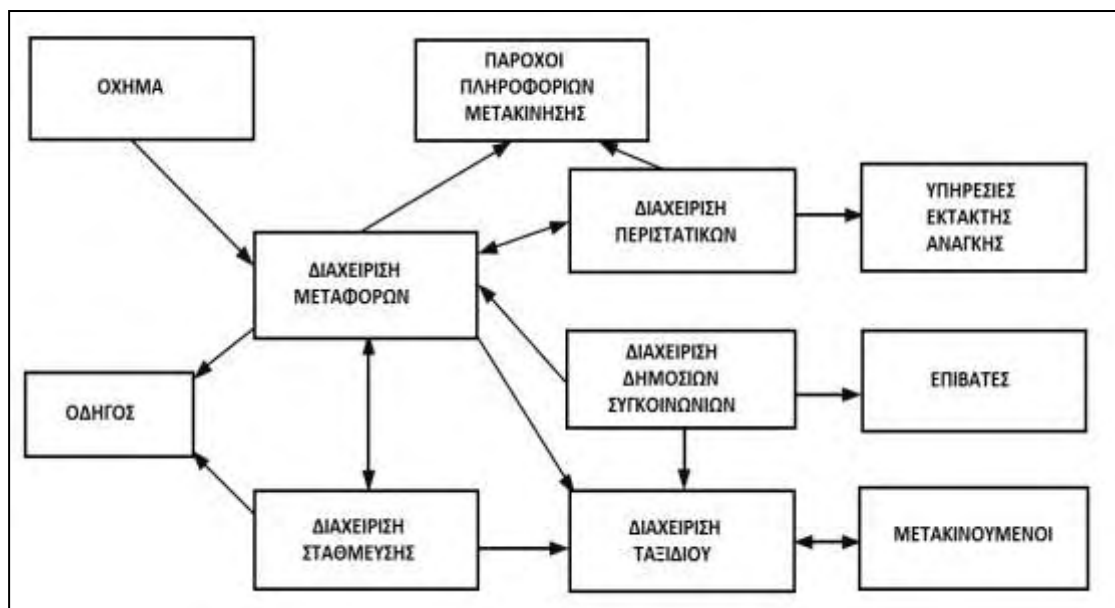
Στο ευρωπαϊκό πλαίσιο FRAME, η λογική αρχιτεκτονική παρουσιάζει τις λειτουργίες που απαιτούνται ώστε να ολοκληρωθούν οι υπηρεσίες, οι οποίες, προσφέρονται από τα ευφυή συστήματα μεταφορών. Είναι ένας διαγραμματικός τρόπος περιγραφής των λειτουργιών που ενώνονται με βέλη, τα οποία αναπαριστούν

τις ροές των δεδομένων μεταξύ τους. Είναι παρόμοια με την αμερικάνικη λογική αρχιτεκτονική.

Η φυσική αρχιτεκτονική παρουσιάζει τα τμήματα της αρχιτεκτονικής και που αποθηκεύονται τα δεδομένα των λειτουργιών τους. Ακολούθως, γίνεται αναφορά στα τμήματα της φυσικής αρχιτεκτονικής στα οποία εκτελούνται οι λειτουργίες και αποθηκεύονται τα δεδομένα [9]:

1. Το κέντρο ελέγχου της κυκλοφορίας, των πληροφοριών ή των επιχειρήσεων ενός ευφυούς συστήματος μεταφορών αποτελεί το κεντρικό τμήμα στο οποίο τα δεδομένα συλλέγονται, υποβάλλονται σε επεξεργασία, αναλύονται, αποθηκεύονται και διανέμονται. Τα δεδομένα μπορεί να είναι διαφορετικής μορφής και περιεχομένου (κυκλοφορία, τιμολόγηση κ.α.), τα οποία, μετά από επεξεργασία είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν από τους διάφορους φορείς για την παροχή υπηρεσιών.
2. Οι μετρητές δεδομένων, αποτελούν τον εξοπλισμό καταγραφής και βρίσκονται επί ή παρά της οδού. Αποτελούνται από αισθητήρες, κάμερες και άλλες συσκευές που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση οχημάτων και μετακινούμενων, για τη μέτρηση της ταχύτητας των οχημάτων και για την πληρωμή διοδίων κυκλοφορίας. Είναι αναγκαία η χρήση τους για την παρακολούθηση του μεταφορικού δικτύου.
3. Σε ένα όχημα, το οποίο, κινείται και μεταφέρει άτομα και αγαθά στο μεταφορικό δίκτυο, μπορεί να εγκατασταθεί τμήμα ή εφαρμογή του ευφυούς συστήματος μεταφορών κατά τη διαδικασία παραγωγής του οχήματος ή αργότερα.

4. Οι προσωπικές συσκευές αποτελούν τμήμα του ευφυούς συστήματος μεταφορών στις οποίες μπορεί να εγκατασταθεί εφαρμογή του συστήματος που παρέχει πληροφορίες και οι οποίες είναι εύκολα προσβάσιμες από τους μετακινούμενους.
5. Το περίπτερο πληροφόρησης, το οποίο βρίσκεται σε δημόσιο χώρο, ενημερώνει τους μετακινούμενους, στους οποίους μέσα από τις εφαρμογές που είναι εγκατεστημένες στο περίπτερο, παρέχεται περιορισμένη και ελεγχόμενη πληροφόρηση για τις συνθήκες κυκλοφορίας και το πρόγραμμα των δημόσιων μέσων μαζικής μεταφοράς.



ΣΧΗΜΑ 3: Η φυσική αρχιτεκτονική του πλαισίου αρχιτεκτονικής FRAME [10].

Η αρχιτεκτονική επικοινωνιών, περιγράφει τις επικοινωνιακές συνδέσεις που απαιτούνται για να υποστηρίξουν τη ροή των δεδομένων. Παρέχει μια ανάλυση των επικοινωνιακών απαιτήσεων στη φυσική αρχιτεκτονική και περιγράφει τις τεχνολογίες καθώς και τα πρότυπα επικοινωνίας. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να καθοριστούν [9]:

1. το μέγεθος των δεδομένων,



2. ο χρόνος μεταξύ της δημιουργίας, λήψης, επεξεργασίας και χρήσης των δεδομένων,
3. η συχνότητα επικαιροποίησης των δεδομένων και
4. αν κάποιο από τα υποσυστήματα που λειτουργούνται είναι ασύρματης σύνδεσης.

Τα χαρακτηριστικά (1) και (2) παρέχουν το ελάχιστο ποσοστό μεταφοράς, το χαρακτηριστικό (3) φανερώνει αν είναι δυνατή ή όχι η μεταφορά και η προβολή κάποιων δεδομένων και το χαρακτηριστικό (4) δείχνει κατά πόσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια ασύρματη σύνδεση.

Η οργανωτική αρχιτεκτονική, προβάλλει τις επιχειρησιακές σχέσεις μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων. Παρουσιάζει ποιος διαχειρίζεται τι, που υπάγεται κάποιος και τα επιχειρηματικά θέματα. Η οργανωτική αρχιτεκτονική, συνήθως, είναι αποτέλεσμα της φυσικής αρχιτεκτονικής [9]. Πολλές φορές λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς της φυσικής αρχιτεκτονικής, είναι απαραίτητο, ο σχεδιασμός μιας αρχιτεκτονικής ευφών συστημάτων μεταφορών, να εξεταστεί σύμφωνα με την οργανωτική αρχιτεκτονική, δηλαδή, σύμφωνα με μία δεδομένη οργανωτικά, νομικά ή συνταγματικά δομή.

Είναι σημαντικό να γίνει χρήση αρχιτεκτονικής υψηλού επιπέδου. Ακόμα πιο σημαντικό αν [4]:

1. προγραμματίζεται η εφαρμογή διαφορετικών αρχιτεκτονικών ευφών συστημάτων μεταφορών για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της διαχείρισης των μεταφορών,
2. πρόκειται να ενσωματωθούν νέες εφαρμογές σε ένα υφιστάμενο ευφές σύστημα,

3. είναι απαραίτητο να ανταλλάσσονται δεδομένα μεταξύ των εφαρμογών και των υπηρεσιών του συστήματος.

Το πλαίσιο ευρωπαϊκής αρχιτεκτονικής FRAME είναι τεχνολογικά ανεξάρτητο, έχοντας σαν βάση, τη λειτουργική ανάλυση των ευφών συστημάτων μεταφορών προς εφαρμογή. Δεν περιορίζεται στη χρήση υπαρχόντων τεχνολογικών λύσεων, διότι, καθορίζει το τι πρέπει να κάνει το σύστημα και όχι το πώς θα το κάνει. Ο σκοπός του πλαισίου αρχιτεκτονικής FRAME είναι, να επιτευχθεί η ενσωμάτωση διαφόρων τεχνολογιών στα συστήματα μεταφορών. Η σχεδίαση μιας αρχιτεκτονικής η οποία θα βασίζεται στο πλαίσιο αρχιτεκτονικής FRAME, πραγματοποιείται με χρήση κάποιων βασικών εργαλείων (Special Browsing Tool και Selection Tool), τα οποία, είναι διαθέσιμα προς χρήση μέσω του ιστοχώρου του πλαισίου αρχιτεκτονικής FRAME. Με το εργαλείο Special Browsing Tool προβάλλονται όλα τα στοιχεία-τιμήματα του πλαισίου αρχιτεκτονικής FRAME, οι συνδέσεις και οι αλληλεξαρτίσεις τους [11], ενώ με το Selection Tool βοηθάται ο χρήστης του πλαισίου FRAME, ώστε, να επιλέξει τμήματα της αρχιτεκτονικής και να σχεδιάσει μία νέα φυσική αρχιτεκτονική του συστήματος [12].

Τα πακέτα υπηρεσιών του πλαισίου ευρωπαϊκής αρχιτεκτονικής FRAME στο καθένα από τα οποία εκτελείται ένας αριθμός λειτουργιών, παρουσιάζονται στον ΠΙΝΑΚΑ 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2:Τα πακέτα υπηρεσιών του ευρωπαϊκού πλαισίου αρχιτεκτονικής FRAME [5].

<b>Πακέτα υπηρεσιών χρήστη</b>	<b>Λειτουργίες</b>
σχεδιασμός/συντήρηση υποδομών	υποστήριξη σχεδιασμού μεταφορών
εμπορευματικές μεταφορές	διοικητικές διαδικασίες αυτοματοποιημένη επιθεώρηση οδικής ασφάλειας, παρακολούθηση επαγγελματικών οχημάτων κατά τη μετακίνηση, διαχείριση εμπορικού στόλου
διαχείριση δημόσιων συγκοινωνιών	ικανοποίηση απαιτήσεων για τις δημόσιες συγκοινωνίες, ασφάλεια δημόσιων μεταφορών, πληροφόρηση πριν και κατά τη μετακίνηση,
γενικά	περιορισμοί,ανταλλαγή δεδομένων διαχείριση κόστους/οφέλους ανθεκτικότητα,ασφάλεια/προστασία δεδομένων, φιλικότητα ως προς το χρήστη διαχείριση συντήρησης της υποδομής
επιβολή του νόμου	προάσπιση των κανόνων κυκλοφορίας
οικονομικές συναλλαγές	ηλεκτρονικές οικονομικές συναλλαγές
υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης	ενημέρωση επικίνδυνων υλικών και συμβάντων, ειδοποίηση έκτακτης ανάγκης και προσωπική ασφάλεια, διαχείριση οχημάτων έκτακτης ανάγκης
ενημέρωση μετακινούμενου	πληροφόρηση πριν/κατά τη μετακίνηση, υπηρεσίες προσωπικών πληροφοριών,
κυκλοφορία,συμβάντα και διαχείριση της ζήτησης	έλεγχος κυκλοφορίας,διαχείριση περιστατικών, διαχείριση ζήτησης, ασφάλεια-βελτιώσεις για ευπαθείς ομάδες χρηστών, ευφυείς διασταυρώσεις και σύνδεσμοι
ευφυή συστήματα οχημάτων	ενίσχυση αυτοματοποιημένων λειτουργιών οχήματος, αποφυγή σύγκρουσης,ετοιμότητα ασφάλειας, συγκράτηση πριν από πιθανή σύγκρουση

Οι εφαρμογές ευφυών συστημάτων μεταφορών, στο ευρωπαϊκό πλαίσιο FRAME, καλύπτουν περισσότερες από επτακόσιες ανάγκες χρήστη.

Οι ευρωπαϊκές εθνικές και περιφερειακές αρχές έχουν την ευθύνη για την αρχιτεκτονική που χρησιμοποιούν, η οποία αποτελεί τροποποιημένη μορφή του πλαισίου αρχιτεκτονικής FRAME.

Η χρήση του πλαισίου FRAME έχει πλεονεκτήματα, όπως για παράδειγμα, τη μείωση του χρόνου σχεδιασμού, ανάπτυξης και εγκατάστασης των ευφυών συστημάτων μεταφορών. Στην Ελλάδα, δεν έχει σημειωθεί η επιθυμία σχεδιασμού και χρησιμοποίησης μιας εθνικής υψηλού επιπέδου αρχιτεκτονικής. Το ευρωπαϊκό σχέδιο δράσης και η οδηγία για τα ευφυή συστήματα μεταφορών αναφέρουν την ανάγκη της αρχιτεκτονικής χωρίς να μπαίνουν σε λεπτομέρειες.

Από την ευρωπαϊκή ένωση μέχρι στιγμής χρηματοδοτήθηκαν τέσσερα προγράμματα (KAREN, FRAME-S, FRAME-NET, E-FRAME), αλλά παρόλα αυτά, δεν έχει συσταθεί μηχανισμός υποστήριξης για το μέλλον. Τώρα πλέον η λειτουργία του πλαισίου FRAME, χρηματοδοτείται από μερικά κράτη-μέλη και έχει προγραμματιστεί να υιοθετήσει ένα αναθεωρημένο τρόπο λειτουργίας κατά το τέλος του προγράμματος E-FRAME [4].

Η αρχιτεκτονική ευφυών συστημάτων μεταφορών, αποτελεί χρήσιμο εργαλείο, το οποίο, βοηθάει στην περιγραφή του τρόπου λειτουργίας ενός ευφυούς συστήματος μεταφορών και της βασικής δομής του συστήματος. Είναι δύσκολο να αναπτυχθεί μια αρχιτεκτονική από το μηδέν. Γνωρίζοντας την ύπαρξη αρχιτεκτονικών υψηλού επιπέδου και ποιοι είναι οι στόχοι προς επίτευξη, ένα έθνος, μια περιφέρεια ή ένας οργανισμός, μπορεί να σχεδιάσει και να υλοποιήσει την

αρχιτεκτονική ευφών μεταφορών που θα υιοθετήσει, η οποία είναι προσανατολισμένη σε μια υπάρχουσα αρχιτεκτονική υψηλού επιπέδου.

Όταν οι υπεύθυνοι φορείς υλοποίησης μιας αρχιτεκτονικής, αποφασίσουν για το ποια από τις ήδη υπάρχουσες αρχιτεκτονικές υψηλού επιπέδου θα χρησιμοποιήσουν, είναι απαραίτητη η εξέταση των αναγκών και των προτιμήσεων ώστε να επιτευχθεί η προσαρμογή της υψηλού επιπέδου αρχιτεκτονικής στο επίπεδο που θα χρησιμοποιηθεί (έθνος, περιφέρεια, οργανισμός). Πρέπει να εξεταστούν τα κριτήρια σχεδιασμού μίας νέας αρχιτεκτονικής βασισμένης σε υπάρχουσα αρχιτεκτονική υψηλού επιπέδου. Τα κριτήρια αυτά είναι [5]:

1. Οικονομική προσιτότητα, δηλαδή, η επιλεγθείσα αρχιτεκτονική μπορεί να εφαρμοστεί και να συντηρηθεί;
2. Συμβατότητα και ενσωμάτωση, δηλαδή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί τεχνολογία (παλαιά, υφιστάμενη, μελλοντική) η οποία θα προωθήσει τη διαλειτουργικότητα;
3. Γεωπολιτική, δηλαδή, η χρήση της αρχιτεκτονικής θα έχει σημαντικά οφέλη (εθνικά/περιφερειακά);
4. Τεχνικά χαρακτηριστικά, δηλαδή, η επιλογή αρχιτεκτονικής συνάδει με τις οικονομικές και τεχνικές δυνατότητες της περιοχής στην οποία θα εφαρμοστεί (έθνος/περιφέρεια);

Όπως αναφέρθηκε, η αρχιτεκτονική ευφών συστημάτων μεταφορών, αποτελεί μια συνολική δομή των υπηρεσιών που θα εφαρμοστούν ώστε να βοηθήσουν το χρήστη να πραγματοποιήσει ασφαλή, άνετη και αδιάλειπτη μετακίνηση χρησιμοποιώντας, σε ορισμένες περιπτώσεις, περισσότερους από ένα τρόπους μεταφοράς. Μια αρχιτεκτονική συστήματος θα βοηθήσει να καταστούν αποτελεσματικές οι υπηρεσίες που θα παρέχονται. Ο τομέας των ευφών

συστημάτων μεταφορών, αποτελεί ένα τεράστιο θέμα εξέτασης, διότι, περιλαμβάνει πολλά συστήματα, πολλούς ενδιαφερόμενους για την κατασκευή, τη λειτουργία και τη συντήρησή τους και πολλές διαδικασίες για την επιτυχή εφαρμογή τους με ένα μεγάλο εύρος περιπτώσεων. Ακολούθως, γίνεται περιγραφή των βημάτων δημιουργίας αρχιτεκτονικής από το μηδέν και σχεδιασμού νέας αρχιτεκτονικής βασισμένης σε υπάρχουσα αρχιτεκτονική.

## **2.4 Σχεδιασμός νέας αρχιτεκτονικής υψηλού επιπέδου**

Στη διαδικασία δημιουργίας αρχιτεκτονικής υψηλού επιπέδου, το πρώτο στάδιο αποτελεί ο καθορισμός των υπηρεσιών όπου πραγματοποιείται η επιλογή και η καταγραφή των υπηρεσιών χρήστη μέσα από ένα σύνολο υπηρεσιών που είναι ευρέως αποδεκτό. Από τη σκοπιά της λογικής/λειτουργικής αρχιτεκτονικής για την επιλογή αυτή, μελετώνται οι ανάγκες και η σειρά προτεραιότητας τους για την κατασκευή και λειτουργία σε εθνικό ή περιφερειακό επίπεδο. Κατά τη διαδικασία αυτή διερευνάται [5]:

1. ποια συστήματα πρέπει να εισαχθούν ώστε να βελτιωθούν οι μετακινήσεις,
2. ποιες πρέπει είναι οι ροές δεδομένων ανάμεσα στα τμήματα του συστήματος,
3. ποια κοινά στοιχεία θα χρησιμοποιούνται,
4. που και πότε απαιτείται χρήση προτύπων και ποια είναι διαθέσιμα,
5. ποια πρότυπα επικοινωνιών θα χρησιμοποιηθούν,
6. ποια τεχνολογία είναι καταλληλότερη, οικονομικά αποδεκτή και διαχειρίσιμη.

Οι δραστηριότητες, οι οποίες, υποστηρίζουν τη διαδικασία σχεδιασμού μίας αρχιτεκτονικής από την αρχή έως την υλοποίηση της είναι:

1. η προώθηση προτύπων στο σχεδιασμό,

2. η καθιέρωση πρότυπου μοντέλου δεδομένων και πληροφοριών,
3. η καθιέρωση προτύπων επικοινωνίας και διεπαφών μεταξύ των τμημάτων του συστήματος,
4. η χρήση της τεχνολογίας επιπέδου, το οποίο, απαιτείται.

Τα δεδομένα, τα οποία συνήθως έχουν διαφορετική μορφή, διάταξη και γενική δομή, είναι δύσκολο να κατανοηθούν πλήρως από τα υποσυστήματα των ευφυών συστημάτων μεταφορών, χωρίς την ανάλογη επεξεργασία. Η λύση του προβλήματος αυτού είναι η σχεδίαση και η υλοποίηση ή χρήση διαθέσιμων προτύπων, αμοιβαία κατανοητής μορφής. Έτσι, οι διαδικασίες που αφορούν περισσότερα από ένα τμήματα/υποσυστήματα της αρχιτεκτονικής γίνονται ευκολότερα και ταχύτερα.

Για το σκοπό αυτό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το μητρώο-βάση που αναπτύχθηκε από το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης ISO (TC204) ή να καθοριστεί νέο πρότυπο από τους υπεύθυνους φορείς του έργου με χρήση της εφαρμογής XML (eXtensibleMarkupLanguage). Τα προαναφερθέντα μητρώα, περιγράφονται από πρότυπα επικοινωνίας, όπως, λεξικά δεδομένων, πακέτα κατηγοριοποίησης των μηνυμάτων και των προδιαγραφών τους και πρωτόκολλα των διαδικασιών μετάδοσης και λήψης των δεδομένων, τα οποία συνήθως ορίζονται από τη βιομηχανία επικοινωνιών. Τα λεξικά δεδομένων βοηθούν στην επιτυχή κατανόηση των πληροφοριών από τους χρήστες και στην αποφυγή παραγωγής πανομοιότυπων πληροφοριών. Αποτελούν μια οργανωμένη συλλογή δεδομένων με περιγραφή της έννοιας, της μορφής και της χρήσης τους.

Άρα, για την επίτευξη της διαλειτουργικότητας, της συνοχής και της ανταγωνιστικότητας του συστήματος, είναι αναγκαία η χρήση (υφιστάμενων και

νέων) προτύπων. Είναι φανερό ότι η χρήση τους θα βελτιώσει τις συνθήκες σχεδιασμού, κατασκευής και λειτουργίας των ευφών συστημάτων μεταφορών.

Μία αρχιτεκτονική αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία των ευφών συστημάτων μεταφορών εντός της περιοχής που υιοθετείται. Στα έθνη, τις περιφέρειες και τους οργανισμούς με αρχιτεκτονική ευφών συστημάτων μεταφορών, καθορίζονται τα έργα, η σειρά κατασκευής τους και εντοπίζονται ευκαιρίες για την πραγματοποίηση επενδύσεων με πιο αποδοτικό τρόπο, για την επιτυχή συνεργασία κατά την ανάπτυξη και λειτουργία των έργων των ευφών συστημάτων μεταφορών [13].

1. Πριν την έναρξη των διαδικασιών ανάπτυξης της αρχιτεκτονικής, προσδιορίζονται οι φορείς που θα συμμετάσχουν στην υλοποίηση των συστημάτων. Σύμφωνα με την έκταση της περιοχής, για την οποία θα σχεδιαστεί η αρχιτεκτονική, ορίζονται οι κύριοι φορείς, τα ενδιαφερόμενα μέλη και η ομάδα που θα συμμετάσχει στην ανάπτυξη του έργου. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζεται το ποιος θα ασχολείται και θα εξυπηρετείται από την αρχιτεκτονική. Έτσι, περιγράφεται η δομή της αρχιτεκτονικής.
2. Αφού προσδιοριστούν οι φορείς σχεδιασμού, κατασκευής και λειτουργίας του έργου, μελετώνται τα πιθανά υπάρχοντα ευφή συστήματα μεταφορών στην περιοχή. Συντάσσεται μια λίστα των υφιστάμενων και μελλοντικά υλοποιήσιμων συστημάτων, των ρόλων και των αρμοδιοτήτων των συμμετεχόντων φορέων για την κατασκευή, την ανάπτυξη, τη λειτουργία και τη συντήρησή τους. Με τον τρόπο αυτό, ορίζονται οι υπηρεσίες που θα παρέχει το σύστημα και το τι πρέπει να κάνουν τα τμήματα (υποσυστήματα) της αρχιτεκτονικής για την επίτευξη των υπηρεσιών. Στο βήμα αυτό, συντάσσεται μία λίστα στην οποία γίνεται αναφορά των ενδιαφερομένων, της



θέσης τους (περιοχή) και του ρόλου τους στην αρχιτεκτονική του ευφυούς συστήματος μεταφορών, χωρίς να προσδιορίζεται το επίπεδο τεχνογνωσίας τους, αλλά μόνο το επίπεδο των γνώσεων τους στα θέματα των ευφυών συστημάτων μεταφορών.

3. Στο επόμενο βήμα, προσδιορίζονται οι υπηρεσίες οι οποίες πρέπει να επιτευχθούν ώστε να αντιμετωπιστούν οι ανάγκες των χρηστών στην περιοχή δράσης της αρχιτεκτονικής. Με τον τρόπο αυτό, ορίζεται το τι πρέπει να κάνουν τα υποσυστήματα το οποίο δεν έχουν κάνει μέχρι στιγμής και να εξετάσουν το σύστημα μεταφορών από την οπτική γωνία μίας αρχιτεκτονικής υψηλού επιπέδου. Αυτό, βοηθά τους υπεύθυνους φορείς να μελετήσουν και να επιλύσουν τα προβλήματα μακροσκοπικά και όχι με συγκεκριμένες λύσεις για μια μόνο περιοχή. Για κάποιες υπηρεσίες είναι απαραίτητος ο συντονισμός και άλλων λειτουργιών, οι οποίες, βοηθούν την επιτυχή ολοκλήρωση της υπηρεσίας.
4. Επόμενο στάδιο αποτελεί η ανάπτυξη επιχειρησιακής αντίληψης για τα ευφυή συστήματα μεταφορών, επισημαίνονται ο τρόπος με τον οποίο θα συνεργαστούν τα υποσυστήματα και παρουσιάζεται μια λειτουργική και εκτελεστική περιγραφή των διαδικασιών, οι οποίες, είναι αναγκαίες στην περιοχή δράσης. Στις περιπτώσεις που υπάρχουν πολλές διασυνδέσεις μεταξύ των διάφορων φορέων, είναι απαραίτητη η ανάπτυξη επιχειρησιακής αντίληψης ώστε να ολοκληρωθούν οι διαδικασίες επιτυχώς.
5. Ο ορισμός των λειτουργικών απαιτήσεων αποτελεί το στάδιο κατά το οποίο, ορίζονται οι δραστηριότητες των τμημάτων καθώς και το μερίδιο εργασίας που έχει το κάθε τμήμα για την ολοκλήρωση των υπηρεσιών που προσφέρονται. Οι λειτουργικές απαιτήσεις είναι, η περιγραφή του τι πρέπει να

κάνουν τα τμήματα του συστήματος, χωρίς το λεπτομερή σχεδιασμό των απαιτήσεων. Σε μία περιοχή μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντικειμενοροθετική λειτουργική ανάλυση, στην οποία, χρησιμοποιείται ένα σύνολο μοντέλων για τον προσδιορισμό των εννοιολογικών οντοτήτων (αντικειμένων) στο εξεταζόμενο σύστημα, της δυναμικής τους συμπεριφοράς και της απαιτούμενης επεξεργασίας τους ή άλλη μεθοδολογία για τον ορισμό των λειτουργικών απαιτήσεων.

6. Ένα σημαντικό ζήτημα είναι η έκταση ή η ορατότητα των απαιτήσεων. Ο περιορισμός των απαιτήσεων στις λειτουργίες, έχει επιπτώσεις στη διαδικασία ανάπτυξης. Το μεγαλύτερο ποσοστό των λειτουργικών απαιτήσεων θα βοηθήσει στον καθορισμό των διεπαφών μεταξύ των τμημάτων.
7. Από τη στιγμή που τα υποσυστήματα καθορίζονται, οι ανάγκες γίνονται αντιληπτές, οι υπηρεσίες, οι οποίες, πρέπει να εκτελεστούν, γίνονται κατανοητές και οι ευκαρίες ενσωμάτωσης τεχνολογιών στην αρχιτεκτονική έχουν εντοπιστεί, δημιουργείται ένα πλαίσιο σύνδεσης των τμημάτων για την επιτυχή ολοκλήρωση και λειτουργία της αρχιτεκτονικής. Μπορεί η σύνδεση μεταξύ δύο τμημάτων να είναι μία, αλλά οι ροές των δεδομένων να είναι πολλές. Με επαναληπτική διαδικασία εξέτασης, μπορούμε να φιλτράρουμε τις ροές δεδομένων και να αφαιρέσουμε εκείνες, τις οποίες, δε χρειαζόμαστε για την ολοκλήρωση της υπηρεσίας.

Στο βήμα αυτό, επικεντρωνόμαστε στην αξιολόγηση των πιθανών συνδέσεων μεταξύ των υποσυστημάτων και των εφαρμογών τους. Είναι μεγάλης σημασίας ο σχεδιασμός διαγράμματος, το οποίο, παρουσιάζει τις συνδέσεις μεταξύ των τμημάτων της αρχιτεκτονικής του συστήματος.

8. Από τη στιγμή που οριστούν οι διεπαφές των τμημάτων, πρέπει να εξεταστούν οι ροές δεδομένων μεταξύ τους ως προς το περιεχόμενο και να επιλεγθούν συγκεκριμένες ροές δεδομένων, των οποίων οι πληροφορίες, να στηρίζουν το επιθυμητό επίπεδο υπηρεσιών που θα παρέχονται στην περιοχή δράσης του συστήματος.

Στο συγκεκριμένο βήμα, μπορεί να εξεταστεί κατά πόσο η αρχιτεκτονική που θα χρησιμοποιηθεί, θα έχει επιρροή στις ροές δεδομένων μεταξύ των εφαρμογών, τόσο των υφιστάμενων, όσο και των μελλοντικά εφαρμόσιμων. Χρησιμοποιώντας μια αρχιτεκτονική συστήματος, κάποιες διεπαφές και ροές πληροφοριών που υπάρχουν ή θα υπάρξουν είναι καθορισμένες. Άρα, πρέπει να ελεγχθεί η λειτουργικότητά τους στην ολοκλήρωση των υπηρεσιών. Κατά το σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής πρέπει να ορίζονται τα τμήματα, οι λειτουργίες που εκτελούν και οι πιθανοί περιορισμοί συνδεσιμότητας με άλλα τμήματα, ώστε να αποφευχθούν οι περιττές συνδέσεις, οι οποίες, μπορεί να προταθούν προς εφαρμογή και οι ροές δεδομένων που θα χαρακτηρίζουν αυτή τη σύνδεση.

## **2.5 Σχεδιασμός αρχιτεκτονικής υψηλού επιπέδου βασισμένης σε άλλη**

Η υλοποίηση και η εφαρμογή μιας αρχιτεκτονικής, η οποία, σχεδιάζεται σύμφωνα με υπάρχουσα αρχιτεκτονική, πραγματοποιείται τμηματικά. Αρχικά, ορίζεται μια ακολουθία σύμφωνα με την οποία θα κατασκευαστούν τα έργα τα οποία ανήκουν στην αρχιτεκτονική ευφών συστημάτων μεταφορών. Η σειρά αυτή έχει ήδη εφαρμοστεί στην κανονική αρχιτεκτονική. Αν ακολουθηθεί αυτή η σειρά υλοποίησης, μπορούμε να είμαστε σίγουροι για την επιτυχή ολοκλήρωση τους και εναρμόνισή τους με την υφιστάμενη οδική υποδομή.

Με τον τρόπο αυτό, μπορούν να εξεταστούν ευκαιρίες ενσωμάτωσης των ευφυών συστημάτων μεταφορών στις παροδοσιακές κατασκευές. Επιπλέον, η κατασκευή των παραδοσιακών κατασκευών, μπορεί να συγχρονιστεί με την κατασκευή των ευφυών συστημάτων μεταφορών στην περίπτωση νέου έργου. Οι τροποποιήσεις και οι βελτιώσεις πρέπει να είναι διακριτές, ανάμεσα στα παραδοσιακά και τα εξελιγμένα συστήματα μεταφορών, για να υπάρχει ξεχωριστή χρηματοδότηση. Με τον τρόπο αυτό, θα βελτιωθεί και θα τροποποιηθεί μόνο το σύστημα που έχει ανάγκη και έτσι το κόστος θα είναι χαμηλότερο.

Επιπλέον, συμπληρώνεται μια λίστα στην οποία καταγράφονται οι συμφωνίες που έχουν συναφθεί και θα συναφθούν μελλοντικά μεταξύ των ενδιαφερόμενων φορέων για την υλοποίηση του ευφυούς συστήματος μεταφορών.

Η τεχνολογία που επιλέγεται στη φάση του σχεδιασμού, υπάρχει περίπτωση να εξελιχθεί μέχρι την ολοκλήρωση του έργου. Οι συμφωνίες δεν πρέπει να είναι τεχνολογικά περιορισμένες και εξαρτημένες από την εξέλιξη και ανάπτυξη των τεχνολογιών σε βάθος χρόνου. Υπάρχουν περιπτώσεις, στις οποίες, η τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί να είναι καθορισμένη και αδιαπραγμάτευτη. Σε άλλες περιπτώσεις, είναι προτιμότερο να συμφωνηθεί και να εφαρμοστεί πρότυπο σύναψης συμφωνιών, το οποίο πρέπει να υποστηρίζει την τεχνολογία που χρησιμοποιείται τώρα αλλά και μελλοντικά.

Η χρήση προτύπων, όπως προαναφέρθηκε, παρουσιάζει σημαντικά οφέλη κατά τη δημιουργία, την εφαρμογή και τη λειτουργία μιας αρχιτεκτονικής, κυριότερο εκ των οποίων αποτελεί η διαλειτουργικότητα. Γνωρίζοντας τις διαφορές των υπηρεσιών που προσφέρονται, των υπεύθυνων των τμημάτων, των δεδομένων που επεξεργάζονται, αποστέλονται, λαμβάνονται και προβάλλονται, των προϊόντων που

χρησιμοποιούνται και πολλών άλλων, είναι αναγκαίος ο σχεδιασμός ή η λήψη προτύπων που σχεδιάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν προγενέστερα για τη διευκόλυνση των διαδικασιών, τη μείωση του χρόνου και του κόστους ολοκλήρωσης σχεδιασμού του συστήματος, καθώς και των πιθανών κινδύνων.

Σε κάθε περίπτωση, ο φορέας (έθνος/ περιφέρεια/ οργανισμός), ο οποίος αναπτύσει την αρχιτεκτονική, πρέπει να αντιληφθεί τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η χρήση προτύπων και να ενθαρρύνει το σχεδιασμό και τη χρήση τους.

## **2.6 Σύγκριση αμερικάνικης και ευρωπαϊκής αρχιτεκτονικής**

Έπειτα από μελέτη των πλαισίων αρχιτεκτονικής για τα ευφυή συστήματα μεταφορών στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, μπορούμε να εντοπίσουμε διαφορές οι οποίες καθιστούν τη μία πιο αποδοτική, πιο εύελικτη στο σχεδιασμό και στη χρήση της σε σχέση με την άλλη, οι οποίες μπορεί να αποτελέσουν και το λόγο προτίμησης ή αποφυγής χρήσης τους.

Η αμερικάνικη αρχιτεκτονική παρουσιάζει τη σχέση μεταξύ των τμημάτων της φυσικής αρχιτεκτονικής, δηλαδή της δομής των υποσυστημάτων και στη συνέχεια οι χρήστες επιλέγουν ποια τμήματα πρέπει να λειτουργήσουν ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις τους. Η ευρωπαϊκή αρχιτεκτονική παρουσιάζει τις λειτουργίες που απαιτούνται για να ικανοποιούν τις ανάγκες των χρηστών και ακολούθως να δομηθεί η φυσική αρχιτεκτονική του συστήματος σύμφωνα με τις επιλογές τους.

Η σχεδίαση και η κατασκευή της αμερικάνικης αρχιτεκτονικής είχε τη συνεχή υποστήριξη και χρηματοδότηση του υπουργείου μεταφορών, η οποία άγγιξε τα εξηνταπέντε εκατομμύρια δολάρια. Σε αντίθεση, η σχεδίαση και η κατασκευή του

πλαίσιου αρχιτεκτονικής FRAME στην Ευρώπη, χρηματοδοτήθηκε από μερικά κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και δαπανήθηκαν έως την ολοκλήρωση του τεσσεράμισι εκατομμύρια ευρώ [4] (1 Euro=1.119335 U.S.Dollars 2017). Η ευρωπαϊκή αρχιτεκτονική, μπορεί να χαρακτηριστεί περισσότερο ικανή να φέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα αλλά υπάρχει σημαντικό ζήτημα στην υποστήριξη χρήσης της σε χρηματοοικονομικό επίπεδο. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε σημαντικές διαφορές στην ποιότητα και ευκολία χρήσης μίας αρχιτεκτονικής.

Η χρήση της αμερικάνικης αρχιτεκτονικής ευφών συστημάτων μεταφορών, θεωρείται υποχρεωτική σε όλες τις πολιτείες της Αμερικής. Μια πολιτεία, μπορεί να μη χρησιμοποιήσει την αμερικάνικη αρχιτεκτονική, αλλά, με την επιλογή αυτή δε θα λάβει την ομοσπονδιακή χρηματοδότηση για την κατασκευή του ευφούς συστήματος μεταφορών και τη στήριξη του κράτους στα διάφορα θέματα τα οποία θα προκύψουν. Το γεγονός αυτό καθιστά την αμερικάνικη εθνική αρχιτεκτονική επιλέξιμη από τις πολιτείες, χωρίς δεύτερη σκέψη. Το ευρωπαϊκό πλαίσιο αρχιτεκτονικής FRAME, σχεδιάστηκε με βάση την έννοια της επικουρικότητας. Η επικουρικότητα, ως έννοια, αποτελεί την καθιέρωση στόχων που εξασφαλίζουν ότι οι αποφάσεις λαμβάνονται όσο το δυνατό πιο κοντά στις επιλογές και προτιμήσεις του πολίτη, ενώ, συγχρόνως ελέγχεται διαρκώς αν η δράση που αναλαμβάνεται συνδέεται πάντα με τις δυνατότητες που προσφέρονται στην περιοχή μελέτης εφαρμογής της αρχιτεκτονικής. Είναι μία αρχή, σύμφωνα με την οποία, η Ευρωπαϊκή Ένωση ενεργεί μόνο όταν η δράση της είναι αποτελεσματικότερη από τη δράση που θα διεξαχθεί σε εθνικό, περιφερειακό ή τοπικό επίπεδο. Συνδέεται στενά με τις αρχές της αναλογικότητας και της αναγκαιότητας, που προϋποθέτουν ότι η δράση της Ένωσης, δεν πρέπει να υπερβαίνει ότι είναι αναγκαίο ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι της συμφωνίας. Αυτό σημαίνει ότι, όλα στην ευρωπαϊκή αρχιτεκτονική είναι

προαιρετικά, καθιστώντας την περισσότερο ευέλικτη σε σύγκριση με την αμερικάνικη.

Η χρήση του ευρωπαϊκού πλαισίου αρχιτεκτονικής FRAME, μπορεί να θεωρηθεί ότι απαιτεί περισσότερο χρόνο λόγω του βαθμού δυσκολίας χρήσης του. Είναι όμως πολύ σημαντικό να κατανοήσουμε ότι η σύγκριση του απαιτούμενου χρόνου ολοκλήρωσης ενός ευφυούς συστήματος μεταφορών, το οποίο σχεδιάζεται, κατασκευάζεται και λειτουργείται με βάση μία από τις δύο αρχιτεκτονικές αποτελεί μεγάλο λάθος.

## Κεφάλαιο 3 Ευφυή συστήματα μεταφορών

Όπως προαναφέρθηκε, τα ευφυή συστήματα μεταφορών βασίζονται σε τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών. Τα ευφυή συστήματα μεταφορών αποτελούν ολοκληρωμένες εφαρμογές, με τις οποίες στοχεύουμε στη βελτίωση της ασφάλειας των μεταφορών, την επέκταση των γνώσεων των μετακινούμενων και την ενίσχυση της ικανότητας τους να ολοκληρώσουν τη μετακίνησή τους [15].

Ο τομέας των ευφύων συστημάτων μεταφορών, εξετάζοντας και λαμβάνοντας υπόψη ένα μεγάλο αριθμό διαφορετικών δεδομένων, βοηθούν στον καλύτερο σχεδιασμό και εκτέλεση των μετακινήσεων αλλά και στη διαχείριση της ζήτησης για μετακίνηση. Η πλειοψηφία των εφαρμογών βοηθούν την επίτευξη των προαναφερόμενων σκοπών, διότι πραγματεύονται:

1. τη βελτίωση της κυκλοφοριακής ροής για όλα τα μέσα μεταφοράς,
2. την αποδοτικότερη διαχείριση και το στρατηγικό σχεδιασμό των συστημάτων μεταφοράς,
3. την παροχή πληροφοριών για τις μετακινήσεις,
4. την προώθηση ασφαλέστερων και αποδοτικότερων μετακινήσεων,
5. την προώθηση περιβαλλοντικά φιλικότερων λύσεων για μετακίνηση,
6. τη βελτίωση της χρήσης των μεταφορικών υποδομών,
7. την εξοικονόμηση χρόνου και κόστους.

Τα Ευφυή Συστήματα Μεταφορών παρέχουν ένα μεγάλο αριθμό υπηρεσιών, προσφέροντας έτσι, τα προαναφερθέντα σημαντικά οφέλη. Διαχωρίζονται στις ακόλουθες κατευθυντήριες κατηγορίες [16]:

1. προηγμένα συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας,



2. προηγμένα συστήματα πληροφόρησης του μετακινούμενου,
3. προηγμένα συστήματα υποβοήθησης του οδηγού,
4. προηγμένα συστήματα δημόσιων συγκοινωνιών,
5. προηγμένα συστήματα εμπορευματικών μεταφορών,
6. προηγμένα συστήματα διαχείρισης έκτακτης ανάγκης και
7. προηγμένα συστήματα διαχείρισης συντήρησης και κατασκευών

### **3.1 Προηγμένο σύστημα διαχείρισης της κυκλοφορίας**

Ως προηγμένα συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας, ονομάζονται τα συστήματα που έχουν ως βασικές λειτουργίες τη λήψη δεδομένων κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο, την οργάνωση και επεξεργασία τους καθώς και την έγκαιρη εκτέλεση των απαραίτητων ενεργειών, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της επεξεργασίας.

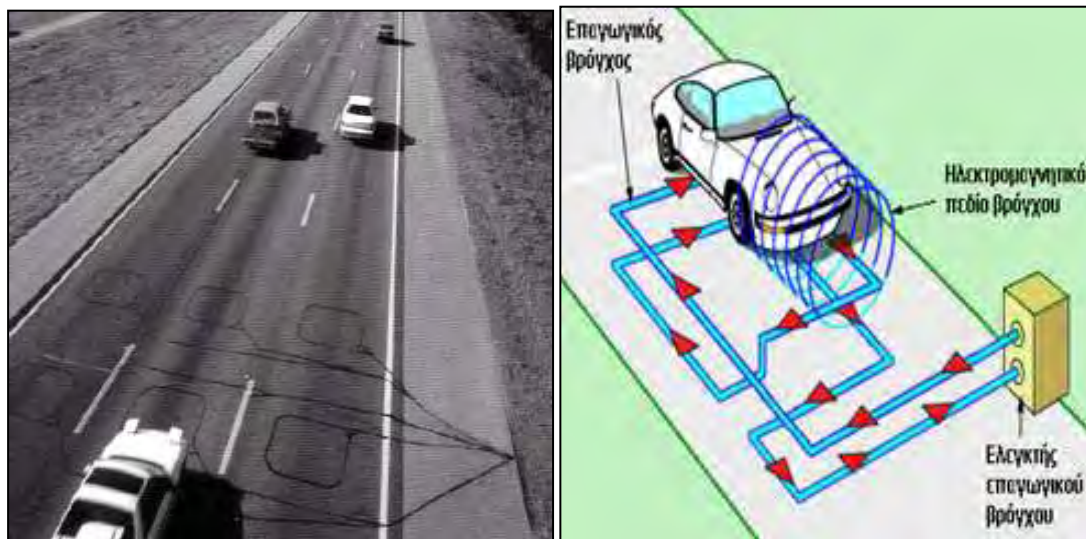
Για τη μετάδοση και επεξεργασία των κυκλοφοριακών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιούνται τεχνολογίες παρακολούθησης οι οποίες είναι τοποθετημένες στο οδόστρωμα και είναι κινητές ή στατικές, τεχνολογίες οι οποίες είναι τοποθετημένες στο οδικό δίκτυο και τεχνολογίες οι οποίες είναι τοποθετημένες στο όχημα αλλά και στο οδικό δίκτυο και αλληλεπιδρούν με τα οχήματα κατά την κίνηση τους στην οδό [17].

#### **3.1.1 Τεχνικές συλλογής δεδομένων επί του οδοστρώματος**

Η πιο διαδεδομένη τεχνολογία λήψης δεδομένων, αποτελεί αυτή των επαγωγικών βρόχων. Οι επαγωγικοί βρόχοι, αποτελούν αισθητήρες τετράγωνης ή κυκλικής γεωμετρίας ενός μέτρου οι οποίοι είναι θαμμένοι στο οδόστρωμα και μετρούν τον αριθμό των διελευθέντων οχημάτων. Είναι εξαιρετικά ακριβής

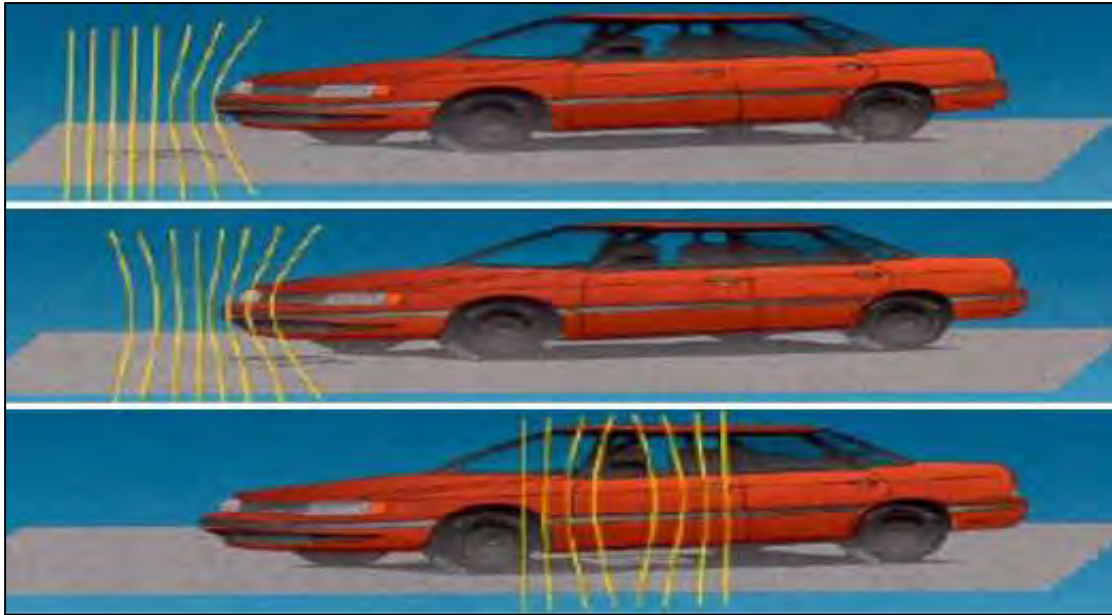
τεχνολογία, αλλά, σε περιβάλλον πολύ χαμηλών θερμοκρασιών μπορούν να αστοχήσουν λόγω θραύσης του βρόχου [18]. Με ένα ζεύγος επαγωγικών βρόχων, διαδοχικά τοποθετημένων στο οδόστρωμα, πέρα από τον αριθμό των οχημάτων μπορεί να υπολογιστεί και η ταχύτητα τους.

Οι επαγωγικοί βρόχοι, είναι ουσιαστικά ένα πηνίο το οποίο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Η παρουσία σιδηρομαγνητικών μεταλλικών αντικειμένων ή άλλων πηγών διαταραχής του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, μεταβάλλει την συμπεριφορά του πεδίου γύρω από το πηνίο (αυξάνει δηλαδή την αυτεπαγωγή του). Για το λόγο αυτό, μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε σαν ανιχνευτή σιδηρούχων μεταλλικών αντικειμένων.



ΕΙΚΟΝΑ 1:Επαγωγικός βρόγχος στο οδόστρωμα [19].

Μία ακόμα τεχνική συλλογής δεδομένων αποτελούν τα μαγνητόμετρα. Τα μαγνητόμετρα τοποθετούνται στο οδόστρωμα, στη μέση της λωρίδας κυκλοφορίας των οχημάτων. Επικοινωνούν με την άκρη της οδού όπου τοποθετείται ασύρματος χαμηλής ισχύος. Όπως και στους επαγωγικούς βρόχους έτσι και στα μαγνητόμετρα, ένα ζεύγος μαγνητομέτρων, πέρα από τον αριθμό των διελευθέντων οχημάτων μετράει και την ταχύτητά τους.



ΕΙΚΟΝΑ 2: Συμπίεση, σύγκλιση και απόκλιση μαγνητικών γραμμών [21].

Τα μαγνητόμετρα, μετρούν τη διατάραξη του γήινου μαγνητικού πεδίου, η οποία, οφείλεται στα μεταλλικά μέρη του οχήματος. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι μαγνητομέτρων [20]:

1. το επαγωγικό μαγνητόμετρο, το οποίο, εντοπίζει την κίνηση ενός σιδηρούχου μετάλλου από τη μεταβολή των γραμμών του μαγνητικού πεδίου του μαγνητομέτρου και
2. το μαγνητόμετρο δύο/ τριών αξόνων ροής των μαγνητικών γραμμών, το οποίο ανιχνεύει τις αλλαγές στην κατακόρυφη και οριζόντια συνιστώσα του μαγνητικού πεδίου της γης, οι οποίες προκαλούνται από την κίνηση ενός σιδηρούχου μετάλλου.

Το επαγωγικό μαγνητόμετρο (μαγνητόμετρο πηνίου), αποτελείται από μια περιέλιξη γύρω από ένα φερομαγνητικό πυρήνα μεγάλης διαπερατότητας. Στα άκρα του πηνίου, αναπτύσσεται τάση όταν υπάρχει διατάραξη των μαγνητικών γραμμών που οφείλεται στη διέλευση των οχημάτων. Για τη σωστή λειτουργία του επαγωγικού μαγνητομέτρου απαιτείται ταχύτητα μεγαλύτερη των 5-8 χλμ/ώρα. Το μαγνητόμετρο

δύο/τριών αξόνων ροής των μαγνητικών γραμμών, αποτελείται από μαλακό φερομαγνητικό υλικό μεγάλης διαπερατότητας, το οποίο καλύπτεται από ένα πρωτεύον και ένα δευτερεύον περιτύλιγμα [22]. Το μαγνητόμετρο αυτό, μετράει τις διακυμάνσεις στον οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα του γήινου μαγνητικού πεδίου. Όταν στα άκρα των περιτυλιγμάτων εντοπιστεί τάση σημαίνει ότι, πραγματοποιήθηκε διέλευση οχήματος [21].

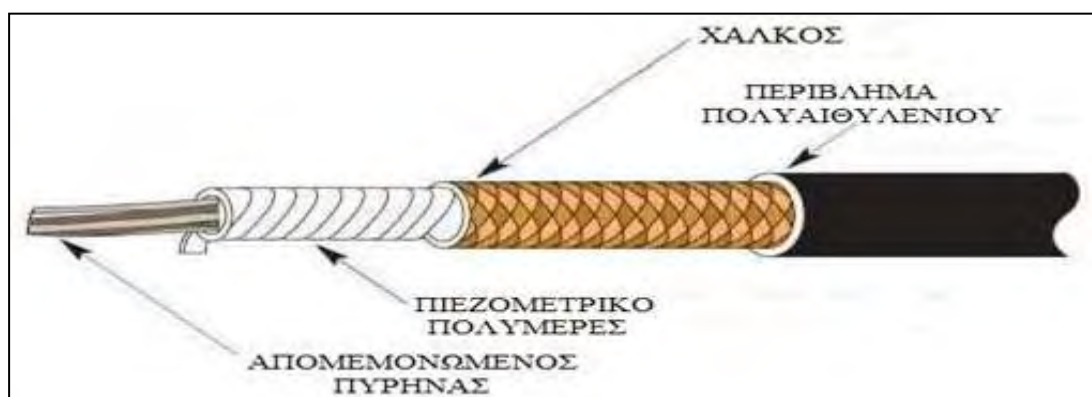
Άλλη μία τεχνική συλλογής δεδομένων αποτελούν, οι πνευματικοί σωλήνες. Οι πνευματικοί σωλήνες τοποθετούνται στο οδόστρωμα κάθετα στη διεύθυνση κίνησης των οχημάτων και χρησιμοποιούν τις μεταβολές στην πίεση του αέρα που δημιουργούνται κατά τη διέλευση των οχημάτων [18]. Με τη διέλευση ενός οχήματος δημιουργείται πεπιεσμένος αέρας που μεταφέρεται μέσω ειδικών σωλήνων σε διακόπτες, οι οποίοι, παράγουν ηλεκτρικούς παλμούς δηλώνοντας με τον τρόπο αυτό τη διέλευση οχήματος [21].



ΕΙΚΟΝΑ 3: Φορητός πνευματικός σωλήνας [23].

Όπως και στους προαναφερθείς αισθητήρες, ένα ζεύγος πνευματικών σωλήνων, πέρα από την καταμέτρηση των διελευθέντων οχημάτων, μετράει την ταχύτητά τους και το είδος τους με μέτρηση της απόστασης μεταξύ των αξόνων.

Το πιεζοηλεκτρικό καλώδιο αποτελεί μία τεχνική συλλογή δεδομένων επί του οδοστρώματος και έχει ως βασική ιδιότητα τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μεταβολή της πυκνότητας του επιφανειακού φορτίου και ακολούθως η διαφορά τάσης ανάμεσα στα ηλεκτρόδια παράγεται όταν κατά τη διέλευση του οχήματος, δημιουργείται μεταβολή στην πίεση που δέχεται το υλικό [18]. Με το πιεζομετρικό καλώδιο μετράται ο αριθμός των διελευθέντων οχημάτων, η ταχύτητά τους και το είδος του οχήματος από την απόσταση μεταξύ των αξόνων και το βάρος τους.



ΕΙΚΟΝΑ 4: Πιεζομετρικό καλώδιο με υλικό από μοριακές αλυσίδες πολυμερών [25].

Οι κατηγορίες των πιεζομετρικών καλωδίων είναι [24]:

1. πιεζομετρικό καλώδιο με υλικό από μοριακές αλυσίδες πολυμερών,
2. πιεζομετρικό καλώδιο με συνθετικό κεραμικό υλικό,
3. πιεζομετρικό καλώδιο με συνθετικό κεραμικό υλικό χωρίς μόλυβδο,
4. πιεζομετρικό καλώδιο με οστό,
5. πιεζομετρικών καλωδίων με οργανικές νανοδομές,
6. πιεζομετρικό καλώδιο με νανοδομημένους ημιαγωγούς κρυστάλλους,



7. πιεζομετρικό καλώδιο με χαλαζία,
8. πιεζομετρικό καλώδιο με συνθετικούς κρυστάλλους.

Μία ακόμα τεχνική συλλογής δεδομένων αποτελούν, οι ανιχνευτές δύναμης (βάρους). Οι ανιχνευτές δύναμης κατά την κίνηση του οχήματος πάνω από αυτούς, μετρούν το ισοδύναμο φορτίο (βάρος) του κάθε άξονα ή του κάθε τροχού ξεχωριστά. Με τους ανιχνευτές αυτούς, συνοδευόμενους από διπλούς επαγωγικούς βρόγχους, μετράται ο αριθμός των οχημάτων, η ταχύτητά τους, ο τύπος του οχήματος και το φορτίο με το οποίο καταπονούν το οδόστρωμα. Οι κατηγορίες των ανιχνευτών δύναμης κατά την κίνηση του οχήματος είναι οι εξής [21]:

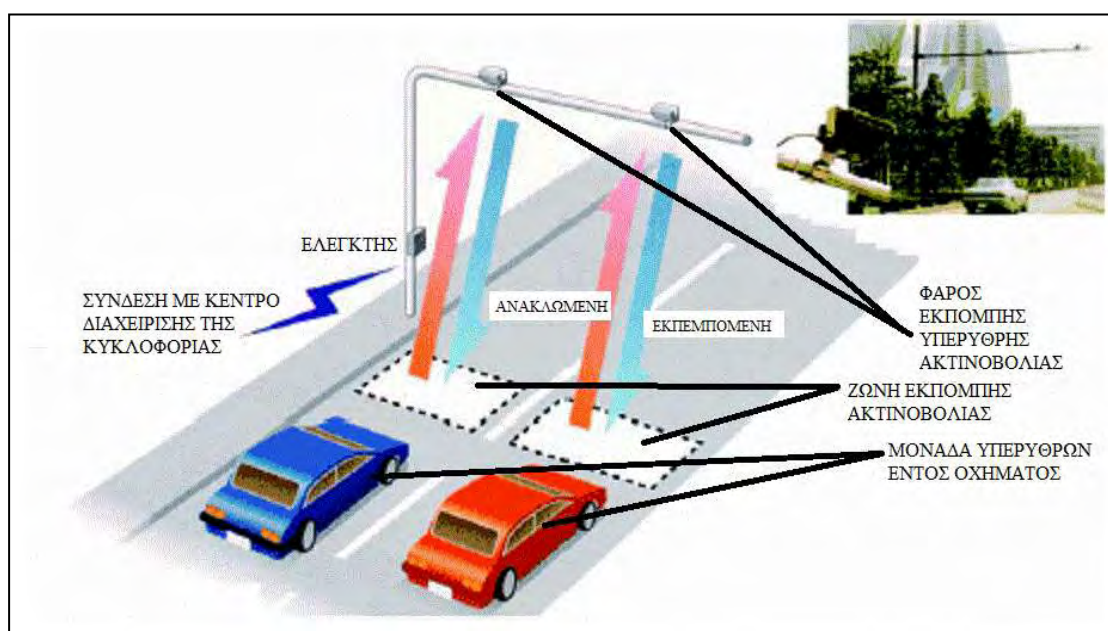
1. τεχνολογία κεκλιμένης πλάκας,
2. πιεζοηλεκτρική τεχνολογία,
3. τεχνολογία loadcell (αισθητήρας άξονα και φορτίου),
4. τεχνολογία στρώματος-χωρητικότητας και
5. τεχνολογία οπτικών ινών



ΕΙΚΟΝΑ 5: Ανιχνευτής δύναμης κεκλιμένης πλάκας σε συνδυασμό με επαγωγικό βρόχο [26].

### 3.1.2 Τεχνικές συλλογής δεδομένων εκτός οδοστρώματος

Μία τεχνική συλλογής δεδομένων εκτός οδοστρώματος αποτελεί αυτή των ενεργών υπερύθρων. Οι ανιχνευτές ενεργών υπερύθρων, εκπέμπουν μη ορατή υπέρυθρη ακτινοβολία χαμηλής ισχύος μέσω διόδων LED ή laser σε μια περιοχή του οδοστρώματος και μετρούν το χρόνο επιστροφής της ακτινοβολίας (ανακλώμενη ακτινοβολία) [27].

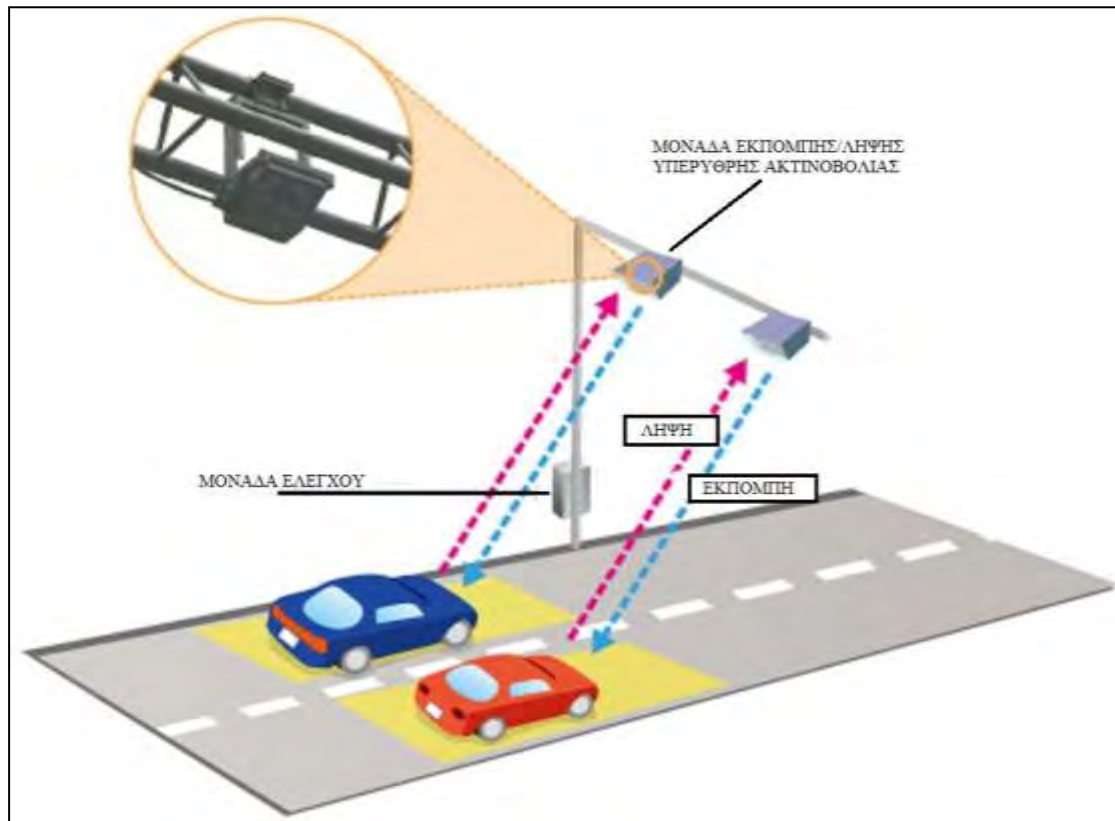


ΕΙΚΟΝΑ 6: Ανιχνευτές ενεργών υπερύθρων [27].

Όταν το όχημα εισέρχεται στην περιοχή που εκπέμπεται η ακτινοβολία, τότε ο χρόνος επιστροφής της ανακλώμενης ακτινοβολίας μειώνεται. Με τη λειτουργία δύο ή περισσότερων ακτινών, μπορεί να μετρηθεί και η ταχύτητα των οχημάτων. Οι ανιχνευτές ενεργών υπερύθρων επηρεάζονται από δυσμενείς καιρικές συνθήκες, επειδή το μικρό μήκος κύματος δεν μπορεί να διαπεράσει το χιόνι και τη βροχή [18].

Μία ακόμα τεχνική αποτελούν οι ανιχνευτές παθητικών υπερύθρων, οι οποίοι, βασίζονται στο γεγονός ότι, κάθε αντικείμενο το οποίο δεν έχει μηδενική θερμοκρασία μετρημένη σε βαθμούς K(elvin) αντανακλά την εκπεμπόμενη υπέρυθρη

ακτινοβολία ανάλογα με τη επιφανειακή θερμοκρασία του, το μέγεθος του και τη δομή του. Λόγω της διαφοράς των θερμοκρασιών οδοστρώματος και οχημάτων, με τους ανιχνευτές παθητικών υπερύθρων, μπορούμε να μετρήσουμε τα διερχόμενα οχήματα [18].



ΕΙΚΟΝΑ 7:Ανιχνευτές παθητικών υπερύθρων [27].

Οι ανιχνευτές παθητικών υπερύθρων διαχωρίζονται σε ανιχνευτές που δε σχηματίζουν εικόνα των διελευθέντων οχημάτων και αποτελούνται από ένα ανιχνευτή υπερύθρων και σε ανιχνευτές που σχηματίζουν εικόνα των διελευθέντων οχημάτων και αποτελούνται από ένα προηγμένο ανιχνευτή παθητικών υπερύθρων, ο οποίος, λαμβάνει την υπέρυθρη ακτινοβολία από δύο διαστάσεις ή συστοιχίες ανιχνευτών σε δύο διαστάσεις [21]. Στη δεύτερη περίπτωση κάθε ανιχνευτής έχει μικρό οπτικό πεδίο και το σύνολο των ανιχνευτών συνθέτει το ολικό πεδίο



ανίχνευσης. Οι ανιχνευτές υπερύθρων δεν επηρεάζονται από τις καιρικές συνθήκες [18].

Τεχνική συλλογής κυκλοφοριακών δεδομένων αποτελούν και οι ανιχνευτές radar οι οποίοι χρησιμοποιούν ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος (1 έως 30cm). Η συχνότητα με την οποία εκπέμπεται είναι από 1 έως 30GHz [21]. Διαχωρίζονται σε ανιχνευτές CWDoppler (Continuous Wave Doppler) και FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) [27].

Οι ανιχνευτές CWDoppler εκπέμπουν σήμα με σταθερή συχνότητα ως προς το χρόνο. Η κίνηση οχήματος στην περιοχή εκπομπής του σήματος, οδηγεί σε ολίσθηση της συχνότητας του ανακλώμενου σήματος. Αν δε μετακινούνται ο πομπός και ο δέκτης δεν υπάρχει ολίσθηση συχνότητας. Αν ο πομπός πλησιάζει το δέκτη αυξάνεται η συχνότητα και το αντίθετο. Με τους ανιχνευτές Doppler μετρώνται τα διελευθέντα οχήματα και η ταχύτητά τους.

Οι ανιχνευτές FMCW, εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Η συχνότητα αλλάζει με την πάροδο του χρόνου, οπότε, προσδιορίζοντας τη συχνότητα γνωρίζουμε αν πέρασε όχημα από την περιοχή εκπομπής. Λόγω της περιοδικότητας της συχνότητας των κυμάτων μπορούμε να υπολογίσουμε και την ταχύτητα των οχημάτων.

Ως τεχνική συλλογής κυκλοφοριακών δεδομένων θεωρούνται και οι ανιχνευτές ήχου. Οι ανιχνευτές ήχου αποτελούνται από μια σειρά μικροφώνων με κατεύθυνση προς το δρόμο. Στην τεχνολογία αυτή, πραγματοποιείται ανίχνευση του ήχου που παράγει ένα διερχόμενο όχημα και συγκρίνεται με στοιχεία/ήχους μιας βάσης δεδομένων. Ηχητική πηγή είναι, ο θόρυβος ο οποίος προκύπτει από την επαφή

των τροχών με το οδόστρωμα. Με τη τεχνοτροπία αυτή, μετράται ο αριθμός των οχημάτων και η ταχύτητά τους [27].

Επιπλέον, υπάρχει και η τεχνική υπερήχων. Οι ανιχνευτές υπερήχων εκπέμπουν ηπερηχητικούς παλμούς συχνότητας από 25 έως 50kHz και μετρούν το χρόνο επιστροφής στη συσκευή. Όταν ο χρόνος επιστροφής είναι μικρότερος από αυτόν του οδοστρώματος (βάση), σημαίνει ότι υπάρχει όχημα στην περιοχή ανίχνευσης. Με τον τρόπο αυτό μετρώνται ο αριθμός των οχημάτων και η ταχύτητά τους [27]. Υπάρχουν ανιχνευτές των οποίων η λειτουργία στηρίζεται στην αρχή του φαινομένου Doppler για τη μέτρηση της ταχύτητας.

Ένας ακόμα τρόπος συλλογής δεδομένων είναι η ανάλυση εικόνας ή video. Οι τεχνολογίες video/ εικόνας αποτελούνται από κάμερες, ένα υπολογιστικό σύστημα για την ψηφιοποίηση και επεξεργασία της εικόνας και ένα λογισμικό μετατροπής των δεδομένων ανάλυσης σε δεδομένα κυκλοφορίας [21].



ΕΙΚΟΝΑ 8: Καρέ εικόνων προς επεξεργασία [22].

Η ανίχνευση των οχημάτων επιτυγχάνεται από ανάλυση διαδοχικών καρέ, με αλγόριθμους επεξεργασίας της ασπρόμαυρης εικόνας. Μέσα από τη μελέτη του

επιπέδου του γκριζου χρώματος και από επιπλέον τροποποιήσεις τις οποίες πραγματοποιούν οι αλγόριθμοι, μετρώντας τα διερχόμενα οχήματα και ο τύπος τους.

Οι τεχνολογίες βίντεο/εικόνας διαχωρίζονται στις εξής κατηγορίες [27]:

1. Τα συστήματα tripleline επιτρέπουν την επιλογή ενός περιορισμένου αριθμού ανιχνεύσιμων περιοχών στο οπτικό πεδίο της κάμερας. Χρησιμοποιούνται δύο λογικές ανάλυσης. Η πρώτη βασίζεται στην επιφάνεια, στην οποία διακρίνονται ακμές και η δεύτερη σε πλέγμα στην οποία κατηγοριοποιούνται τα τετράγωνα σε ένα προκαθορισμένο πλέγμα με το αν περιέχουν οχήματα ή όχι.



ΕΙΚΟΝΑ 9:Ανίχνευση οχημάτων με χρήση βιντεοκάμερας[28].

2. Τα συστήματα ανίχνευσης κλειστού βρόχου (closed-looptracking) επιτυγχάνουν την ανίχνευση οχημάτων σε μεγαλύτερες περιοχές του οδοστρώματος. Τα συστήματα αυτά, ανιχνεύουν τα διερχόμενα οχήματα στο οπτικό πεδίο της κάμερας και μέσα από καρέ εικόνων υπολογίζεται και η ταχύτητά τους.
3. Τα συστήματα ανίχνευσης σχέσης/σύνδεσης των δεδομένων (data association tracking) αναγνωρίζουν το όχημα μέσα από διαδοχικά καρέ και ένα υπολογιστικό τμήμα, μέσω δεικτών επιπέδου οι οποίοι χρησιμοποιούν ακμές των αντικειμένων ή δεικτών μορφολογίας, ελέγχοντας βασικούς συνδυασμούς που ανήκουν σε συγκεκριμένα οχήματα ή ομάδα οχημάτων.

Η κάθε τεχνολογία από τις προαναφερθείσες, παρουσιάζει πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα και για το λόγο αυτό δεν μπορεί να καλύψει εξ ολοκλήρου όλες τις ανάγκες. Ο συνδυασμός μερικών από τις τεχνολογίες αυτές, αποτελεί τη βέλτιστη λύση για τον υπολογισμό των κυκλοφοριακών δεδομένων [18].

Ένας καλός συνδυασμός αποτελεί αυτός των αισθητήρων παθητικών υπερύθρων και των ανιχνευτών υπερήχων, διότι, έτσι αυξάνουμε την ακρίβεια υπολογισμού της συχνότητας των οχημάτων, του ύψους αυτών, της μεταξύ τους απόστασης και της ανίχνευσης στάσιμου οχήματος. Ένας εξίσου σημαντικός συνδυασμός, είναι των ανιχνευτών παθητικών υπερύθρων και των ραντάρ Doppler. Συνδυάζοντας τις τεχνολογίες αυτές, γνωρίζουμε τον τύπο των οχημάτων, την ταχύτητα τους και τη συχνότητα διέλευσης.

Αφού συλλεχθούν τα δεδομένα κυκλοφορίας, μεταφέρονται, σε πραγματικό χρόνο, στο κέντρο διαχείρισης της κυκλοφορίας του συστήματος μεταφορών. Εκεί με χρήση του βασικού κεντρικού υπολογιστικού συστήματος, επεξεργάζονται τα δεδομένα και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας αποστέλλονται στις εφαρμογές των ευφυών συστημάτων μεταφορών [17].

Το βασικό κεντρικό λογισμικό του συστήματος, βασίζεται σε εργαστηριακά πρότυπα, με τα οποία διερευνούνται το μεταφορικό σύστημα, οι ιδέες και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής του συστήματος. Με την επίτευξη των αποτελεσμάτων αυτών, μπορούμε να εντοπίσουμε, να αντιστοιχίσουμε ποσοτικά και να αναλύσουμε τα φαινόμενα τα οποία παρατηρούνται στο μεταφορικό σύστημα το οποίο εξετάζεται.

Με μαθηματικά μοντέλα που αποτελούν τμήμα του λογισμικού, επιτυγχάνεται η προσομοίωση της πραγματικής κατάστασης των κυκλοφοριακών συνθηκών και η ανάλυση της. Άρα, απαιτείται η μελέτη και η εξέτασή τους καθώς και η προσαρμογή αυτών και όλου του συστήματος με βάση κάποια χαρακτηριστικά, όπως, ο χρήστης

του μεταφορικού συστήματος και του ευφυούς συστήματος μεταφοράς και το σύστημα μεταφορών.

Ένα μοντέλο στο οποίο προσομοιώνεται και μοντελοποιείται το οδικό δίκτυο και τα οχήματα, βοηθάει στην ανάλυση των αποτελεσμάτων που θα έχει η αλλαγή του δικτύου, των κυκλοφοριακών συνθηκών, των οχημάτων, της συμπεριφοράς του οδηγού και έπειτα μπορούν να υιοθετηθούν ενέργειες που θα οδηγήσουν στα επιθυμητά αποτελέσματα. Στα μοντέλα αυτά, το οδικό δίκτυο αναλύεται ως μια σειρά από κόμβους και συνδέσμους. Οι κόμβοι αντιπροσωπεύουν τα βασικά χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου, όπως το πλάτος και το μήκος της οδού και οι σύνδεσμοι τον τρόπο σύνδεσης των κόμβων. Στα μοντέλα αυτά, τα οχήματα ταξινομούνται με βάση τα χαρακτηριστικά τους, όπως, το είδος χρήσης τους, η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα, η επιτάχυνση και ο συνολικός χώρος που καταλαμβάνουν στο οδόστρωμα. Για την προσομοίωση και τη μοντελοποίηση του οδικού δικτύου και των οχημάτων που κινούνται σε αυτό, είναι αναγκαία η μετατροπή των πραγματικών δεδομένων σε δείκτες και παραμέτρους, ώστε να εξεταστούν αριθμητικά.

Όπως προαναφέρθηκε, το προηγμένο σύστημα διαχείρισης της κυκλοφορίας, μετά την επεξεργασία δεδομένων που λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο, αποστέλει εντολές και πληροφορίες σε άλλα συστήματα, όπως, τα προηγμένα συστήματα πληροφόρησης του μετακινούμενου [29].

### **3.2 Προηγμένο σύστημα πληροφόρησης του μετακινούμενου**

Ως προηγμένο σύστημα πληροφόρησης του μετακινούμενου ορίζεται, το ευφυές σύστημα μεταφορών το οποίο παρέχει στους μετακινούμενους πληροφορίες, ώστε να βελτιώσουν την ποιότητα, την άνεση και την ασφάλεια της μετακίνησης που

πραγματοποιούν καθώς και τη συνολική απόδοση του συστήματος μεταφορών. Δίνει τη δυνατότητα στους μετακινούμενους να ενημερώνονται σωστά και να παίρνουν τις καταλληλότερες αποφάσεις για την ολοκλήρωση της μετακίνησής τους. Μέσα από τις συσκευές πληροφόρησης και τις εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί, ο χρήστης του μεταφορικού δικτύου είναι σε θέση να λαμβάνει πληροφορίες στο όχημα, στο μεταφορικό δίκτυο, σε τερματικούς σταθμούς, σε κιόσκια ενημέρωσης κυκλοφοριακών συνθηκών και στην οικία του μέσω εφαρμογών στο παγκόσμιο διαδίκτυο.

Μέσα από ένα επιχειρηματικό σχέδιο, μπορεί να δομηθεί το σύστημα πληροφόρησης, με εξέταση των τμημάτων του, των ρόλων τους και των ευθυνών τους. Επιπλέον, μπορεί να γίνει μελέτη μιας συνάρτησης κόστους/ ωφέλειας, ώστε, να δειχθεί αν η δημιουργία ενός τέτοιου συστήματος θεωρείται ευκαιρία ή κίνδυνος. Το επιχειρηματικό σχέδιο πρέπει να είναι ευέλικτο και μελλοντικά, διότι, είναι πιθανές οι μεταβολές των διαδικασιών και των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται.

Ένα σημαντικό θέμα στη δημιουργία ενός προηγμένου συστήματος μεταφορών είναι ο προσανατολισμός που θα έχει. Δηλαδή, δημιουργείται ώστε:

1. να βοηθήσει τους υπεύθυνους του μεταφορικού συστήματος να διαχειριστούν καλύτερα το μεταφορικό σύστημα ή
2. να βοηθήσει τους χρήστες παρέχοντας τους πληροφορίες και αυξάνοντας τις επιλογές της μετακίνησής τους.

Στην πρώτη περίπτωση το σύστημα πληροφόρησης επικεντρώνεται στις υποδομές και τη διαχείριση των εργασιών κατασκευής και συντήρησης. Αυτό σημαίνει ότι ο δημόσιος τομέας θα παράσχει οικονομικούς πόρους, διότι, θα χρηματοδοτήσει κάποια έργα με βάση την πολιτική των μεταφορών που ακολουθεί.

Στην δεύτερη περίπτωση η προσέγγιση που πραγματοποιείται, θεωρείται εμπορικά προσανατολισμένη. Αυτό συμβαίνει διότι επικεντρώνεται στην παροχή του συστήματος με τους περισσότερους χρήστες. Η προσέγγιση αυτή επικεντρώνεται σε λιγότερους τρόπους μεταφοράς και για το λόγο αυτό έχει μικρότερες δαπάνες. Συνήθως, από τους σχεδιαστές του συστήματος μεταφοράς επιλέγεται η δεύτερη προσέγγιση.

Δύο είναι τα τμήματα τα οποία αποτελούν τους κύριους φορείς του συστήματος [29]:

1. Ο δημόσιος τομέας, ο οποίος αποτελεί τον πρωταρχικό μεσολαβητή των προσπαθειών που οργανώνει τις διαδικασίες. Δεν απαιτείται πάντα να παρέχει προϊόντα και υπηρεσίες στο σύστημα. Καθορίζει τα προβλήματα και συγκεντρώνει πόρους για την επίλυση τους. Ο δημόσιος τομέας αποτελεί το μεσίτη του έργου και όχι τον πάροχο των υπηρεσιών. Επιπλέον, ελέγχει τις καινοτομίες και τη βελτίωση των υπηρεσιών του ιδιωτικού τομέα και ενεργεί ανάλογα, ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο.
2. Ο επικεφαλής οργανισμός/ εταιρεία διαχείρισης του προηγμένου συστήματος πληροφόρησης, ο οποίος, ανήκει στο δημόσιο ή στον ιδιωτικό τομέα. Είναι υπεύθυνος για την εφαρμογή και σωστή λειτουργία του έργου. Ο δημόσιος τομέας επιλέγει, μέσα από τη εξέταση των πλεονεκτημάτων, των μειονεκτημάτων και της στρατηγικής του έργου, ποιος οργανισμός είναι καταλληλότερος να χρηστεί ως επικεφαλής του έργου. Μερικά πλεονεκτήματα που προσφέρει η επιλογή ιδιωτικού τομέα ως επικεφαλή είναι ότι έχει περισσότερα κίνητρα, καλύτερη επιχειρηματική σκέψη και είναι περισσότερο ασφαλές στον οικονομικό τομέα.

Ο χρήστης μπορεί να λάβει πληροφορίες από το προηγμένο σύστημα πληροφόρησης μέσα από [30]:

1. εφαρμογές και τεχνολογίες που έχει το όχημα ή μπορεί να εγκαταστήσει ο οδηγός,
2. το κινητό τηλέφωνο μέσω κλήσης, γραπτού μηνύματος ή περιήγησης στο παγκόσμιο διαδίκτυο,
3. το ραδιόφωνο μέσω ακρόασης της ραδιοφωνικής συχνότητας στην οποία εκπέμπει ο φορέας του μεταφορικού συστήματος,
4. τον προσωπικό του υπολογιστή μέσω περιήγησης στο παγκόσμιο διαδίκτυο,
5. τις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων, οι οποίες, είναι εγκατεστημένες στο οδικό δίκτυο και
6. τα κέντρα πληροφόρησης τα οποία βρίσκονται παρά του δρόμου, σε εγκαταστάσεις του μεταφορικού συστήματος.

Άρα, οι υπηρεσίες πληροφόρησης προς τους μετακινούμενους δίνονται από συσκευές οι οποίες είναι προεγκατεστημένες στο όχημα, φορητές συσκευές που εγκαθίστανται εκ των υστέρων στο όχημα, φορητές προσωπικές συσκευές (κινητά τηλέφωνα, υπολογιστές) ή τεχνολογίες που είναι εγκατεστημένες στο σύστημα μεταφορών (πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων).

Ο χρήστης του οδικού δικτύου μπορεί να λάβει πληροφορίες, οι οποίες σχετίζονται με το σύστημα μεταφοράς που επιλέγει [1]:

1. Πριν ακόμα ξεκινήσει τη μετακίνηση. Με τον τρόπο αυτό, θα επιλέξει τα χαρακτηριστικά της μετακίνησης τα οποία προτιμάει, όπως η ώρα, ο τρόπος πραγματοποίησης της μετακίνησης και η διαδρομή που θα ακολουθηθεί. Η κάθε διαδρομή μπορεί να ταξινομηθεί ως προς μία χρονική ή οικονομική



βάση. Μέσα από την πληροφόρηση, ο χρήστης γνωρίζει την κατάσταση ροής της κυκλοφορίας και τα πιθανά περιστατικά όπως ατυχήματα, εργασίες κατασκευής και συντήρησης.

2. Κατά τη διάρκεια της μετακίνησης. Μέσα από μηνύματα που λαμβάνει από τις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων, το ραδιόφωνο, τις φορητές συσκευές επικοινωνίας και τις τεχνολογίες επί του οχήματος μπορεί να ακολουθήσει εναλλακτική διαδρομή ή να υιοθετήσει νέο τρόπο κυκλοφορίας του οχήματος βασισμένος στις υποδείξεις που προσφέρονται από τα ευφυή συστήματα μεταφορών.

Στην ΕΙΚΟΝΑ 10, η πινακίδα μεταβλητού μηνύματος πληροφορεί τους οδηγούς για εργασίες που πραγματοποιούνται στο οδικό δίκτυο και τη ραδιοφωνική συχνότητα μέσα από την οποία θα λάβουν περισσότερες πληροφορίες.



ΕΙΚΟΝΑ 10: Πληροφόρηση οδηγών μέσω πινακίδας μεταβλητού μηνύματος [31].

### **3.3 Προηγμένο σύστημα υποβοήθησης του οδηγού**

Τα τελευταία χρόνια, με την εξέλιξη των τεχνολογιών, το σχεδιασμό, την ανάπτυξη νέων και την διαμόρφωση των παλαιών, δημιουργήθηκε ο τομέας συστημάτων υποβοήθησης του οδηγού με σκοπό τη διατήρηση και την αύξηση της ασφάλειας των μετακινήσεων, βελτιώνοντας την οδηγική εμπειρία του χρήστη και τη συνολική οδική ασφάλεια του συστήματος μεταφορών.

Πολλά από αυτά είναι γνώριμα στους χρήστες των μεταφορικών συστημάτων εδώ και πολλά χρόνια, αλλά, κάποια άλλα αποτελούν νέες τεχνολογίες. Όλα τα συστήματα αυτά, μέσα από εκτενή έρευνα τροποποιούνται ή αντικαθίστανται, βελτιώνοντας με τον τρόπο αυτό την ίδια βασική ιδέα και στόχους του συστήματος. Ακολουθώντας, παρουσιάζονται τα προηγμένα συστήματα υποβοήθησης του οδηγού, τα οποία έχουν μελετηθεί, σχεδιαστεί, κατασκευασθεί, αναπτυχθεί και είναι διαθέσιμα στην αγορά [32].

#### **3.3.1 Προσαρμοζόμενο σύστημα ελέγχου πορείας**

Το προσαρμοζόμενο σύστημα ελέγχου πορείας, αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για τους οδηγούς που κινούνται στο οδικό δίκτυο. Είναι ένα απλό σύστημα, το οποίο επιτρέπει την προσαρμογή της ταχύτητας χωρίς ο οδηγός να χρησιμοποιεί τα πετάλ γκαζιού και φρένου. Αφού ο χρήστης ορίσει ταχύτητα κίνησης, πολλά από τα συστήματα αυτά ρυθμίζουν την ταχύτητα σύμφωνα με την ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος, δηλαδή, όταν το προπορευόμενο όχημα επιβραδύνει ή επιταχύνει, το προσαρμοζόμενο σύστημα ελέγχου πορείας ταιριάζει αυτόματα την ταχύτητα του οχήματος μέσα στα επιτρεπτά όρια.



ΕΙΚΟΝΑ 11:Σύστημα ελέγχου πορείας (PEUGEOT [33], ROVER [34]).

Κάποια από αυτά, καθώς το όχημα αποκτάσει ταχύτητα κάτω από κάποιο όριο, το οποίο είναι εργοστασιακά ορισμένο ή ορισμένο από τον οδηγό, απενεργοποιούνται αυτόματα. Για το λόγο αυτό, οι οδηγοί που χρησιμοποιούν το σύστημα αυτό, πρέπει να παραμένουν συνεχώς σε εγρήγορση και να αντιλαμβάνονται την κίνηση των άλλων οχημάτων.

Τα περισσότερα συστήματα ελέγχου πορείας απενεργοποιούνται όταν ο οδηγός πατήσει το πετάλ πέδησης. Η πλειοψηφία αυτών των συστημάτων δε μπορούν να κάνουν αυτόματες ρυθμίσεις. Η διαθεσιμότητα πλήρως αυτοματοποιημένου προσαρμοζόμενου συστήματος ελέγχου πορείας είναι προς στιγμή περιορισμένη, αλλά παράλληλα πολλά υποσχόμενη ανάπτυξη. Το προσαρμοζόμενο σύστημα ελέγχου πορείας, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα αισθητήρων laser ή radar, ανιχνεύουν την παρουσία και την ταχύτητα άλλων οχημάτων, προσαρμόζουν την ταχύτητα του οχήματος στο οποίο λειτουργούν και διατηρούν ασφαλή απόσταση με τα άλλα οχήματα. Το προσαρμοζόμενο σύστημα ελέγχου πορείας, στην περίπτωση που ανιχνεύσει εμπόδιο, επιβραδύνει και αν η απόσταση μεταξύ του εμποδίου και του οχήματος γίνει πολύ μικρή, είναι ικανό να ενεργοποιήσει την πέδηση του οχήματος. Το χαρακτηριστικό αυτό ρυθμίζεται από τον οδηγό σύμφωνα με τις επιλογές του.

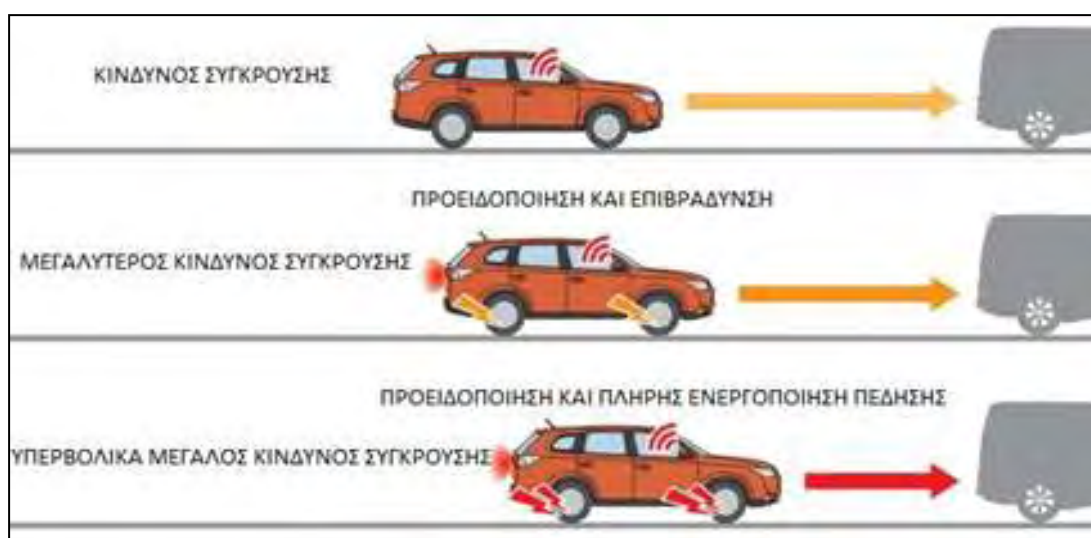
Το σύστημα αυτό, βοηθάει στη μείωση πιθανών συγκρούσεων και της σοβαρότητας αυτών. Στην περίπτωση που οι οδηγοί των οχημάτων δεν μπορέσουν να διατηρήσουν σταθερή πορεία, ώστε, να αποφύγουν πιθανή σύγκρουση, το προσαρμοζόμενο σύστημα ελέγχου πορείας θα αποτελέσει σημαντικό παράγοντα ασφάλειας. Καθώς ο οδηγός γνωρίζει τις λειτουργίες του συστήματος και τους περιορισμούς αυτού, θα πραγματοποιήσει ασφαλή και αποδοτική μετακίνηση.

Τα προσαρμοζόμενα συστήματα ελέγχου πορείας μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες ως προς την τεχνολογία που χρησιμοποιούν, δηλαδή laser ή radar. Τα συστήματα που χρησιμοποιούν ανιχνευτές laser έχουν το μειονέκτημα εσφαλμένου εντοπισμού οχήματος ή εμποδίου λόγω της βρωμιάς που μπορεί να υπάρχει πάνω σε αυτά, της κακής ποιότητας χρώματος, της παλαιότητας των επιφανειών και των κακών καιρικών συνθηκών. Είναι προτιμότερη η χρήση ενός ή περισσότερων αισθητήρων radar, οι οποίοι λειτουργούν επιτυχώς σε ευρύτερο φάσμα καιρικών συνθηκών και αντανακλαστικότητας των επιφανειών άλλων οχημάτων και εμποδίων. Είναι αναγκαίο να κατανοήσουμε ότι το προσαρμοζόμενο σύστημα ελέγχου πορείας μπορεί να αποτύχει. Για το λόγο αυτό πρέπει ο οδηγός να παραμένει σε εγρήγορση ώστε να ελεγχει την ταχύτητα και την πορεία του οχήματος.

Μία ακόμη διάκριση αυτών των συστημάτων, είναι η δυνατότητα να λειτουργούν χωρίς είσοδο δεδομένων από το χρήστη. Μερικά από αυτά, με την ανίχνευση των οχημάτων και της ταχύτητας τους, προσαρμόζουν την ταχύτητα του οχήματος και διατηρούν την πορεία του οχήματος εντός της λωρίδας κυκλοφορίας. Ένα τέτοιο σύστημα το οποίο δε στηρίζεται σε είσοδο δεδομένων από το χρήστη, αλλά από την περιβάλλουσα κατάσταση και από το σύστημα μεταφορών στο οποίο κινείται μέσα από κάποιες τεχνολογίες, θα οδηγήσει στην επίτευξη ασφαλούς και αποδοτικής μετακίνησης.

### 3.3.2 Αυτόματο σύστημα πέδησης

Το αυτόματο σύστημα πέδησης κάνοντας χρήση των δεδομένων που παίρνει από τους αισθητήρες και του συστήματος πέδησης, αποτρέπει τη σύγκρουση του οχήματος με άλλα οχήματα και εμπόδια. Μερικά από αυτά, έχουν σχεδιασθεί και ρυθμίζεται να ενεργοποιούν πλήρως τα φρένα, ενώ, άλλα να μειώνουν απλά την ταχύτητα αν εντοπισθεί εμπόδιο κατά την κατεύθυνση του οχήματος, χωρίς εντολή ή ενέργεια από το οδηγό.



ΕΙΚΟΝΑ 12: Η λειτουργία του αυτόματου συστήματος πέδησης [35].

Το σύστημα αυτό, μπορεί να διαχωριστεί ως προς την τεχνολογία ανίχνευσης που χρησιμοποιεί. Έτσι, υπάρχει το αυτόματο σύστημα πέδησης το οποίο λειτουργεί με laser, radar ή video. Έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να ανιχνεύουν τα αντικείμενα στην πορεία του οχήματος, να ελέγχεται η ταχύτητα του αντικειμένου και του οχήματος και τέλος να επιλέγεται η καταλληλότερη λειτουργία η οποία μπορεί να είναι η πλήρης ενεργοποίηση των φρένων ή η διατήρηση της πορείας. Ορισμένα συστήματα αυτόματης πέδησης χρησιμοποιούν τα δεδομένα από το παγκόσμιο σύστημα θεσηθεσίας. Όταν το όχημα έχει το προαναφερόμενο σύστημα και πρόσβαση σε μια βάση δεδομένων του συστήματος μεταφορών στο οποίο κινείται, το

αυτόματο σύστημα πέδησης μπορεί να ενεργοποιήσει τα φρένα προς αποφυγή σύγκρουσης.

Η αυτόματη πέδηση, παρέχει ασφάλεια σε περίπτωση απόσπασης της προσοχής του οδηγού του οχήματος στο οποίο λειτουργεί ή απόσπαση της προσοχής του οδηγού άλλου οχήματος. Οι οδηγοί οι οποίοι παραμένουν σε ετοιμότητα κατά την κυκλοφορία του οχήματος δε θα το χρειαστούν ποτέ και ίσως να μην αντιληφθούν ποτέ την ενεργοποίηση του συστήματος αυτόματης πέδησης, αλλά, το σύστημα αυτό αποτελεί σημαντικό παράγοντα διατήρησης της ασφάλειας.

### 3.3.3 Προηγμένο σύστημα στάθμευσης

Το προηγμένο σύστημα στάθμευσης, με τη χρήση των αισθητήρων ανίχνευσης του οχήματος, προσδιορίζει τον περιβάλλοντα χώρο του οχήματος και στη συνέχεια το υπολογιστικό σύστημα της εφαρμογής υπολογίζει τις γωνίες διεύθυνσης και την ταχύτητα του οχήματος ώστε το όχημα να κινηθεί με ασφάλεια προς το σημείο στάθμευσης. Με το σύστημα αυτό, ο οδηγός λαμβάνει προειδοποιήσεις μέσω ηχητικών μηνυμάτων ή μηνυμάτων στην βασική οθόνη του οχήματος για την αποφυγή επαφής με άλλα οχήματα και αντικείμενα.



ΕΙΚΟΝΑ 13:Η γραφική απεικόνιση του χώρου στάθμευσης (Opel Cascada) [36].



Κάποια από αυτά έχουν τη δυνατότητα να αναγνωρίζουν την πιθανή διαγράμμιση επί του οδοστρώματος σε θέσεις στάθμευσης, τα μη μεταλλικά αντικείμενα και να υποστηρίζουν παράλληλη στάθμευση ή στάθμευση μεταξύ ορίων (οχημάτων/αντικειμένων). Ορισμένα οχήματα που είναι εξοπλισμένα με αυτόματα συστήματα στάθμευσης διαθέτουν και κάμερα οπισθοπορίας, η οποία, βοηθάει σημαντικά τον οδηγό, ώστε, να έχει πλήρη επίγνωση του περιβάλλοντος πίσω από το αυτοκίνητο. Σε πολλές εφαρμογές προηγμένου συστήματος στάθμευσης, μέσα από τις γωνίες διεύθυνσης που επιλέγονται, στην οθόνη εμφανίζεται γραφικά ο χώρος στον οποίο μπορεί να σταθμεύσει το όχημα.

Τα νέα συστήματα αυτοματοποίησης της οδήγησης, εφοδιασμένα με αισθητήρες, οι οποίοι μηδενίζουν την πιθανότητα σύγκρουσης με τα εμπόδια κατά την πραγματοποίηση ελιγμών, ακόμα και όταν υπάρχει στενότητα χώρου, αποτέλεσαν το λόγο για το σχεδιασμό πλήρως αυτοματοποιημένου προγράμματος στάθμευσης σε κτίρια τα οποία παρέχουν θέσεις στάθμευσης οχημάτων. Έτσι ο οδηγός μπορεί να σταθμεύσει το όχημα του χωρίς να βρίσκεται μέσα σε αυτό. Ένα τέτοιο σύστημα αποτελεί το Remote Valet Parking Assistant της αυτοκινητοβιομηχανίας BMW [36].



ΕΙΚΟΝΑ 14:Σύστημα αυτόματης στάθμευσης Remote Valet Parking Assistant [37].

Ο οδηγός ενεργοποιεί το σύστημα αυτό, μέσα από εφαρμογή που λειτουργεί στο ρολόι προηγμένης τεχνολογίας (Smartwatch) το οποίο λαμβάνει κατά την παραλαβή του συστήματος. Δίνοντας εντολή από το ρολόι, το σύστημα RVPA αναγνωρίζει τα δομικά χαρακτηριστικά του κτιρίου στάθμευσης οχημάτων, μέσα από την αποτύπωση του ψηφιακού τοπογραφικού σχεδίου του κτιρίου, το οποίο επιτυγχάνει με τους αισθητήρες laser/radar και την επεξεργασία των δεδομένων με αλγορίθμους. Το σύστημα δε χρησιμοποιεί ποτέ τα δεδομένα του παγκόσμιου συστήματος θεσηθεσίας, διότι, συνήθως δεν είναι ακριβή σε πολυόροφα κτίρια. Καθοδηγεί το όχημα προς μια διαθέσιμη θέση στάθμευσης, αποφεύγοντας τα πιθανά εμπόδια, τα οποία, μπορεί να εμφανιστούν ξαφνικά, όπως, άνθρωποι και λανθασμένα σταθμευμένα οχήματα. Μόλις το όχημα φτάσει στη θέση στάθμευσης, κλειδώνει και αναμένει εντολές από τον οδηγό, ο οποίος μέσω του συστήματος εντολών του ρολογιού στο οποίο υπάρχει και η φωνητική εντολή μπορεί να το καλέσει. Το υπολογιστικό σύστημα της εφαρμογής RVPA, αφού δοθεί εντολή από το χρήστη πέρα των χωρικών ορίων του κτιρίου στάθμευσης μπορεί να υπολογίσει την απόσταση και τον ακριβή χρόνο μέχρι ο οδηγός να φτάσει στο κτίριο στάθμευσης αυτοκινήτων ερχόμενος από αλλού και να ξεκινήσει την αυτόματη κίνηση του οχήματος. Με τον τρόπο αυτό το όχημα μπορεί να φτάσει στην έξοδο του κτιρίου στάθμευσης την ώρα, την οποία, θα φτάσει και ο χρήστης.

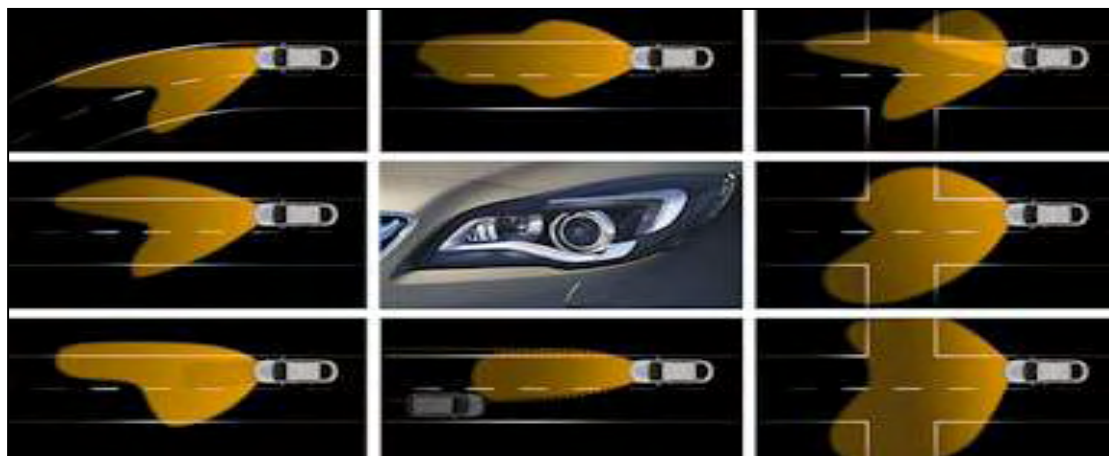
#### **3.3.4 Προσαρμοζόμενο σύστημα λειτουργίας των προβολέων**

Οι συνήθεις προβολείς φωτίζουν πάντα το δρόμο ακριβώς μπροστά από το αυτοκίνητο. Σε κάποιες περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση ανάβασης λόφου, οι συνήθεις προβολείς θα φωτίσουν το αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας,



θαμπώνοντας πολλές φορές με τον τρόπο αυτό τους οδηγούς του αντίθετου ρεύματος κυκλοφορίας.

Σε κάποιες άλλες περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα, στην περίπτωση οδικού δικτύου με ανεπαρκή ή μηδαμινό φωτισμό, όταν το όχημα εκτελεί πορεία σε κλειστή στροφή, ο οδηγός του οχήματος δυσκολεύεται γιατί δεν έχει πλήρη επίγνωση της πλευράς του οδοστρώματος κατά την οποία στρίβει καθώς οι προβολείς φωτίζουν την περιοχή ακριβώς μπροστά από το όχημα. Αυτή η κατάσταση μπορεί να τον οδηγήσει στην ενεργοποίηση της υψηλής σκάλας των προβολέων θαμπώνοντας με τον τρόπο αυτό τους οδηγούς των οχημάτων στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Για τους παραπάνω λόγους, σχεδιάστηκε το προσαρμοζόμενο σύστημα λειτουργίας των προβολέων του οχήματος, το οποίο, επιτρέπει στους προβολείς να περιστρέφονται και να προσαρμόζονται έτσι, ώστε, να φωτιστεί επαρκώς το οδόστρωμα.



ΕΙΚΟΝΑ 15: Προσαρμοζόμενο σύστημα λειτουργίας των προβολέων AFL+ [38].

Το σύστημα αυτό, προσαρμόζει την κατεύθυνση και την ένταση του φωτός από τους προβολείς σύμφωνα με τις καιρικές συνθήκες, τις συνθήκες φωτισμού του οδικού δικτύου, την παρουσία άλλων οχημάτων και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού (κατακόρυφη κλίση, στροφές). Το σύγχρονο σύστημα προσαρμογής των προβολέων του οχήματος, χρησιμοποιεί τα δεδομένα των αισθητήρων του οχήματος,

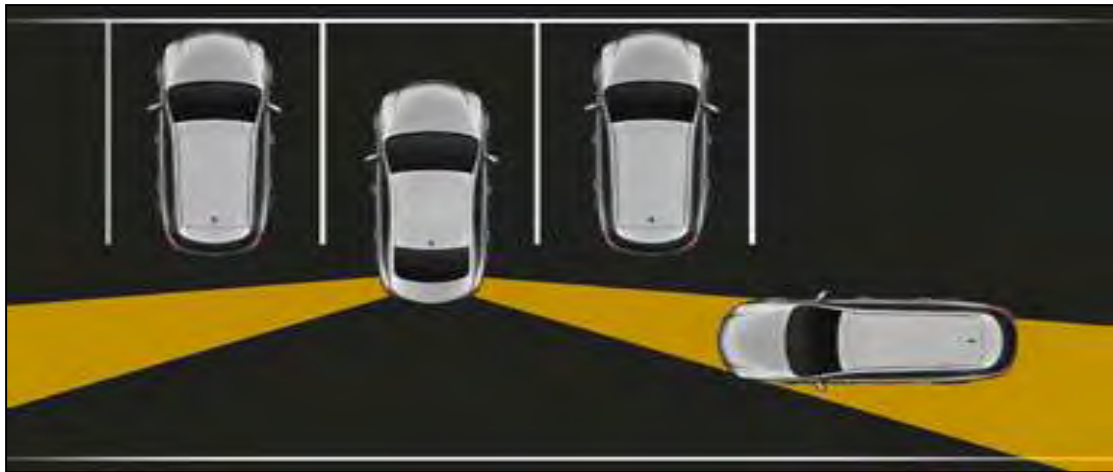
προσδιορίζει την κίνηση και την περιβάλλουσα κατάσταση του οχήματος και ακολούθως ρυθμίζει την κατεύθυνση και τη φωτεινότητα των προβολέων του οχήματος. Το σύστημα των προσαρμοζόμενων προβολέων προσδίδει σημαντικό όφελος στην ασφαλή κυκλοφορία των οχημάτων.

### **3.3.5 Ανίχνευση τυφλού σημείου**

Η ύπαρξη των επονομαζόμενων τυφλών σημείων, μπορεί να αποτελέσει το λόγο δυσμενών συνθηκών κυκλοφορίας του οχήματος με πιθανή κατάληξη σε οδικό ατύχημα. Τα τυφλά σημεία είναι περιοχές κοντά στο όχημα οι οποίες, παράλληλα, αποτελούν μεγάλες περιοχές. Μπορούν να σχηματιστούν από τους άξονες του παραθύρου, τη θέση των επιβατών, τα προσκέφαλα και άλλα αντικείμενα εντός και εκτός του οχήματος. Σε μια μέτρια απόσταση, ένα τυφλό σημείο που προκαλείται από ένα εμπόδιο, μπορεί να καλύψει και να εμποδίσει την ορατότητα μεγάλων περιοχών.

Οι καθρέπτες του οχήματος συμβάλουν στην ασφαλή κίνηση του οχήματος, αλλά, αφήνουν περιοχές μη ορατές από τον οδηγό του οχήματος. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος υπάρχει η λύση τοποθέτησης κυρτών κατόπτρων που επιτρέπει στον οδηγό να έχει ορατότητα πολλών τυφλών σημείων. Στην περίπτωση αυτή όμως, το είδωλο των αντικειμένων στον καθρέπτη είναι παραμορφωμένο και για το λόγο αυτό είναι δύσκολο ο οδηγός να αντιληφθεί την πραγματική απόσταση.

Οι τεχνολογίες ανίχνευσης τυφλού σημείου παρέχουν πληροφορίες στον οδηγό για αντικείμενα που βρίσκονται στις περιοχές αυτές χρησιμοποιώντας δεδομένα που λαμβάνουν από αισθητήρες και κάμερες που τοποθετούνται στο όχημα.



ΕΙΚΟΝΑ 16:Ανίχνευση τυφλού σημείου με χρήση αισθητήρων [39].

Αυτές οι πληροφορίες, παρέχονται στον οδηγό μέσα από εικόνες στην κεντρική οθόνη της μονάδας ή άλλη οθόνη, μέσα από ηχητικές προειδοποιήσεις και μέσα από εικονικές προειδοποιήσεις που εμφανίζονται στη γωνία του κεντρικού εσωτερικού κατόπτρου. Με τον τρόπο αυτό οι οδηγοί βοηθούνται στην αποφυγή κινήσεων του οχήματος οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε δυσμενείς συνθήκες και τροχαία ατυχήματα.

### 3.3.6 Προηγμένο σύστημα αποφυγής σύγκρουσης

Στο προηγμένο σύστημα αποφυγής σύγκρουσης, μέσα από ένα σύνολο δεδομένων, τα οποία, λαμβάνονται από τις τεχνολογίες ανίχνευσης του οχήματος, εντοπίζονται τα αντικείμενα τα οποία βρίσκονται στην κατεύθυνση του οχήματος, προσδιορίζεται η απόσταση μεταξύ του οχήματος και του αντικειμένου, οι ταχύτητες τους και παρέχονται στον οδηγό ηχητικές προειδοποιήσεις, οπτικές προειδοποιήσεις στις οθόνες του οχήματος ή και σε μερικά συστήματα είναι ρυθμισμένη από τον οδηγό ή τις εργοστασιακές ρυθμίσεις η δυνατότητα προφόρτισης των φρένων και η αύξηση της έντασης στις ζώνες ασφαλείας.



ΕΙΚΟΝΑ 17:Οι φάσεις λειτουργίας του συστήματος αποφυγής σύγκρουσης [40].

Τα συστήματα αποφυγής συγκρούσεων είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν κάτω από μια κατευθυντήρια αρχή, ώστε, να μειώσουν τη σοβαρότητα ακόμα και των αναπόφευκτων συγκρούσεων. Όπως προαναφέρθηκε, ανάλογα με την τεχνολογία με την οποία λειτουργεί το σύστημα αποφυγής σύγκρουσης, μπορεί απλά να προειδοποιήσει τον οδηγό μέσα από ηχητικά και εικονικά μηνύματα ή να πραγματοποιήσει διορθωτικές ενέργειες.

Το σύστημα αυτό, λαμβάνει πληροφορίες και δεδομένα από τους τοποθετημένους στο όχημα αισθητήρες τεχνολογίας laser ή radar. Το λογισμικό του συστήματος, σύμφωνα με τα δεδομένα που λαμβάνει, προσδιορίζει εάν υπάρχει εμπόδιο στην πορεία του οχήματος, συγκρίνει την ταχύτητα του οχήματος με την ταχύτητα του εμποδίου και εκτελεί ενέργειες προς αποφυγή σύγκρουσης.

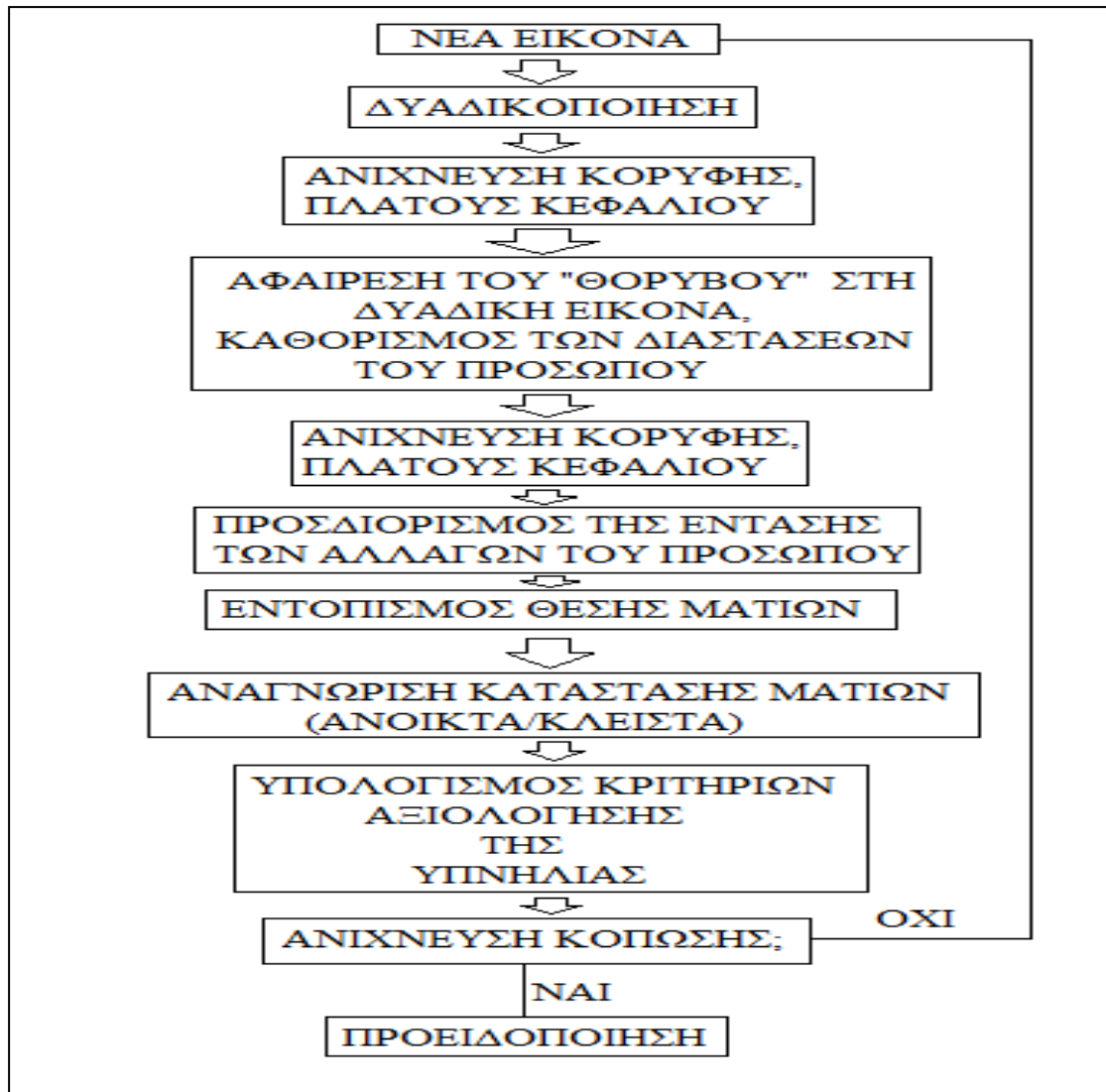
Ένα σύστημα αποφυγής σύγκρουσης μπορεί να αλληλεπιδράσει με τους προσαρμοζόμενους προβολείς του οχήματος, τους αυτόματους προεντατήρες των ζωνών ασφαλείας, τις οθόνες πληροφόρησης εντός οχήματος και το αυτόματο σύστημα πέδησης.

### 3.3.7 Σύστημα ανίχνευσης κόπωσης και υπνηλίας

Το σύστημα ανίχνευσης κόπωσης και υπνηλίας, μέσω αισθητήρων που ελέγχουν τον οδηγό και κυρίως το κεφάλι του, εντοπίζουν νεύματα ή κινήσεις που μεταφράζονται ως απόσπαση της προσοχής του οδηγού, κόπωση ή υπνηλία του οδηγού. Στην περίπτωση την οποία το σύστημα ανιχνεύσει τέτοιου είδους σημάδια, λαμβάνει κάποια διορθωτικά μέτρα.

Υπάρχουν πολλές τεχνολογίες ανίχνευσης κόπωσης/ υπνηλίας, οι οποίες, παρέχονται από διαφορετικές κατασκευαστικές εταιρείες. Η πιο συνηθισμένη τεχνολογία που χρησιμοποιείται είναι αυτή, η οποία, λειτουργεί μια κάμερα στην περιοχή, όπου, βρίσκονται οι μετρητές των χαρακτηριστικών κίνησης (ταχύμετρο, στροφόμετρο, μετρητής καυσίμων), η οποία, ελέγχει την αριστερή και δεξιά πλευρά της λωρίδας κυκλοφορίας. Με την εξέταση της λωρίδας κυκλοφορίας, της σήμανσης και άλλων εισροών, μέσα από αλγόριθμους πραγματοποιείται εξέταση και διάκριση των κινήσεων του οδηγού ώστε να εντοπιστεί αν οι κινήσεις αυτές αποτελούν σημάδια κόπωσης.

Άλλες τεχνολογίες, πέρα από τον έλεγχο των κινήσεων του οδηγού και της διατήρησης κίνησης του οχήματος εντός λωρίδας κυκλοφορίας, παρακολουθούν το κεφάλι του οδηγού, ανιχνεύοντας πιθανή κόπωση και υπνηλία από την κίνηση των βλεφάρων και την επιβράδυνση των μυών του προσώπου [41].

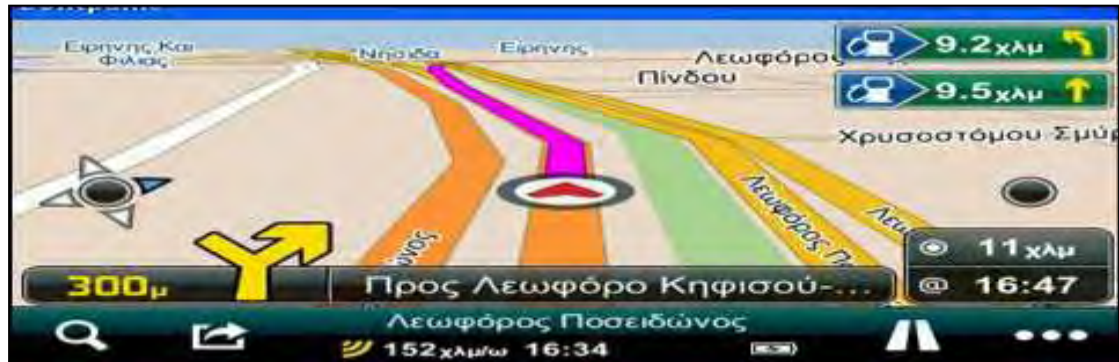


ΣΧΗΜΑ 4: Διαδικασία αλγορίθμου ανίχνευσης κόπωσης με ανίχνευση ματιών [41].

Από τη στιγμή που το σύστημα ανιχνεύσει σημάδια κόπωσης, θα πραγματοποιήσει μια σειρά διαδικασιών. Συνήθως, αρχικά ενεργοποιείται ειδοποίηση με χτύπημα ενός κουδουνιού και φωτισμό της περιοχής των μετρητών κίνησης. Η ειδοποίηση αυτή θα συνεχίσει αυξάνοντας την ένταση του κουδουνιού και θα σταματήσει μόνο όταν παρουσιαστεί αλληλεπίδραση του οδηγού με το όχημα ή όταν ο οδηγός πραγματοποιήσει στάση και ανοίξει την πόρτα ή σβήσει τον κινητήρα.

### 3.3.8 Σύστημα πλοήγησης με χρήση παγκόσμιου συστήματος θεσηθεσίας

Το σύστημα πλοήγησης το οποίο χρησιμοποιεί τα δεδομένα του παγκόσμιου συστήματος θεσηθεσίας, παρέχει οδηγίες κίνησης του οχήματος στον οδηγό.



ΕΙΚΟΝΑ 18:Πλοήγησημε Ginius Driver Dont Panic Edition GR G1-1000 [42].

Η εφαρμογή του συστήματος πλοήγησης λειτουργεί παρέχοντας πληροφορίες κίνησης στον ψηφιακό οδικό χάρτη στη κεντρική οθόνη του οχήματος και στην πλειοψηφία πλέον των συστημάτων πλοήγησης, μέσα από φωνητικές οδηγίες.

### 3.3.9 Σύστημα κατάβασης λόφου

Το σύστημα κατάβασης λόφου, αποτελεί μια τεχνολογία η οποία έχει σχεδιαστεί ώστε να διευκολύνει τον οδηγό να πραγματοποιήσει ασφαλή οδήγηση του οχήματος του σε οδούς με μεγάλες και απότομες κατακόρυφες κλίσεις. Λειτουργεί μέσα από την ενεργοποίηση του συστήματος πέδησης. Ορισμένα συστήματα κατάβασης λόφου επιτρέπουν την τροποποίηση της ταχύτητας αλληλεπιδρώντας με το προσαρμοζόμενο σύστημα ελέγχου πορείας και τα περισσότερα σταματούν να λειτουργούν στην περίπτωση που ο οδηγός πατήσει τα πετάλ γκαζιού ή φρένου.

Ο σκοπός του συστήματος κατάβασης λόφου είναι ο έλεγχος της ταχύτητας του οχήματος το οποίο κινείται σε μια κατηφόρα ώστε να μη χάσει την πρόσφυση.



Μπορεί να ενεργοποιεί τα φρένα σε κάθε τροχό ξεχωριστά με κλείδωμα ή αποδέσμευση μεμονομένων τροχών για να διατηρήσει την πρόσφυση.



ΕΙΚΟΝΑ 19: Διακόπτης συστήματος κατάβασης λόφου (FORD [43], NISSAN [44]).

Στην πλειοψηφία των διαθέσιμων συστημάτων κατάβασης λόφου, η ενεργοποίηση του πραγματοποιείται με το πάτημα ενός κουμπιού ή την αλλαγή θέσης ενός διακόπτη. Η ταχύτητα του οχήματος, όπως προαναφέρθηκε ρυθμίζεται από το προσαρμοζόμενο σύστημα ελέγχου πορείας ή από το πάτημα του πετάλ γκαζιού ή φρένου.

### 3.3.10 Ευφυής προσαρμογή ταχύτητας

Η οδήγηση με ταχύτητα μεγαλύτερη ή μικρότερη του ορίου ταχύτητας αυξάνει τον κίνδυνο ατυχημάτων στο οδικό δίκτυο. Για τη λειτουργία των συστημάτων ευφυούς προσαρμογής, απαιτείται το όχημα να διαθέτει τεχνολογία προσδιορισμού της τοποθεσίας στην οποία κινείται όπως το παγκόσμιο σύστημα θεσηθεσίας και συστήματα αλληλεπίδρασης του οχήματος με ραδιοφάρους ή οπτικά συστήματα αναγνώρισης. Η πιο συνηθισμένη μεθοδολογία είναι αυτή των δεδομένων του παγκόσμιου συστήματος θεσηθεσίας από τους δέκτες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στα οχήματα. Με το παγκόσμιο σύστημα θεσηθεσίας, υπολογίζεται η ταχύτητα σύμφωνα με τη χρονική στιγμή που το όχημα βρίσκεται σε σημεία του οδικού δικτύου.



Ο προσδιορισμός της επιτρεπόμενης ταχύτητας με χρήση δεδομένων του παγκόσμιου συστήματος θεσηθεσίας, είναι ο πιο εύκολος τρόπος, αλλά μπορεί να παρουσιάσει σφάλματα. Ένα τέτοιο σφάλμα αποτελεί, η περίπτωση που το παγκόσμιο σύστημα θεσηθεσίας προσδιορίζει τη θέση του οχήματος εσφαλμένα πάνω σε αυτοκινητόδρομο ενώ αυτό κινείται σε οδικό δίκτυο ή περιοχή πλησίον του αυτοκινητοδρόμου και το αντίθετο. Τότε το όχημα μπορεί να επιταχύνει ή να επιβραδύνει και να κινηθεί με ταχύτητα επικίνδυνη για τον τύπο του οδικού δικτύου στο οποίο πραγματικά βρίσκεται. Ένα ευφύες σύστημα προσαρμογής της ταχύτητας για να λειτουργήσει ορθά, χρειάζεται σημαντικές επενδύσεις στις υποδομές, όπως, η εφαρμογή ραδιοφάρων και οπτικών συστημάτων αναγνώρισης.

Με τον τρόπο αυτό, το σύστημα θα είναι διαρκώς ενημερωμένο για την μεταφορική υποδομή στην οποία κινείται το όχημα και η αυξομείωση της ταχύτητας θα πραγματοποιείται μέσα από ενέργειες του οδηγού ή αυτόματα από το σύστημα προσαρμογής της ταχύτητας. Όπως προαναφέρθηκε, η μέθοδος ενημέρωσης του συστήματος με ραδιοφάρους και οπτικές συσκευές αναγνώρισης είναι περισσότερο ακριβής, αλλά ο εξοπλισμός είναι περισσότερο ευάλωτος σε βλάβη.



ΕΙΚΟΝΑ 20: Ραδιοφάρος και κάμερα αναγνώρισης πινακίδας ALPR [46].

### 3.4 Προηγμένο σύστημα δημόσιων συγκοινωνιών

Η εξέλιξη των τεχνολογιών και η είσοδος τους στα συστήματα μεταφορών, είχε ως αποτέλεσμα τη ζήτηση και την ανάπτυξη προηγμένου συστήματος δημόσιων συγκοινωνιών, το οποίο, έχει ως στόχο τη βελτίωση της λειτουργίας και της αποτελεσματικότητας των μεταφορικών συστημάτων δημόσιων συγκοινωνιών και των υπηρεσιών τους.

Με το σχεδιασμό και τη λειτουργία προηγμένων συστημάτων στις δημόσιες συγκοινωνίες, δίνεται η δυνατότητα σχεδιασμού, ελέγχου και βελτίωσης των υπηρεσιών που παρέχονται από τα δημόσια μέσα μαζικής μεταφοράς, ώστε, οι υπηρεσίες να είναι ευέλικτες, αποτελεσματικές και ασφαλείς [47].

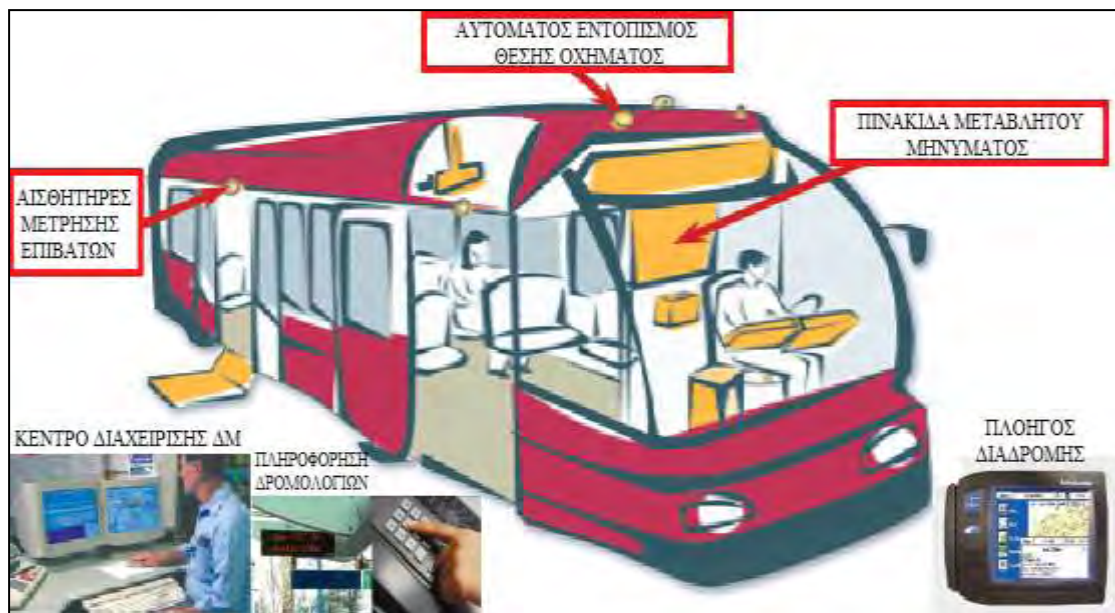
Με τη λειτουργία προηγμένων τεχνολογιών παρακολούθησης και καταγραφής, συλλέγονται στο κέντρο διοίκησης/ διαχείρισης του συστήματος δημόσιων μεταφορών τα πραγματικά δεδομένα κυκλοφορίας του οδικού δικτύου και της ζήτησης για δημόσιες μεταφορές. Ακολούθως, εξετάζονται με τη λειτουργία λογισμικού διαχείρισης και οργάνωσης. Μετά τη μελέτη των προαναφερόμενων δεδομένων, παρέχονται στους χρήστες του συστήματος δημόσιων μεταφορών πληροφορίες και λύσεις για την επιτυχή ολοκλήρωση της μετακίνησής τους. Με άλλα λόγια, το κέντρο διαχείρισης των δημόσιων μέσων μαζικής μεταφοράς:

1. εξετάζει την υπάρχουσα κατάσταση της κυκλοφορίας και της ζήτησης των υπηρεσιών του,
2. μελετά πιθανές αλλαγές και λύσεις, οι οποίες, θα καταστήσουν το σύστημα περισσότερο αποδοτικό, ευέλικτο και προσελκίσιμο,
3. εξασφαλίζει τη σύνδεση των δρομολογίων,
4. ενισχύει την ασφάλεια των μετακινήσεων και

5. παρέχει πληροφόρηση στους χρήστες του συστήματος για τα σημεία αφετηρίας και τερματισμού των δρομολογίων, για το χρονοδιάγραμμα των δρομολογίων, το κόστος της μετακίνησης και τα σημεία όπου τα οχήματα δημόσιων μεταφορών πραγματοποιούν στάσεις.

Οι υπηρεσίες πληροφοριών του συστήματος δημόσιων συγκοινωνιών παρέχουν ενημέρωση στο χρήστη τόσο πριν την έναρξη της μετακίνησης με πληροφορίες μέσω εφαρμογών στο διαδίκτυο και στους τερματικούς σταθμούς (ιστοχώρος του συστήματος, πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων, οθόνες προβολής χρονοδιαγράμματος των δρομολογίων), όσο και κατά τη διάρκεια της μετακίνησης (πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων εντός οχήματος δημόσιων μεταφορών, ιστοχώρος, αυτοματοποιημένη αναγγελία στάσεων). Με τον τρόπο αυτό, οι μετακινούμενοι θα διευκολυνθούν στη λήψη αποφάσεων πριν την έναρξη της μετακίνησης αλλά και την τροποποίηση της κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης της.

Ένα ολοκληρωμένο προηγμένο σύστημα δημόσιων συγκοινωνιών περιλαμβάνει ένα κεντρικό λειτουργικό/ λογισμικό σύστημα, τεχνολογίες εντός των οχημάτων και τις αναγκαίες διασυνδέσεις. Οι τεχνολογίες οι οποίες απαιτούνται να τοποθετηθούν στα οχήματα και τις εγκαταστάσεις των δημόσιων μεταφορών ώστε να πραγματοποιηθεί σωστή διαχείριση του συστήματος είναι ο αυτόματος εντοπισμός θέσης του οχήματος, οι μετρητές επιβατών, το σύστημα ανακοινώσεων και πληροφόρησης των χρηστών εντός και εκτός οχημάτων δημόσιων μεταφορών, το σύστημα κατανομής που χρησιμοποιείται στο κέντρο διαχείρισης του συστήματος, το σύστημα επικοινωνίας του οδηγού με το κέντρο διαχείρισης και τις εφαρμογές πλοήγησης του οχήματος.



ΕΙΚΟΝΑ 21: Προηγμένα συστήματα στις δημόσιες μεταφορές [48].

Ο αυτόματος εντοπισμός θέσης του οχήματος πραγματοποιείται με χρήση του παγκόσμιου συστήματος θεσηθεσίας. Έτσι, παρακολουθείται η πορεία του οχήματος δημόσιων μεταφορών και αποστέλλονται τα δεδομένα κίνησης στο σύστημα κατανομής που χρησιμοποιείται. Οι μετρητές επιβατών πραγματοποιούν μέτρηση των ατόμων οι οποίοι επιβιβάζονται και αποβιβάζονται στους τερματικούς σταθμούς και στις στάσεις των δρομολογίων με χρήση αισθητήρων στις εισόδους/ εξόδους του οχήματος. Το σύστημα ανακοινώσεων αναγγέλει ηχητικά και προβάλλει στις οθόνες μεταβλητών μηνυμάτων τις στάσεις των δρομολογίων καθώς και άλλες πληροφορίες που εισάγονται από το κέντρο διαχείρισης του συστήματος δημόσιων μεταφορών. Το λειτουργικό σύστημα, το οποίο, χρησιμοποιείται στο κέντρο, βελτιώνει την αποτελεσματικότητα των εργασιών, την ταχύτητα αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης και την επικοινωνία των φορέων του συστήματος. Οι εφαρμογές πληροφόρησης των μετακινούμενων εμφανίζουν τα δεδομένα κυκλοφορίας των οχημάτων δημόσιων μεταφορών σε πραγματικό χρόνο στους τερματικούς, εντός οχήματος και στο παγκόσμιο διαδίκτυο.

Με το σύστημα επικοινωνίας του οδηγού με το κέντρο διαχείρισης, ενημερώνεται ο οδηγός για πιθανές αλλαγές του τρόπου και της πορείας που θα ακολουθήσει. Οι πληροφορίες αυτές, μπορούν να εισαχθούν και στις εφαρμογές πλοήγησης που χρησιμοποιεί ο οδηγός στις οποίες συνήθως προβάλλονται οι πληροφορίες κίνησης του σταθερού δρομολογίου.



ΕΙΚΟΝΑ 22: Πληροφόρηση δρομολογίων δημοσίων μεταφορών [49].

Για τις διαδικασίες συναλλαγής και τη διευκόλυνση των χρηστών εντός οχήματος, μπορούν να τοποθετηθούν αυτόματα συστήματα πληρωμής που «ακυρώνουν» ειδικές κάρτες πίστωσης, τις οποίες, φέρουν οι χρήστες. Οι ειδικές κάρτες, μπορούν να αποκτηθούν έπειτα από αίτηση των χρηστών στο κέντρο διαχείρισης του συστήματος δημόσιων συγκοινωνιών. Με αυτό το σύστημα, λαμβάνεται το αντίστοιχο ποσό της διαδρομής και παράλληλα δημιουργείται το επιβατικό προφίλ των μετακινήσεων του χρήστη, το οποίο, μπορεί να βοηθήσει τους φορείς των δημόσιων συγκοινωνιών στη διαχείριση των δρομολογίων.

### **3.5 Προηγμένο σύστημα εμπορευματικών μεταφορών**

Ο στόχος ενός προηγμένου συστήματος εμπορευματικών μεταφορών είναι, η βελτίωση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας των εμπορευματοφόρων οχημάτων, των λειτουργιών τους και του οδικού δικτύου στο οποίο κινούνται [50].

Ένα τέτοιο σύστημα περιλαμβάνει εφαρμογές τεχνολογιών και διαδικασίες, οι οποίες, βοηθούν τις επιχειρήσεις, οι οποίες, διαθέτουν στόλο εμπορευματοφόρων οχημάτων και τους υπεύθυνους επιβολής του νόμου. Ακολούθως, γίνεται αναφορά αυτών των διαδικασιών.

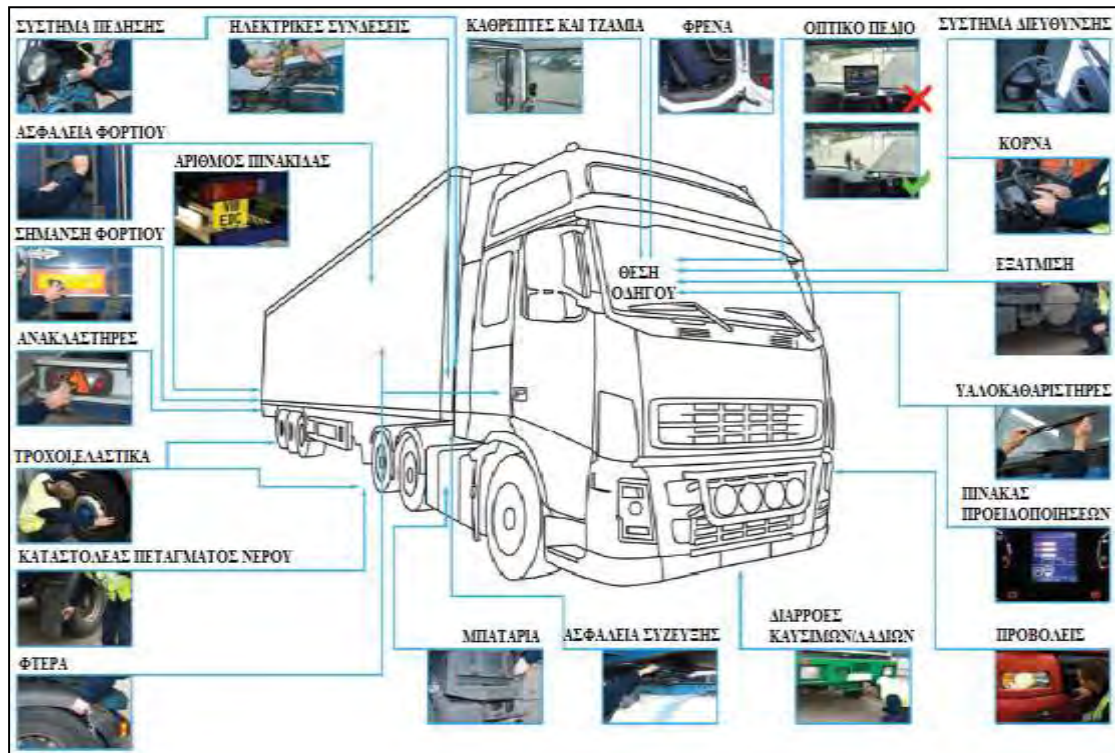
Οι επιχειρήσεις στόλου εμπορευματοφόρων οχημάτων αποστέλουν ηλεκτρονικά τα δεδομένα της μετακίνησης, δηλαδή, τον τύπο του φορτίου και του οχήματος, το μέγεθος του και το συνολικό βάρος φορτίου και οχήματος. Η υπηρεσία του συστήματος μεταφορών εξετάζει τα δεδομένα αυτά και ορίζει αν απαιτείται επιθεώρηση. Οι παράνομες ή δυνητικά μη ασφαλείς μεταφορές εξετάζονται σε ειδικούς σταθμούς ζύγισης και άλλα σημεία επιθεώρησης του συστήματος μεταφορών και πολλές φορές σχεδιάζεται μια ασφαλής παράκαμψη πορείας του εμπορευματοφόρου οχήματος, ώστε, να πραγματοποιηθεί ασφαλής κυκλοφορία τόσο του εμπορευματοφόρου οχήματος όσο και των άλλων οχημάτων στο οδικό σύστημα μεταφορών. Στους σταθμούς επιθεώρησης, πραγματοποιείται γρήγορος και ακριβής έλεγχος με χρήση αυτοματοποιημένων συστημάτων ελέγχου του συστήματος πέδησης, του τιμονιού και της απόδοσης του οχήματος στις ενέργειες του οδηγού.

Όπως και στα άλλα οχήματα, έτσι και στα εμπορευματοφόρα λειτουργούν τα συστήματα υποβοήθησης του οδηγού και συστήματα ελέγχου του φορτίου με αισθητήρες, τα οποία ενημερώνουν τον οδηγό και τον υπεύθυνο φορέα του εμπορευματικού στόλου αν προκύψει μια επικίνδυνη κατάσταση στο όχημα ή το φορτίο κατά την κίνηση του οχήματος. Έτσι ελέγχεται η ακεραιότητα του οχήματος και του φορτίου.

Πολλές φορές, ο τύπος και η ποσότητα του φορτίου αποτελεί αιτία λήψης έγκαιρων μέτρων. Στην περίπτωση μεταφοράς ποσότητας επικίνδυνων υλικών, το



κέντρο διαχείρισης του συστήματος μεταφορών σχεδιάζει την περισσότερο ασφαλή και ανεμπόδιστη πορεία του εμπορευματοφόρου οχήματος και την ελέγχει στενά μέσα από τεχνολογίες παρακολούθησης στο οδικό δίκτυο και τεχνολογίες εξέτασης του οχήματος σε εγκαταστάσεις ελέγχου παρά του οδικού δικτύου.



ΕΙΚΟΝΑ 23:Εξεταζόμενα μέρη ενός φορτηγού οχήματος στην επιθεώρηση [51].

### 3.6 Προηγμένο σύστημα διαχείρισης έκτακτης ανάγκης

Η υπηρεσία διαχείρισης έκτακτης ανάγκης έχει τρεις βασικές λειτουργίες [1]:

1. Η πρώτη λειτουργία είναι η παρακολούθηση των συνθηκών του οδικού δικτύου του συστήματος μεταφορών, με τεχνολογίες εικόνας και βίντεο, ώστε, να γνωστοποιηθεί άμεσα στους φορείς του συστήματος ένα τροχαίο συμβάν.
2. Η δεύτερη λειτουργία είναι η κοινοποίηση του περιστατικού από το κέντρο διαχείρισης του μεταφορικού συστήματος στους χρήστες του οδικού δικτύου. Με τον τρόπο αυτό, το κέντρο διαχείρισης του οδικού δικτύου γνωστοποιεί στους

χρήστες το περιστατικό μέσα από μηνύματα στις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων και στη ραδιοφωνική συχνότητα του συστήματος μεταφοράς, παρέχοντας τους παράλληλα τις καταλληλότερες οδηγίες κίνησης και αποφυγής του συμβάντος. Η λειτουργία αυτή, επιτυγχάνει την ασφαλή κίνηση των οχημάτων τα οποία δε συμμετείχαν στο περιστατικό.

3. Η τρίτη λειτουργία, είναι η διαχείριση των οχημάτων έκτακτης ανάγκης. Με τις τεχνολογίες επικοινωνιών που έχουν αναπτυχθεί, το προσωπικό έκτακτης ανάγκης ενημερώνεται ταχύτατα, ώστε, να φθάσει έγκαιρα στο σημείο του συμβάντος και να προβεί στις ανάλογες ενέργειες.

### **3.7 Προηγμένο σύστημα διαχείρισης συντήρησης και κατασκευών**

Η υπηρεσία αυτή, έχει ως στόχο την οργάνωση του στόλου των οχημάτων κατασκευών/συντήρησης και την παροχή πληροφοριών διορθωτικών ενεργειών στους χρήστες ώστε να επιτευχθεί η ολοκλήρωση των κατασκευών και της συντήρησης του οδικού δικτύου παράλληλα με την ασφαλή κυκλοφορία των οχημάτων σε αυτό.

Στο σύστημα διαχείρισης των κατασκευών, έπειτα από τη μελέτη των ληφθέντων δεδομένων, τα οποία, αφορούν την κατάσταση του οδοστρώματος και του οδικού δικτύου, αποφασίζεται από τους υπεύθυνους φορείς του οδικού δικτύου αν απαιτούνται εργασίες και εκτελούνται δύο βασικές λειτουργίες [51]:

1. Η πρώτη λειτουργία, αποτελεί την κοινοποίηση των εργασιών κατασκευής/συντήρησης μέσα από ενημερωτικά μηνύματα στις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων και τη ραδιοφωνική συχνότητα του συστήματος μεταφοράς και την καθοδήγηση των οδηγών ώστε να πραγματοποιήσουν ασφαλή, άνετη και αδιάλειπτη κυκλοφορία των οχημάτων τους.



2. Η δεύτερη λειτουργία, αποτελεί τη διαχείριση των οχημάτων κατασκευής/ συντήρησης του συστήματος μεταφοράς με χρήση προηγμένων συστημάτων επικοινωνίας, ώστε, να φθάσουν στο σημείο όπου απαιτείται ή έχει προγραμματιστεί συντήρηση, επιδιόρθωση ή νέα κατασκευή για τη βελτίωση του οδικού δικτύου.

## Κεφάλαιο 4 Μεγάλα δεδομένα

### 4.1 Χαρακτηριστικά των μεγάλων δεδομένων

Η αλματώδης αύξηση των δεδομένων τα οποία συλλέγονται, επεξεργάζονται και διανέμονται, αποτέλεσε το λόγο αναζήτησης λύσης για την επεξεργασία και αποθήκευση τους. Τα τεράστια αυτά σύνολα δεδομένων και οι μέθοδοι ανάλυσης τους ονομάζονται μεγάλα δεδομένα και απαιτούν ειδική γνώση πάνω στους τομείς της στατιστικής, της πληροφορικής και της διοίκησης επιχειρήσεων. Με την ανάλυση μεγάλων δεδομένων, παρέχεται σαφή εικόνα της πραγματικής κατάστασης του θέματος που μελετάται και επιτυγχάνεται η πρόβλεψη μελλοντικών καταστάσεων, έπειτα από αλλαγές των χαρακτηριστικών του. Δεν υπάρχει σαφής ορισμός για τα μεγάλα δεδομένα παρά μόνο ο χαρακτηρισμός τους μέσα από τα βασικά χαρακτηριστικά τους και τις ιδιότητες που τα διέπουν. Αυτά τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες περιγράφονται ακολούθως:

1. Πρώτο και βασικό χαρακτηριστικό των μεγάλων δεδομένων αποτελεί ο όγκος των δεδομένων, από τον οποίο και πήρε την ονομασία «μεγάλα» [51]. Η συνεχής συλλογή δεδομένων από τις διάφορες πηγές και ταυτόχρονα η διατήρηση των παλαιότερα συλλεχθέντων, ήταν ο λόγος δημιουργίας τεράστιων συνόλων δεδομένων, τα οποία, έπρεπε να αναλυθούν, να διανεμηθούν και να αποθηκευθούν. Με την εξέλιξη των τεχνολογιών και τη δημιουργία «χώρων», ικανών να αποθηκεύσουν αυτούς τους τεράστιους όγκους δεδομένων το πρόβλημα μετατέθηκε στο τρόπο ανάλυσης και διαχείρισης τους.
2. Η ταχύτητα με την οποία τα δεδομένα παράγονται και διανέμονται, αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό των μεγάλων δεδομένων. Για να επιτευχθεί η

επεξεργασία των δεδομένων πραγματικού χρόνου με γρήγορη ταχύτητα, έτσι ώστε, να παραχθούν αποτελέσματα που θα έχουν σημαντικό αντίκτυπο στις διάφορες καταστάσεις μελέτης, η ταχύτητα μεταφοράς και επεξεργασίας τους πρέπει να είναι πολύ μεγάλη. Για το λόγο αυτό, σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν υπολογιστικά συστήματα, αλγόριθμοι και υποδομές, με ικανότητα ανάλυσης των δεδομένων πραγματικού χρόνου αυτόματα, γρήγορα και με μεγάλη ακρίβεια.

3. Λόγω της λήψης των δεδομένων από πολλές και διαφορετικές πηγές ένα βασικό χαρακτηριστικό των μεγάλων δεδομένων αποτελεί η ποικιλομορφία. Τα δεδομένα μπορεί να προέρχονται από διαφορετικές βάσεις δεδομένων, να εξάγονται από διαφορετικές εφαρμογές ανίχνευσης και ανάλυσης ή ακόμα και να βρίσκονται σε αδόμητη μορφή. Η ποικιλία αποτελεί πολύ βασικό χαρακτηριστικό των μεγάλων δεδομένων και η διαχείριση τους αποτελεί μεγάλη πρόκληση για τον τομέα των μεταφορών.
4. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα δεδομένα προέρχονται από πολλές και διαφορετικές πηγές συλλογής. Για το λόγο αυτό, πολλά δεδομένα μπορεί να είναι ανακριβή, αναξιόπιστα και πολλές φορές μη χρήσιμα. Σημαντικό χαρακτηριστικό των μεγάλων δεδομένων αποτελεί η εγκυρότητα. Μέσα από διαδικασίες ελέγχου, διαπιστώνεται ποια δεδομένα είναι ακριβή, αξιόπιστα και χρήσιμα για ανάλυση έτσι, ώστε, τα αποτελέσματα της επεξεργασίας τους να είναι έγκυρα και να παρέχουν γνώση πάνω στο θέμα που εξετάζεται.
5. Ένα ακόμα βασικό χαρακτηριστικό των μεγάλων δεδομένων αποτελεί η μεταβλητότητα τους [53]. Μεταβλητότητα, σημαίνει ότι τα δεδομένα δεν παρουσιάζουν ομαλή διακύμανση και για το λόγο αυτό, είναι διαφορετικά

τόσο στο χρόνο όσο και στο χώρο. Αποτέλεσμα αυτού του χαρακτηριστικού είναι, η δημιουργία πολλών προφίλ διακύμανσης των δεδομένων.

6. Ένα χαρακτηριστικό των μεγάλων δεδομένων αποτελεί η αξία των δεδομένων. Ο προσδιορισμός της αξίας των δεδομένων επιτυγχάνεται με ειδικές τεχνικές αποτίμησης της αξίας. Όπως το λέει και η λέξη, αξία, σημαίνει η σημαντικότητα ενός δεδομένου στο σύνολο στο οποίο ανήκει. Μετά από επεξεργασία των δεδομένων, η αξία τους μπορεί να αυξηθεί.

Συγκεντρωτικά, η διαδικασία επεξεργασίας και διαχείρισης των μεγάλων δεδομένων παρουσιάζει τέσσερα διακριτά βήματα [54]:

1. Πρώτο και βασικό βήμα αποτελεί η συλλογή δεδομένων και η εξαγωγή των μεταδεδομένων. Τα μεταδεδομένα είναι δομημένα και κωδικοποιημένα δεδομένα τα οποία περιγράφουν τα χαρακτηριστικά πληροφοριακών συνόλων, αποσκοπώντας στην αναγνώριση, στην ταύτιση, στην αξιολόγηση και στη διαχείριση των συνόλων δεδομένων. Τα μεταδεδομένα παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάλυση μεγάλων δεδομένων, διότι, βοηθούν στην οργάνωση μεγάλων συνόλων δεδομένων και στην μετακίνηση συνόλων δεδομένων μέσα σε βάσεις δεδομένων [55].
2. Δεύτερο βήμα αποτελεί η επεξεργασία των συλλεχθέντων δεδομένων. Στην επεξεργασία, εκτελούνται πέντε διαδικασίες ανάλυσης:
  - 2.1. Πρωταρχική διαδικασία επεξεργασίας αποτελεί η εξαγωγή χρήσιμης πληροφορίας από τα συλλεχθέντα, πολλές φορές, μη δομημένα δεδομένα.
  - 2.2. Ακολούθως, η πληροφορία μετατρέπεται σε συγκεκριμένη δομημένη μορφή για την εύκολη επεξεργασία των δεδομένων ως διακριτά σύνολα.
  - 2.3. Η επόμενη διαδικασία είναι ο «καθαρισμός» των δεδομένων, κατά τον οποίο εντοπίζονται τα λανθασμένα ως προς τη μορφή, το περιεχόμενο και την

εγκυρότητα δεδομένα και στη συνέχεια διορθώνονται αυτόματα αν είναι εφικτό ή αν όχι αφαιρούνται μετά από έγκριση του προσωπικού, το οποίο, λειτουργεί το λογισμικό.

2.4. Η τυποποίηση αποδείχθηκε ότι, διευκολύνει την επεξεργασία μεγάλων όγκων οντοτήτων. Έτσι και στο ζήτημα ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, η τυποποίηση η οποία αποτελεί την τρίτη διαδικασία επεξεργασίας, είναι αυτή κατά την οποία, πραγματοποιείται διαχωρισμός των δεδομένων σε ομάδες με κοινό τύπο, περιεχόμενο και συγκεκριμένη δομή.

2.5. Η επόμενη διαδικασία επεξεργασίας είναι η σύνδεση, κατά την οποία πραγματοποιείται όπως το λέει και η λέξη η σύνδεση των δεδομένων τα οποία εξάγονται από διαφορετικές πηγές και ο συνδυασμός τους θα αποτελέσει μεγάλης αξίας/ σημαντικότητας πληροφορία.

3. Ως τρίτο βήμα της επεξεργασίας και διαχείρισης των μεγάλων δεδομένων, ορίζεται η ανάλυση των επεξεργασμένων δεδομένων. Κατά την ανάλυση των μεγάλων δεδομένων, λειτουργούν εξελιγμένοι αλγόριθμοι, οι οποίοι είναι προγραμματισμένοι για επεξεργασία κάποιων προφίλ δεδομένων με κύριο σκοπό την εκτίμηση και πρόβλεψη μελλοντικών συνθηκών.

4. Το τέταρτο βήμα αποτελεί η ερμηνεία των δεδομένων και των αποτελεσμάτων, κατά την οποία ελέγχονται οι όγκοι δεδομένων για σφάλματα, τα οποία, μπορεί να είναι τυχαία ή συστηματικά.

## **4.2 Οφέλη ανάλυσης μεγάλων δεδομένων**

Λόγω των χαρακτηριστικών τους, η ανάλυση μεγάλων δεδομένων παρουσιάζει σημαντικές διαφορές σε όλα τα στάδια επεξεργασίας τους σε σχέση με τις παραδοσιακές απλές προσεγγίσεις [56].

1. Με την συλλογή μεγάλων δεδομένων, επιτυγχάνεται η μελέτη και ο υπολογισμός του συνολικού πληθυσμού ή του συστήματος το οποίο μελετάται. Αντίθετα στις απλές παραδοσιακές προσεγγίσεις μελετώνται δείγματα του συνόλου.
2. Στις παραδοσιακές τεχνικές ανάλυσης, επειδή εξετάζονται κλάσματα του συνόλου, για την εξαγωγή περισσότερο αξιόπιστου αποτελέσματος πρέπει τα δεδομένα να συλλέγονται στο σωστό τόπο, στο σωστό χρόνο και με το σωστό τρόπο. Αυτά τα τρία χαρακτηριστικά για την επιτυχή ανάλυση και την εξαγωγή ορθών αποτελεσμάτων πρέπει να μελετώνται με μεγάλη προσοχή. Σε αντίθεση, στην ανάλυση μεγάλων δεδομένων, δε χρειάζεται να επιλέξουμε ποια δεδομένα θα συλλέξουμε μιας και όλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να εξαχθούν από αυτά πληροφορίες μεγάλης σημαντικότητας. Ακόμα και αυτά που δε θεωρούνται απαραίτητα για ένα συγκεκριμένο θέμα μελέτης, μπορεί να είναι χρήσιμα σε κάποιες άλλες περιπτώσεις μελέτης ή μέσω αναδιαμόρφωσης τους χρήσιμα για ένα άλλο ζήτημα. Άρα, όλα τα δεδομένα πρέπει να είναι διαθέσιμα και διαχειρίσιμα.
3. Στην ανάλυση των μεγάλων δεδομένων, σε αντίθεση με τις απλές προσεγγίσεις ανάλυσης, τα δεδομένα προέρχονται από πολλές πηγές και για το λόγο αυτό, το αποτέλεσμα της ανάλυσης διαθέτει περισσότερη πληροφορία και λεπτομέρεια για πολλά θέματα ταυτόχρονα.
4. Η διαχείριση των μεγάλων δεδομένων, λόγω της διαφορετικότητας των δεδομένων, απαιτεί μεθόδους και υπολογιστικά συστήματα κατανομής, ικανά να διαχειριστούν την ποικιλομορφία αυτή. Η επεξεργασία και η ανάλυση των μεγάλων δεδομένων δε μπορεί να αναληφθεί μόνο από ένα κλάδο των επιστημών. Η ποικιλία των δεδομένων καθιστά την ανάλυση τους με ένα μόνο

τύπο ανάλυσης παραδοσιακής προσέγγισης αδύνατη, ενώ, με ανάλυση μεγάλων δεδομένων εφικτή.

5. Τα δεδομένα τα οποία αναλύονται με τις μεθόδους ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, συλλέγονται, αποθηκεύονται, τροποποιούνται, χρησιμοποιούνται και σε πάρα πολλές περιπτώσεις επαναπροσανατολίζονται και επαναχρησιμοποιούνται.

Τα μεγάλα σύνολα δεδομένων, περιλαμβάνουν ένα μεγάλο αριθμό ανεξάρτητων ή εξαρτημένων μεταβλητών και δεικτών, ο οποίος δε μπορεί να αναληθεί επαρκώς και αξιόπιστα με απλές μεθόδους ανάλυσης. Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων απαιτεί το σωστό συνδυασμό μεθόδων ανάλυσης των δεδομένων.

Η χρήση εργαλείων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, παρουσιάζει σημαντικά οφέλη σε όλους τους τομείς στους οποίους λειτουργούν. Ένα σημαντικό παράδειγμα αποτελεί και ο τομέας των μεταφορών.

Πρώτο και μεγάλης σημαντικότητας όφελος αποτελεί, ο συνεχής έλεγχος των ληφθέντων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και η επιτυχής και ολοκληρωμένη διαχείριση της κυκλοφορίας ώστε να αποφευχθούν δυσμενείς συνθήκες κυκλοφορίας στο οδικό δίκτυο. Η βελτίωση των διαδικασιών ελέγχου, συντήρησης και ανάπτυξης των μεταφορικών συστημάτων, με τα μεγάλα δεδομένα, επιτυγχάνεται τμηματικά, βαθμωτά, ολοκληρωτικά και σε βάθος χρόνου. Πραγματοποιείται έτσι καλύτερη διαχείριση των πολυτροπικών μεταφορών και των συστημάτων μεταφοράς. Με τα μεγάλα δεδομένα παρουσιάζονται ευκαιρίες τόσο στους παλαιούς όσο και στους νέους φορείς παροχής υπηρεσιών μεταφοράς.

Επιπρόσθετα, με τη χρήση ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, επιτυγχάνουμε σωστό σχεδιασμό των μεταφορών με τη μοντελοποίηση του συστήματος μεταφοράς.

Με τη συνεχή εξέλιξη των τεχνολογιών και την ανάλυση μεγάλων δεδομένων παρουσιάζονται τεχνολογικές βελτιώσεις στα υπάρχοντα αλλά και στα νέα ευφυή συστήματα μεταφορών.

Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων έχει σημαντικά οφέλη για τις υπηρεσίες στις δημόσιες μεταφορές. Μετά τη συλλογή πληροφοριών από τις τεχνολογίες ανίχνευσης, όπως, το παγκόσμιο σύστημα θεσηθεσίας, τις κάμερες και από προηγμένα συστήματα καινοτομιών όπως για παράδειγμα οι έξυπνες κάρτες (τιμολόγησης), οι φορείς παροχής υπηρεσιών δημόσιων μεταφορών μπορούν να λάβουν σημαντικές πληροφορίες οι οποίες θα βοηθήσουν στην κατανόηση των χαρακτηριστικών και των προφίλ μετακίνησης, των σημείων τα οποία οι μετακινούμενοι επιλέγουν συχνότερα ως σημεία προέλευσης/ προορισμού, του μέσου μεταφοράς που χρησιμοποιούν, της συχνότητας πραγματοποίησης της μετακίνησης και της χρονικής στιγμής πραγματοποίησης της μετακίνησης. Ακολούθως, μετά την συλλογή των δεδομένων και την ανάλυση του μεγάλου όγκου τους, οι φορείς δημόσιων μεταφορών έχουν γνώση την οποία μπορούν να χρησιμοποιήσουν για τον επανασχεδιασμό του συστήματος, του δικτύου, των υπηρεσιών και των επιχειρησιακών σκοπών του συστήματος μεταφορών, αλλά και γνώση των αποτελεσμάτων τα οποία θα έχουν οι προγραμματισμένες και οι τυχαίες μεταβολές του μεταφορικού συστήματος, οι οποίες θα οφείλονται σε διαφορετικές αιτίες.

Η πληροφόρηση του μετακινούμενου αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην ολοκλήρωση άνετης, αδιάλειπτης και ασφαλούς μεταφοράς. Πλέον, με την ανάλυση των μεγάλων δεδομένων παρέχεται η δυνατότητα εξατομικευμένης πληροφόρησης ώστε να λαμβάνονται από το μετακινούμενο οι βέλτιστες αποφάσεις επιλογής διαδρομής, μέσου ή ώρας πραγματοποίησης της μετακίνησης. Με τη χρήση των



αποτελεσμάτων της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, επιτυγχάνεται η μείωση του χρόνου και του κόστους πραγματοποίησης μιας μετακίνησης.

Ακόμα, με την ανάλυση μεγάλων δεδομένων μπορεί να πραγματοποιηθεί αποτελεσματικότερη διαχείριση στόλου οχημάτων. Με τη μελέτη των ληφθέντων δεδομένων της κυκλοφοριακής κατάστασης, μπορούν να επιλεγθούν τα χαρακτηριστικά μετακίνησης του στόλου των οχημάτων, τα οποία, θα μειώσουν τα λειτουργικά έξοδα της επιχείρησης, θα βελτιώσουν τα χρονοδιαγράμματα μεταφορών και την απόδοση του φορέα παροχής υπηρεσιών μεταφοράς.

Με τη χρήση των μεθόδων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων επιτυγχάνεται η διαχείριση και εξοικονόμηση του χρόνου και του κόστους σχεδιασμού, κατασκευής, ανάπτυξης, διατήρησης και διαχείρισης των μεταφορικών συστημάτων και της επιτυχούς ολοκλήρωσης των μεταφορών. Με το σωστό σχεδιασμό και χρήση των μεθόδων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων μπορεί να αυξηθεί η απόδοση των συστημάτων μεταφοράς, του οχήματος και των διαδικασιών μεταφοράς. Με τη μελέτη και χρήση των μεγάλων δεδομένων μπορούν να αναπτύχθούν οι λειτουργίες των ευφυών συστημάτων μεταφοράς.

Οι προσεγγίσεις των μεγάλων δεδομένων, βοηθούν στην απόκτηση γνώσεων στο θέμα της αποτελεσματικής διαχείρισης ενός συστήματος μεταφορών. Έπειτα από τη μελέτη των αποτελεσμάτων της ανάλυσης, είναι δυνατή η πρόβλεψη πιθανών μελλοντικών συνθηκών και η μελέτη, ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη λύσεων βελτίωσης τους.

Από τα μέχρι τώρα αποτελέσματα γίνεται αντιληπτό ότι η ανάλυση των μεγάλων δεδομένων μπορεί να βγάλει ακριβή αναπαράσταση της πραγματικότητας αλλά και των μελλοντικών συνθηκών. Ωστόσο, μερικές φορές η ανάλυση μεγάλων

δεδομένων αποτυγχάνει να παρέχει ορθή πρόγνωση αποτελεσμάτων μακροπρόθεσμα λόγω κάποιων χαρακτηριστικών.

Ένα τέτοιο χαρακτηριστικό αποτελεί το ότι, στην ανάλυση μεγάλων δεδομένων όταν υπάρχουν μερικά μικρά προβλήματα τα οποία δε μπορούν να επιδιορθωθούν ή να αποφευχθούν, διογκώνονται, δυσχεραίνοντας την ανάλυση μεγάλων δεδομένων. Τα σφάλματα αυτά σε μικρότερα σύνολα μπορούν να αποφευχθούν εύκολα.

Στα μεγάλα δεδομένα πραγματοποιείται συσχέτιση δεδομένων. Πολλές φορές δεν αναγνωρίζεται ποιες συσχετίσεις είναι ουσιώδεις οι οποίες θα βοηθήσουν στην ανάλυση πραγματικών συνθηκών και στη πρόβλεψη μελλοντικών συνθηκών. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των μεγάλων δεδομένων μπορεί να βγουν λανθασμένα λόγω μη χρήσιμης ή εσφαλμένης συσχέτισης των δεδομένων. Η χρήση μεθόδων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων δεν εξαλείφει τις παγίδες των παραδοσιακών προσεγγίσεων στατιστικής, όπως, της λανθασμένης επιλογής μη χρήσιμων μεταβλητών και της λανθασμένης συσχέτισης μεταξύ τους.

Οι φορείς χάραξης πολιτικής των συστημάτων μεταφορών θα πρέπει να αξιολογούν την ανάλυση μεγάλων δεδομένων με καθορισμένο σκεπτικό, το οποίο, είναι βασισμένο στη γνώση και τις τεχνολογίες που διαθέτουν. Σε περιπτώσεις στις οποίες τα περισσότερα δεδομένα και η συσχέτιση μεταξύ τους είναι γνωστά και κατανοητά, οι παραδοσιακές απλές προσεγγίσεις δειγμάτων δεδομένων χαρακτηρίζονται αποτελεσματικότερες από τις μεθόδους ανάλυσης μεγάλων δεδομένων. Σε αντίθεση, σε περιπτώσεις στις οποίες τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά δεν είναι γνωστά ή κατανοητά, με τις μεθόδους ανάλυσης μεγάλων δεδομένων επιτυγχάνονται σημαντικά αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζουν την

υφιστάμενη κατάσταση και προβλέπουν τις μελλοντικές συνθήκες του θέματος, το οποίο μελετάται.

Ο τομέας των μεθόδων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων αποτελεί μια προσέγγιση των δεδομένων, η οποία, παρουσιάζει σημαντικά οφέλη στην εξέταση των παροντικών και μελλοντικών συνθηκών του θέματος που εξετάζεται. Άρα, πρέπει να μελετηθούν τα χαρακτηριστικά των μεγάλων δεδομένων και να βελτιωθούν, ώστε, στο μέλλον να καταστεί η χρήση τους περισσότερο αποτελεσματική.

Ένα τέτοιο χαρακτηριστικό αποτελεί η συλλογή των δεδομένων. Απαιτείται η συνεχής ανάπτυξη και βελτίωση των τεχνολογιών λήψης των κυκλοφοριακών δεδομένων καθώς και ο σχεδιασμός νέων τεχνολογιών λαμβάνοντας υπόψη τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των υπαρχόντων. Σε όλες τις τεχνολογίες καταγραφής των δεδομένων που υπάρχουν ή σχεδιάζονται πρέπει να μελετούνται τα θέματα κόστους εγκατάστασης και συντήρησης, αξιοπιστίας και οφέλους.

Για την πιο εύκολη πρόσβαση στις βάσεις δεδομένων και την εξοικίωση πολλών ανθρώπων με τις μεθόδους ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, είναι σημαντικό τα δεδομένα και οι εφαρμογές ανάλυσης να είναι «ανοικτά», δηλαδή, να μπορούν να μελετηθούν και να τροποποιηθούν ελεύθερα, ώστε, να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά για την κάθε εξεταζόμενη περίπτωση των θεμάτων τα οποία αναλύονται.

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό αποτελεί η ανταλλαγή δεδομένων που πρέπει να γίνεται μεταξύ των φορέων των υποσυστημάτων μέσα σε ένα συνολικό σύστημα. Με τη γνώση και την εξέταση πολλών πληροφοριών μπορεί να επιτευχθεί η αξιόπιστη διαχείριση και επεξεργασία πολλών θεμάτων. Άρα, πρέπει να καθοριστούν οι δομές ανταλλαγής δεδομένων ανάμεσα στους ιθύνοντες φορείς.

Μελλοντικά, με την αξιοποίηση των υπαρχόντων αλλά και των νέων τεχνολογιών και αλγορίθμων επεξεργασίας μεγάλων δεδομένων, δύναται να βελτιωθεί η χρήση και τα αποτελέσματα των μεθόδων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων και να επιτευχθεί η εξοικίωση του κόσμου με αυτά. Ο τομέας ανάλυσης μεγάλων δεδομένων μπορεί να αναπτυχθεί ακόμα περισσότερο, άρα, είναι απαραίτητη η επένδυση σε αυτόν, γιατί, θα υπολογιστούν μεγάλης σημαντικότητας αποτελέσματα.

Ένα χαρακτηριστικό που χρήζει μεγάλης προσοχής αποτελεί η προστασία προσωπικών δεδομένων καθώς πολλά δεδομένα προέρχονται από συσκευές, οι οποίες, δε διατηρούν την ανωνυμία των χρηστών (κινητά τηλέφωνα). Οπότε, είναι αναγκαίος ο σχεδιασμός ενός διαφανή και παράλληλα αδιάβλητου μηχανισμού αξιοποίησης και προστασίας των προσωπικών δεδομένων.

### **4.3 Αρχιτεκτονική μεγάλων δεδομένων**

Στον τομέα των μεγάλων δεδομένων εκτελούνται η επεξεργασία και η ανάλυση δεδομένων με βάση μια αρχιτεκτονική ανάλυσης, η οποία, είναι διαφορετική από τις παραδοσιακές αρχιτεκτονικές πληροφοριών. Λόγω της ποικιλίας και του όγκου των μεγάλων δεδομένων, τα δεδομένα δε μπορούν πάντα να υποβάλλονται σε τυποποιημένες διαδικασίες επεξεργασίας και ανάλυσης και ακολούθως τα αποτελέσματα να εξάγονται σε προκαθορισμένα σχήματα και τύπους δεδομένων.

Οι φορείς των συστημάτων μεταφορών συλλέγοντας πληροφορίες από το σύστημα μεταφορών και τους χρήστες, γνωρίζουν τις διαφορετικές επιλογές και προτιμήσεις των χρηστών, αλλά, δε γνωρίζουν τα αποτελέσματα που θα έχουν αυτές οι επιλογές στο σύστημα μεταφοράς σε βάθος χρόνου. Άρα, είναι αναγκαίο οι φορείς να σχεδιάσουν μια αρχιτεκτονική δεδομένων στην οποία γνωρίζουν τι πληροφορίες

πρέπει να λάβουν και ποια είναι τα επιθυμητά αποτελέσματα που θα εξαχθούν από την ανάλυση. Η αρχιτεκτονική ανάλυση μεγάλων δεδομένων, θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε, οι φορείς του συστήματος μεταφοράς να μπορούν συνεχώς να ελέγχουν την πρόοδο των διαδικασιών, την αξιολόγηση της οικονομικής βάσης του συστήματος, την πορεία των έργων, τα αποτελέσματα πιθανών αλλαγών στο σύστημα και σύμφωνα με τα προαναφερόμενα να μπορούν να την τροποποιήσουν σύμφωνα με τις δυνατότητες που έχουν και τα αποτελέσματα που θέλουν να εξάγουν.

Για το σχεδιασμό μίας αρχιτεκτονικής μεγάλων δεδομένων πρέπει να μελετηθούν και να καθοριστούν το επιχειρηματικό πλαίσιο του συστήματος, το πεδίο εφαρμογής των μεγάλων δεδομένων, η αξιολόγηση της τρέχουσας κατάστασης, η εκτίμηση των μελλοντικών συνθηκών, η στρατηγική που θα ακολουθηθεί και η αρχιτεκτονική που θα αποτελέσει τη βάση της αρχιτεκτονικής που θα εξαχθεί ως τελικό αποτέλεσμα [65]. Τα προαναφερθέντα βήματα περιγράφονται ακολούθως:

#### 1. Καθορισμός επιχειρηματικού πλαισίου και πεδίου εφαρμογής

Κατά τον καθορισμό του επιχειρηματικού πλαισίου και του πεδίου εφαρμογής μελετούμε ιδέες, οι οποίες, θα προσφέρουν αξία και οφέλη σε βάθος χρόνου. Αυτό το στάδιο, είναι μεγάλης σημαντικότητας και είναι δύσκολο, διότι, πολλές φορές δε είναι γνωστά τα χαρακτηριστικά και οι λειτουργίες αύξησης απόδοσης του συστήματος εξαρχής καθώς και ποια είναι τα όρια του συστήματος. Με τη μελέτη όμως αυτών των ιδεών, είναι εφικτή η μελέτη της επιχειρηματικής αξίας και της απόδοσης των επενδύσεων.

#### 2. Σχεδιασμός αρχιτεκτονικής-βάσης

Στο στάσιο αυτό, σχεδιάζεται μία αρχιτεκτονική η οποία αποτελεί τη βάση για την τελική αρχιτεκτονική που θα χρησιμοποιηθεί. Σύμφωνα με το πρόβλημα το οποίο

μελετάται, εντοπίζονται οι πηγές δεδομένων που χρειάζονται, τα στοιχεία και τα χαρακτηριστικά τους, τα οποία, είναι χρήσιμα για την παραγωγή αποτελεσμάτων και ο τρόπος μείωσης των λειτουργιών, οι οποίες, δεν είναι χρήσιμες για την εξαγωγή αποτελεσμάτων. Ακολούθως, καθορίζεται το που και πως θα ερμηνευθούν τα δεδομένα ώστε να εξάγουν πληροφορίες στις υποθέσεις που πραγματοποιούνται.

### 3. Αξιολόγηση της τρέχουσας κατάστασης

Στο συγκεκριμένο στάδιο αξιολογείται το επιχειρηματικό πλαίσιο που υιοθετήθηκε. Εξετάζεται σε πρώτη φάση η αρχιτεκτονική που σχεδιάστηκε και η οποία αποτελεί τη βάση της τελικής επιλογής, συμπεριλαμβάνοντας τις διαδικασίες που εφαρμόζονται. Συγκεκριμένα, αξιολογούνται η αρχιτεκτονική πληροφοριών, τα μοντέλα ανάλυσης που επιλέχθηκαν, η τεχνολογία που χρησιμοποιείται, οι απαιτήσεις για τα επιθυμητά αποτελέσματα και το κεφάλαιο που διαθέτεται.

### 4. Εκτίμηση μελλοντικής κατάστασης και δημιουργία οικονομικού μοντέλου

Σύμφωνα με την τελική αρχιτεκτονική των μεγάλων δεδομένων, η οποία έχει τεθεί ως στόχος, πρέπει να μελετηθούν και να αξιολογηθούν ποιες αλλαγές είναι αναγκαίες στις επιμέρους αρχιτεκτονικές (εφαρμογών, πληροφοριών), ώστε, να συνάδουν με την αρχιτεκτονική στόχο. Καθορίζεται έτσι, ο τρόπος με τον οποίο θα προσδωθεί επιχειρηματική αξία στην τελική αρχιτεκτονική που θα υιοθετηθεί. Με τον τρόπο αυτό γίνεται εφικτή η εκτίμηση του αντίκτυπου που θα έχουν οι αλλαγές των επιμέρους αρχιτεκτονικών στην αρχιτεκτονική-στόχο.

### 5. Ανάπτυξη στρατηγικής

Στο στάδιο ανάπτυξης της στρατηγικής που θα ακολουθηθεί, συντάσσεται ένα σχέδιο της μελλοντικής εξέλιξης της αρχιτεκτονικής. Καθορίζονται στόχοι, οι οποίοι,

θα προσφέρουν επιχειρηματική αξία στους υπεύθυνους φορείς και τις δραστηριότητες τους, οι οποίοι, θα είναι σύμφωνοι με τις αρχικές προσδοκίες τους. Η στρατηγική αυτή, περιλαμβάνει διαφορές ανάμεσα στην τωρινή και στη μελλοντική αρχιτεκτονική που θα υιοθετηθεί, την ανάλυση κόστους-οφέλους, την αξία κάθε σταδίου της στρατηγικής με προτάσεις μεγιστοποίησης της αξίας και ταυτόχρονα ελαχιστοποίησης των κινδύνων και του κόστους, την ευελιξία για αναπροσαρμογή σύμφωνα με νέα επιχειρηματικά σχέδια και τεχνολογίες που μπορεί να υιοθετηθούν, την εξέταση της τεχνολογικής εξάρτησης σε όλα τα στάδια και την εξέταση των απαιτήσεων και των ελλείψεων που θα υπάρχουν στο μέλλον όπως το μέγεθος δυναμικού και η εκπαίδευση του.

#### 6. Καθορισμός πρόσβασης στα δεδομένα και αυτοματοποίησης των διαδικασιών

Οι ιθύνοντες διαχείρισης και εφαρμογής μίας αρχιτεκτονικής μεγάλων δεδομένων αποφασίζουν για το ποιος μπορεί να έχει πρόσβαση στα δεδομένα και αν η ποιότητα των δεδομένων είναι αυτή που επιθυμείται για την ανάλυση που πραγματοποιείται. Ακόμα, προσδιορίζουν για το πότε οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες και τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι επιτρεπτά και για το πότε απαιτείται η ανθρώπινη παρέμβαση. Για το λόγο αυτό, συνήθως, υιοθετούνται υβριδικές στρατηγικές, οι οποίες, αξιοποιούν λύσεις μεγάλων δεδομένων για την ανάλυση συνόλων δεδομένων.

### **4.4 Ανάλυση μεγάλων δεδομένων**

Στην ανάλυση των μεγάλων δεδομένων, η επεξεργασία και η διαχείριση των συλλεχθέντων, πολλές φορές μη δομημένων δεδομένων, αποτελεί τη δεύτερη διαδικασία στην ανάλυση που πραγματοποιείται, έπειτα από την πρώτη διαδικασία που αποτελεί η συλλογή τους. Η διαδικασία επεξεργασίας των συλλεχθέντων

δεδομένων, διαθέτει ένα πολύ μεγάλο αριθμό τεχνικών, τις οποίες, ειδικοί ερευνητές, οι οποίοι, προέρχονται από διάφορους κλάδους των επιστημών, όπως, της πληροφορικής και της στατιστικής, εξακολουθούν να αναπτύσσουν και να βελτιώνουν [55].

Συνοπτικά, οι τεχνικές επεξεργασίας των συλλεχθέντων δεδομένων διαθέτουν αλγόριθμους στατιστικής, μηχανικής εκμάθησης, προσδιορισμού του τύπου, της δομής, των συσχετίσεων και της ταξινόμησης των δεδομένων. Στο Παράρτημα Α, παρουσιάζονται τεχνικές επεξεργασίας των ληφθέντων, από τεχνολογίες συλλογής, δεδομένων, οι οποίες έχουν αναπτυχθεί έως και σήμερα και ενδείκνυνται για τεράστια σύνολα δεδομένων. Από αυτά τα σύνολα των δεδομένων, μπορεί να ληφθεί σημαντική γνώση περί του θέματος το οποίο εξετάζεται. Ο κύριος στόχος των τεχνικών επεξεργασίας συλλεχθέντων δεδομένων αποτελεί, όπως μπορεί να παρατηρηθεί, η επίτευξη κοινής δομής και εξόρυξης πληροφοριών μεγάλης σημαντικότητας από αυτά.

Ακολουθως, τα επεξεργασμένα δεδομένα από τις διαφορετικές πηγές συλλογής, αναλύονται με χρήση μεθόδων και τεχνολογιών που σχεδιάστηκαν στα πλαίσια ερευνών, συνεχίζουν να αναπτύσσονται και αποτελούν πρότυπο για το σχεδιασμό νέων. Οι τεχνολογίες ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, είναι ικανές να διαχειριστούν, να συγκεντρώσουν και να αναλύσουν τεράστιους όγκους δεδομένων και στη συνέχεια να εξάγουν μεγάλης σημαντικότητας πληροφορίες για το παρόν και το μέλλον. Στις μεθόδους ανάλυσης μεγάλων δεδομένων χρησιμοποιούνται κυρίως οι εξής μέθοδοι [57]:

1. Η μέθοδος παλινδρόμησης, είναι αυτή που χρησιμοποιείται περισσότερο και ειδικά στον τομέα των μεταφορών. Με την ανάλυση παλινδρόμησης υπολογίζονται οι συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών. Συγκεκριμένα,



υπολογίζεται το πως τροποποιείται μία εξαρτημένη μεταβλητή  $Y$ , με κάθε αλλαγή των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_i$ .

2. Η ανάλυση χρονοσειρών, αποτελεί ένα σύνολο στατιστικών τεχνικών, οι οποίες βοηθούν στη μοντελοποίηση του θέματος που εξετάζεται και στην πρόβλεψη μελλοντικών καταστάσεις, βασιζόμενες πάντα σε στοιχεία τα οποία παρατηρήθηκαν στο παρελθόν και περιγράφονται από όμοια χαρακτηριστικά των δεδομένων τα οποία λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο.
3. Η ανάλυση συμπλέγματος δεδομένων, αποτελεί ένα σύνολο στατιστικών μεθόδων, κατά τις οποίες, το σύνολο των ληφθέντων δεδομένων διαχωρίζεται σε υποσύνολα κοινών χαρακτηριστικών, τα οποία, δεν είναι γνωστά εξ αρχής. Η μέθοδος ανάλυσης αυτή, αποτελεί μη εποπτευόμενη μέθοδο ανάλυσης.
4. Η ανάλυση αλλαγής σημείου (change-point analysis), αποτελεί μέθοδο κατά την οποία, εντοπίζονται οι αλλαγές οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο σύνολο των δεδομένων. Με τη μέθοδο αλλαγής σημείου ανιχνεύονται οι μεταβολές των μεταβλητών με περιγραφικές μεθόδους δεδομένων.

Στο Παράρτημα Β, γίνεται αναφορά τεχνολογιών ανάλυσης μεγάλων δεδομένων οι οποίες αναπτύχθηκαν έως και σήμερα [56]. Οι τεχνολογίες αυτές σχεδιάστηκαν και διαμορφώθηκαν έτσι ώστε, να λειτουργούν επιτυχώς σε πολλούς τομείς, ένας από τους οποίους αποτελεί και ο τομέας των μεταφορών.

## **Κεφάλαιο 5 Εφαρμογή μεγάλων δεδομένων στις μεταφορές**

Στον τομέα των μεταφορών, αυτό το οποίο είναι απαραίτητο να επιτευχθεί είναι, η ανάλυση, η μοντελοποίηση και ακολούθως η πρόβλεψη και η διαχείριση της κυκλοφοριακής ροής.

Σε διάφορα κράτη, πόλεις και οργανισμούς στον κόσμο έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες και εφαρμογές κατά τις οποίες ελήφθησαν και αναλύθηκαν μεγάλα δεδομένα στον τομέα των μεταφορών [66]. Ακολούθως, γίνεται η αναφορά, η περιγραφή και τα αποτελέσματα τέτοιων μελετών στους τομείς της διαχείρισης των μαζικών μεταφορών, διαχείρισης της κυκλοφορίας και διαχείρισης των εμπορευματικών μεταφορών.

### **5.1 Εφαρμογή μεγάλων δεδομένων στις μαζικές μεταφορές**

Αρχικά, παρουσιάζεται η χρήση των μεγάλων δεδομένων στον τομέα των μαζικών μεταφορών. Συγκεκριμένα, θα παρουσιαστούν οι περιπτώσεις χρήσης μεθόδων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων στις πόλεις του Δουβλίνου, της Βαρκελώνης και της πολιτείας Αϊόβας, των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής. Όπως μπορεί να γίνει κατανοητό, έπειτα από τη μελέτη των προαναφερόμενων περιπτώσεων, επιτυγχάνεται η συνεχής εξυπηρέτηση των χρηστών των δημόσιων συγκοινωνιών είτε μέσα από τη συνεχή ενημέρωση των δρομολογίων, των αναμενόμενων χρόνων άφιξης των λεωφορείων στις στάσεις και των περιστατικών που μπορεί να επηρεάσουν το χρόνο μετακίνησης (Δουβλίνο), είτε μέσα από τον επαναπρογραμματισμό των δρομολογίων σύμφωνα με τη μελέτη των τρεχουσών κυκλοφοριακών συνθηκών και των κυκλοφοριακών συνθηκών από το ιστορικό των δεδομένων (Βαρκελώνη, Αϊόβα).

### 5.1.1 Δουβλίνο

Στην πόλη του Δουβλίνου, οι αρχές διαχείρισης των μεταφορών σε συνεργασία με την εταιρεία IBM (International Business Machines Corporation), αποφάσισαν να μελετήσουν τις αιτίες, στις οποίες, οφείλονταν τα προβλήματα της κυκλοφοριακής συμφόρησης, λόγω των οποίων, εμποδιζόταν η ασφαλής, άνετη και αδιάλειπτη κυκλοφορία των δημόσιων μέσων μαζικής μεταφοράς [67].

Για το λόγο αυτό, σχεδίασαν το ψηφιακό χάρτη της πόλης. Με δεδομένα τα οποία λαμβάνονται με τις τεχνολογίες κάμερας, επαγωγικών βρόχων και παγκόσμιου συστήματος θεσηθεσίας, τα οποία επικαιροποιούνται κάθε είκοσι δευτερόλεπτα, ενημερώνεται το λογισμικό ανάλυσης δεδομένων, το οποίο, σχεδιάστηκε από την εταιρεία IBM και ακολούθως ο ψηφιακός χάρτης. Το λογισμικό ανάλυσης μεγάλων δεδομένων της IBM, το οποίο ονομάζεται InfoSphere Streams, επιτρέπει την κατανομή τεράστιων συνόλων δεδομένων κάθε δευτερόλεπτο. Επιτυγχάνει την επεξεργασία της θέσης των οχημάτων μαζικής μεταφοράς σε πραγματικό χρόνο, το οποίο δίνει τη δυνατότητα:

1. της εκτίμησης της κυκλοφοριακής κατάστασης στο οδικό δίκτυο λαμβάνοντας τα δεδομένα από τους αισθητήρες οι οποίοι βρίσκονται σε αυτό,
2. της αξιολόγησης των ανωμαλιών/ σφαλμάτων στο σύστημα δημόσιων συγκοινωνιών και
3. της πρόβλεψης της χρονικής στιγμής άφιξης των λεωφορείων στον προορισμό τους βάσει των κυκλοφοριακών συνθηκών.

Με άλλα λόγια, με το πρόγραμμα ανάλυσης μεγάλων δεδομένων Infosphere Streams:

1. υπολογίζεται η ταχύτητα των λεωφορείων και οι κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν στο δρομολόγιο τους,
2. εντοπίζονται τα σημεία στα οποία επικρατούν δυσμενείς κυκλοφοριακές συνθήκες και
3. προβλέπονται οι χρόνοι μετακίνησης των λεωφορείων από τη μία στάση στην άλλη.

Στην ουσία πραγματοποιείται δυναμική επεξεργασία της θέσης των λεωφορείων και έτσι, οι χρήστες των δημόσιων συγκοινωνιών ενημερώνονται συνεχώς μέσω των εφαρμογών στο παγκόσμιο διαδίκτυο, στην κινητή τηλεφωνία και μέσω των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων στο οδικό δίκτυο.

Στις ενημερώσεις τις οποίες λαμβάνουν οι χρήστες στο διαδίκτυο και την εφαρμογή του συστήματος στη κινητή τηλεφωνία αναφέρονται:

1. τα δρομολόγια των λεωφορείων,
2. οι αναμενόμενοι χρόνοι άφιξης των λεωφορείων σε συγκεκριμένες στάσεις,
3. τα περιστατικά τα οποία μπορούν να επηρεάσουν τα δρομολόγια και οι αναμενόμενοι χρόνοι και
4. τα εναλλακτικά δρομολόγια/ λεωφορεία που ο χρήστης μπορεί να επιλέξει.

Στο σύστημα αυτό πραγματοποιούνται δύο διαδικασίες [67]:

1. Η πρώτη διαδικασία ονομάζεται διαδικασία «εκτός σύνδεσης» (offline process), κατά την οποία, εξάγεται στην ψηφιακή απεικόνιση της υποδομής του οδικού δικτύου, η θέση του οχήματος, το οποίο, πραγματοποιεί σταθερό δρομολόγιο σε αυτό, μέσα από τα στοιχεία θέσης του οχήματος που ελήφθησαν στο παρελθόν. Στη συνέχεια λειτουργείται ένα μοντέλο πρόβλεψης του χρόνου μετακίνησης.

2. Τη δεύτερη διαδικασία αποτελεί η διαδικασία «εντός σύνδεσης» (online process), κατά την οποία, λαμβάνονται οι θέσεις του οχήματος σε πραγματικό χρόνο καθώς και άλλα δεδομένα τα οποία υποστηρίζονται από το μοντέλο επεξεργασίας που λειτουργείται.

Στη συνέχεια το μοντέλο αυτό, υπολογίζει:

2.1 τους δείκτες απόδοσης του μεταφορικού συστήματος και

2.2 τον προβλεπόμενο χρόνο αναμονής των χρηστών στις στάσεις.

Στην πρώτη διαδικασία πραγματοποιούνται δύο λειτουργίες. Η πρώτη λειτουργία αποτελεί τη λογική αποτύπωση του οδικού δικτύου στην οποία οι σταθμοί και οι στάσεις αντιστοιχούν σε κόμβους του συστήματος. Η δεύτερη λειτουργία αποτελεί τη φυσική αποτύπωση του οδικού δικτύου, στην οποία, περιγράφονται για κάθε κόμβο τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά τους. Η φυσική αποτύπωση είναι σημαντική, διότι, μπορεί να εμφανίσει πληροφορίες, οι οποίες, δεν είναι γνωστές στη λογική αποτύπωση.

Κατά τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιούνται οι κατανομές πυκνότητας των δεδομένων του παγκόσμιου συστήματος θεσηθεσίας και έτσι εντοπίζονται οι προγραμματισμένες στάσεις του δρομολογίου. Ακόμα, με τον τρόπο αυτό, μετρούνται οι χρόνοι πραγματοποίησης της διαδρομής. Στη συνέχεια, αθροίζονται τα εξαγόμενα χαρακτηριστικά για κάθε ώρα της ημέρας και κάθε ημέρα της εβδομάδας. Τα δεδομένα, τα οποία, λαμβάνονται με μικρή συχνότητα λήψης, επεξεργάζονται με τις μεθόδους Max Likelihood Estimation ή Kernel Density Estimation, ώστε, να πραγματοποιηθεί μία πιο ομαλή σύνδεση τους. Ακολούθως, γίνεται η ταξινόμηση των αρχείων συναρτήσεων κατανομής πιθανοτήτων ανάλογα με την ώρα, την ημέρα, τον

τύπο της ημέρας και τις καιρικές συνθήκες με το εργαλείο ανάλυσης συμπλέγματος μεγάλων δεδομένων.

Το αποτέλεσμα αυτών των διαδικασιών είναι η πρόγνωση των χρόνων πραγματοποίησης των δρομολογίων σύμφωνα με τα εκάστοτε χαρακτηριστικά του δρομολογίου (ώρα, ημέρα).

Στη δεύτερη διαδικασία λαμβάνονται τα δεδομένα κίνησης του οχήματος σε πραγματικό χρόνο καθώς και δεδομένα από άλλες πηγές. Έτσι, προβλέπεται ο χρόνος πραγματοποίησης της διαδρομής. Επιπλέον, λειτουργείται η πρόσθετη διαδικασία βελτιστοποίησης κατά την οποία παρέχεται στο χρήστη του μεταφορικού συστήματος λίστα στην οποία καταγράφονται εναλλακτικές λύσεις (λεωφορεία- δρομολόγια) μαζί με το μέγιστο χρόνο ολοκλήρωσης της διαδρομής και το μέγιστο χρόνο αναμονής στις στάσεις.

Εχουν σχεδιασθεί συστήματα ανάλυσης μεγάλων δεδομένων που απλά επικεντρώνονται στην παρακολούθηση και εκτίμηση των κυκλοφοριακών συνθηκών σε πραγματικό χρόνο, αλλά, δε δύναται με αυτά να ερμηνεύσουμε τα δεδομένα τα οποία λαμβάνουμε σε πραγματικό χρόνο ή τα δεδομένα τα οποία προέρχονται από το ιστορικό λήψης δεδομένων. Στο πλαίσιο STAR-CITY (Semantic Traffic Analytics and Reasoning for City) το οποίο έχει εφαρμοστεί και λειτουργεί στην πόλη του Δουβλίνου, αναζητείται σε μεγάλο βαθμό η σημασία των δεδομένων [68]. Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να διαγνωστεί η εκάστοτε δυσμενής κατάσταση, η οποία, προκύπτει και να ληφθούν κατάλληλα και πολλές φορές καινοτόμα μέτρα αντιμετώπισης της. Στα δεδομένα τα οποία λαμβάνονται και χρησιμοποιούνται, υπάρχουν αυτά τα οποία περιγράφουν την κυκλοφοριακή κατάσταση του οδικού δικτύου όπως θέση οχήματος και θέση γεγονότος, αλλά, υπάρχουν και αυτά τα οποία

βοηθούν στην πρόβλεψη καταστάσεων οι οποίες θα προκύψουν. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα δεδομένα των μέσων κοινωνικής δικτύωσης. Όπως είναι κατανοητό, συλλέγονται και τίθενται προς επεξεργασία τεράστια σύνολα δεδομένων.

Για την ερμηνεία των δεδομένων χρησιμοποιούνται κυρίως αλγόριθμοι:

1. περιγραφικής λογικής,
2. αντιστοίχισης μοτίβο με χρήση βάσης συσχέτισης δεδομένων,
3. μηχανικής μάθησης και
4. επεξεργασίας ροών.

Ο τύπος αλγορίθμου, ο οποίος κυρίως χρησιμοποιείται για την ερμηνεία των δεδομένων στην περίπτωση της πόλης του Δουβλίνο, είναι αυτός της περιγραφικής λογικής. Η περιγραφική λογική, αποτελεί μία συλλογιστική, η οποία, βοηθά στην επίσημη περιγραφή των δεδομένων και των εννοιών ενός συνόλου, της σημαντικότητας τους, καθώς και των σχέσεων μεταξύ τους. Οι περιγραφικές λογικές σχεδιάστηκαν για την κατασκευή ενός πλαισίου γνώσης της σημασίας των πληροφοριών. Αποτελούν γλώσσες με τις οποίες επιτυγχάνεται η μοντελοποίηση του μελετούμενου θέματος και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές εφαρμογές. Αποτελούνται από δύο τμήματα, το ABox και το TBox [69]. Στο TBox περιγράφεται η ορολογία της γλώσσας, οι έννοιες, οι ρόλοι τους, η ιεραρχία σε αυτές και οι εντολές. Στο τμήμα ABox περιέχονται οι δηλώσεις, οι οποίες, είναι σχετικές με την ιεραρχία των στοιχείων και των συνδέσεων μεταξύ τους.

Επιπλέον, για την ερμηνεία των δεδομένων στο πλαίσιο STAR-CITY στο Δουβλίνο, χρησιμοποιείται η αποθήκη σημασιολογίας των δεδομένων της οργάνωσης World Wide Web Consortium (W3C), μίας διεθνούς κοινότητας, η οποία αναπτύσσει ανοικτά πρότυπα για να εξασφαλίσει τη μακροπρόθεσμη ανάπτυξη του διαδικτυακού

ιστού [70]. Το παγκόσμιο δίκτυο ιστοχώρου (World Wide Web) αποτελεί μία βιβλιοθήκη συνδεδεμένων δεδομένων, τα οποία, μεταφέρονται από ανθρώπους μέσω υπολογιστών. Οι μηχανές/ οδηγοί περιήγησης, απλά εμφανίζουν τα αποτελέσματα αναζήτησης που πραγματοποιούμε. Το σημασιολογικό δίκτυο (SemanticWeb) είναι ένας τρόπος, με τον οποίο, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής αυτόματα αναζητεί, επεξεργάζεται και ερμηνεύει τις πληροφορίες, οι οποίες, εμφανίζονται στο παγκόσμιο δίκτυο ιστοχώρου, ώστε, να παρουσιάζει στους χρήστες μόνο αυτές που απαιτούνται ή επιθυμούνται. Ένα σημασιολογικό δίκτυο, αποτελεί ένα κοινό πλαίσιο, το οποίο, φιλτράρει τα δεδομένα και τα επιτρέπει να αποστέλλονται και να επαναχρησιμοποιούνται. Ηγέτης στο σημασιολογικό δίκτυο αποτελεί η κοινοπραξία W3C [72].

Τα οφέλη της επεξεργασίας ροών σύμφωνα με τον προαναφερόμενο τρόπο είναι [68]:

1. ο εύκολος συγχρονισμός των ροών και η μεταφορά τους στη ψευδογλώσσα OWL (Web Ontology Language),
2. ο ευέλικτος και επεκτάσιμος ορισμός των λειτουργιών των ροών,
3. η αναζήτηση και εντοπισμός κανόνων, μοτίβο, συσχετίσεων και
4. η επέκταση σε καινούργιας τεχνολογίας διατάξεις αισθητήρων.

Οι λειτουργίες που εξάγουν τη σημασία των δεδομένων είναι διαφανείς στους τελικούς χρήστες, οι οποίοι, αλληλεπιδρούν με τις εφαρμογές του πλαισίου. Από τις αρχές διοίκησης και διαχείρισης της κυκλοφορίας στην πόλη του Δουβλίνου εξετάζονται κάποια σενάρια ανάλυσης τα οποία βασίζονται στη [71]:

1. Χωροχρονική ανάλυση των συνθηκών κυκλοφορίας



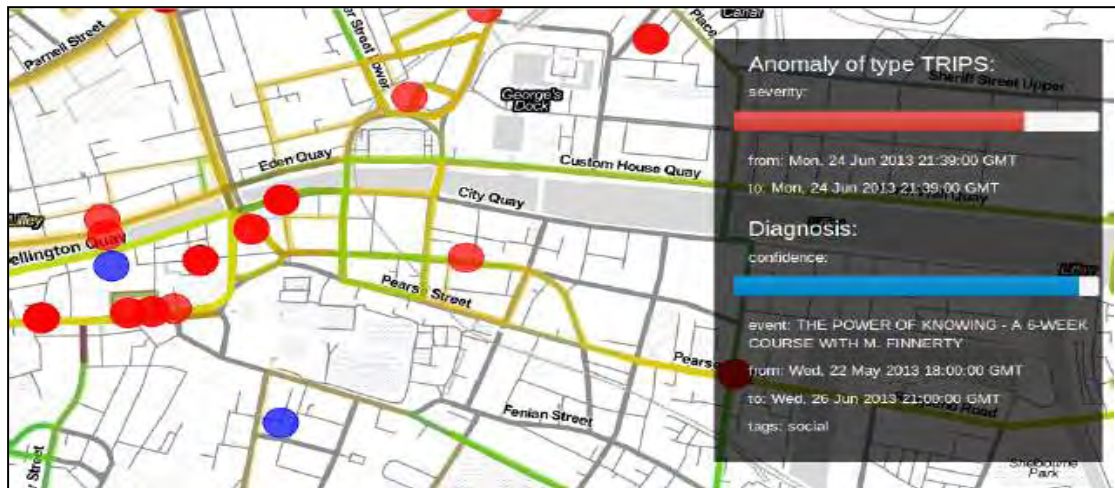
Για τη διαχείριση της κυκλοφορίας απαιτούνται τόσο δεδομένα πραγματικού χρόνου όσο και δεδομένα ληφθέντα από το ιστορικό των παρατηρήσεων. Σε πρώτο στάδιο πραγματοποιείται η αναγνώριση, ο διαχωρισμός και η κατάταξη της μετακίνησης και του χρόνου πραγματοποίησης της σύμφωνα τα χαρακτηριστικά της, όπως, το όνομα της οδού, την κατεύθυνση της και τους αισθητήρες οι οποίοι την περιγράφουν. Αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται με τη χρήση της γλώσσας κανόνα/συσχέτισης SWRL (Semantic Web Rule Language) [73].

## 2. Χωροχρονική διάγνωση της κυκλοφοριακής κατάστασης

Από τα συλλεχθέντα δεδομένα πολλά ερωτήματα μένουν ανοικτά. Αυτό συμβαίνει, διότι, δεν επιτυγχάνεται η σύνδεση της κυκλοφορικής κατάστασης με πιθανές συνθήκες και γεγονότα που ενδέχεται να υπάρχουν επί η πλησίον του οδικού τμήματος, όπως, έργα κατασκευής ή συντήρησης, τροχαία συμβάντα και εκδηλώσεις. Για το λόγο αυτό, όπως προαναφέρθηκε, χρησιμοποιείται περιγραφική λογική που βασίζεται στην κατανομή των δεδομένων σύμφωνα με την κατηγορία τους. Αναλύοντας τη «συμπεριφορά» μίας ροής δεδομένων μέσα από αξιώματα της περιγραφικής λογικής, επιτυγχάνεται ο εντοπισμός των αιτιών από τις οποίες προκύπτουν οι αλλαγές στη ροή.

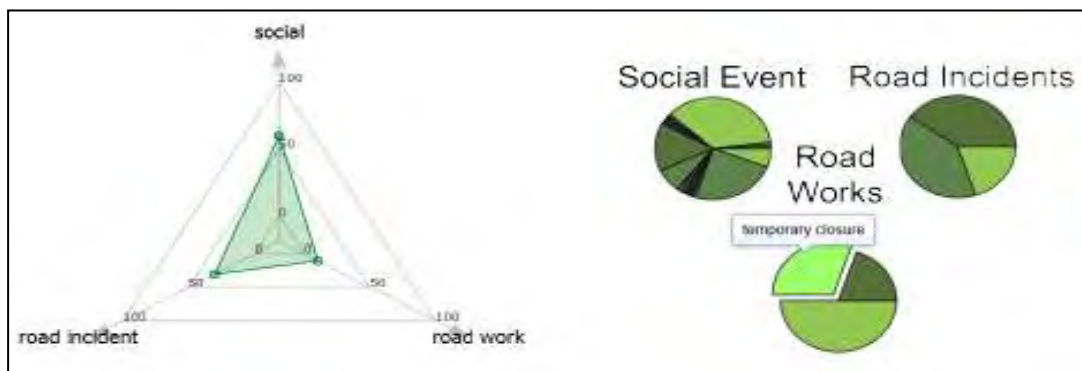
Στην ΕΙΚΟΝΑ 24 παρατηρούμε τη διεπαφή της εφαρμογής, η οποία είναι αποτέλεσμα των λειτουργιών ανάλυσης που πραγματοποιούνται στο πλαίσιο STAR-CITY και την παρακολουθούν οι αρχές διαχείρισης της κυκλοφορίας στην πόλη του Δουβλίνου. Σε αυτή τη διεπαφή, εμφανίζονται με κόκκινες βούλες τα σημεία του οδικού δικτύου της πόλης στα οποία παρουσιάστηκαν δυσμενείς κυκλοφοριακές συνθήκες. Οι μπλε βούλες αντιστοιχούν στις αιτίες πρόκλησης των προαναφερθέντων δυσμενών κυκλοφοριακών συνθηκών. Στον πίνακα που συνοδεύει τον ψηφιακό

χάρτη καταγράφεται η περίοδος λήψης των δεδομένων. Η κόκκινη μπάρα δηλώνει τη σημαντικότητα των δυσμενών κυκλοφοριακών συνθηκών, ενώ η μπλε μπάρα συνοδευόμενη από την αναφορά του γεγονότος/αιτίας πρόκλησης των κυκλοφοριακών συνθηκών, δηλώνει το κατά πόσο οι εκάστοτε κυκλοφοριακές συνθήκες οφείλονται σε αυτό το γεγονός.



ΕΙΚΟΝΑ 24:Ερμηνεία διάγνωσης κυκλοφοριακών συνθηκών (STAR-CITY) [74].

Στην ΕΙΚΟΝΑ 25 παρουσιάζεται το σχεδιάγραμμα με τα εκατοστιαία ποσοστά των αιτιών πρόκλησης δυσμενών κυκλοφοριακών συνθηκών (αριστερά) και τα σχεδιαγράμματα υπό μορφή πίτας, των αιτιών πρόκλησης δυσμενών κυκλοφοριακών συνθηκών, στα οποία τα χρώματα υποδηλώνουν τη σημαντικότητα μιας κατάστασης, όπως για παράδειγμα, το πολύ ανοιχτό πράσινο υποδηλώνει προσωρινό κλείσιμο του οδικού τμήματος.



ΕΙΚΟΝΑ 25:Διάγνωση συνθηκών με ανάλυση κυκλοφοριακών δεδομένων [74].

### 3. Χωροχρονική διερεύνηση των πλαισίων κυκλοφορίας

Στο πλαίσιο STAR-CITY πραγματοποιείται η χωροχρονική διερεύνηση των πλαισίων κυκλοφορίας, δηλαδή, ο διαχειριστής του κυκλοφοριακού συστήματος μπορεί να λάβει από το ιστορικό πληροφορίες του αντίκτυπου που είχε ένα γεγονός (τροχαίο συμβάν, εκδήλωση, εργασίες στην οδό) στις κυκλοφοριακές συνθήκες. Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να εντοπιστεί και να μελετηθεί η σημασία ενός γεγονότος στην συνολική κυκλοφοριακή κατάσταση.

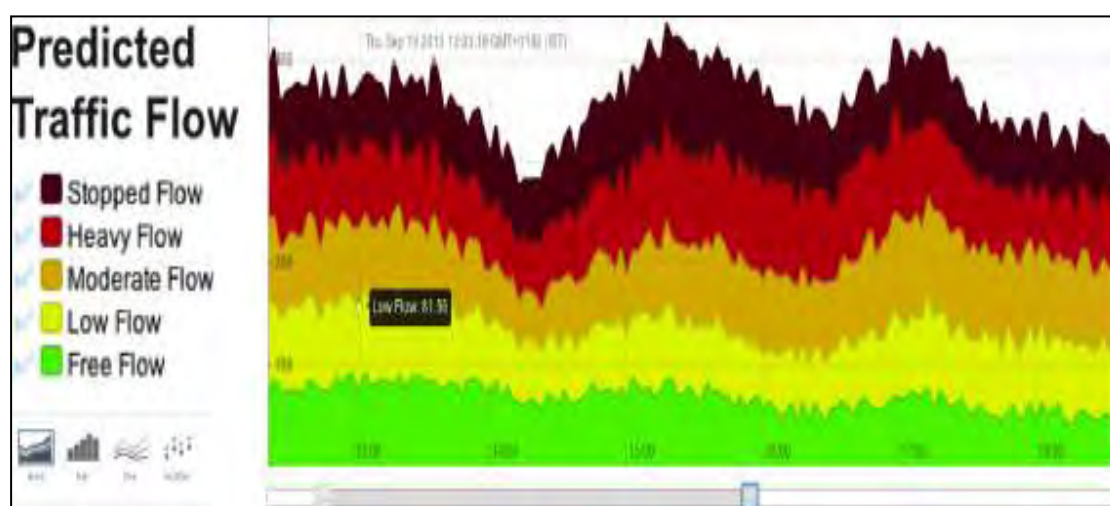
Το σύστημα λαμβάνει εγγραφές περιπτώσεων από το ιστορικό, με παρόμοια χαρακτηριστικά (τοποθεσία, χρόνος, γεγονός) και διαμορφώνει μία νέα εγγραφή. Στη συνέχεια, από τις εγγραφές που διαθέτει, παραθέτει σε μία διεπαφή τις κυκλοφοριακές συνθήκες, οι οποίες, ήταν αποτέλεσμα ενός κυκλοφοριακού καθεστώτος το οποίο υιοθετήθηκε. Με τον τρόπο αυτό, οι διαχειριστές των κυκλοφοριακών συνθηκών, γνωρίζουν τον αντίκτυπο που έχουν κάποια γεγονότα και τα μέτρα τα οποία είχαν ληφθεί σε ανάλογη περίπτωση. Έτσι, μπορούν να επιλέξουν αν θα υιοθετήσουν ένα παρόμοιο κυκλοφοριακό καθεστώς, αν θα το τροποποιήσουν ή αν θα υιοθετήσουν ένα καινούργιο.

### 4. Πρόβλεψη κυκλοφοριακής κατάστασης

Η λήψη και αποθήκευση δεδομένων γίνεται ώστε με τη μελέτη και επεξεργασία τους να προβλεφθούν δυσμενείς κυκλοφοριακές συνθήκες προτού εμφανιστούν. Οι μέθοδοι ανάλυσης πλέον, πραγματοποιούν την πολύ γρήγορη επεξεργασία των δεδομένων και την εξόρυξη γνώσης, αλλά, αν υπάρξουν εξωτερικοί παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα, συναντάται μεγάλη δυσκολία και μπορεί να προκύψουν μεγάλα σφάλματα στην ανάλυση. Για το λόγο

αυτό δε θα επιτευχθεί η εκτίμηση της σημασίας των δεδομένων και της επιρροής τους στην πρόβλεψη που θα πραγματοποιήσουμε.

Ως αποτέλεσμα, στο πλαίσιο STAR-CITY μελετούνται και χρησιμοποιούνται τα δεδομένα τα οποία μπορεί να επηρεάσουν άμεσα ή σε βάθος χρόνου τα αποτελέσματα ανάλυσης. Έτσι, πραγματοποιείται πρόβλεψη της κυκλοφοριακής κατάστασης για τις επόμενες πέντε ώρες, όπως φαίνεται στην ΕΙΚΟΝΑ 26, στην οποία το μαύρο χρώμα αντιστοιχεί σε στάσιμη ροή, το κόκκινο σε πυκνή ροή, το πορτοκαλί σε μέτρια ροή, το κίτρινο σε χαμηλή ροή και το πράσινο σε ελεύθερη ροή.



ΕΙΚΟΝΑ 26:Σχεδιάγραμμα της προβλεπόμενης κυκλοφοριακής ροής[74]

Στο πλαίσιο ανάλυσης μεγάλων δεδομένων κυκλοφοριακών συνθηκών STAR-CITY χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες τεχνολογίες:

#### 1. Ανάδειξη σημασίας των πληροφοριών

Οι τεχνολογίες ανάδειξης της σημασίας των δεδομένων, επιτυγχάνουν τη σύγκριση και την αξιολόγηση των παρατηρηθέντων γεγονότων μέσω των χαρακτηριστικών τους και του βαθμού εμφάνισής τους. Στη συνέχεια συνδυάζονται και παράγουν μία εγγραφή την οποία αποτελούν οι κυκλοφοριακές συνθήκες και πως επηρεάζονται από το φόρτο των οχημάτων, τα μέτρα που είχαν ληφθεί, τα

αποτελέσματα που είχαν και την ύπαρξη εξωτερικών παραγόντων που παρατηρήθηκαν [74]. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται για την ανάδειξη της σημασίας των δεδομένων στην περίπτωση της πόλης του Δουβλίνου, βρίσκεται κωδικοποιημένο στην εφαρμογή OWL2 EL. Επιλέχθηκε η συγκεκριμένη εφαρμογή διότι διαθέτει [68]:

- την εκφραστικότητα, η οποία, απαιτείται για τη μοντελοποίηση της σημασίας των δεδομένων και
- την επεκτασιμότητα, η οποία, απαιτείται στο πλαίσιο STAR-CITY, για τις μεθόδους ανάδειξης της σημασίας των δεδομένων.

## 2. Εμπλουτισμός σημασίας

Στο πλαίσιο STAR-CITY όλα τα ληφθέντα δεδομένα στη ψευδογλώσσα OWL δρομολογούνται με το λογισμικό InfoSphere Streams της εταιρείας IBM. Στο λογισμικό αυτό, λειτουργούν εφαρμογές δρομολόγησης, όπως, η XSLT (eXtensible Stylesheet Language Transformations για δεδομένα XML:eXtensive Markup Language) και η TYPifier (για δεδομένα της εφαρμογής Twitter). Έτσι διαχωρίζονται σύμφωνα με τον τύπο δεδομένων. Όλες οι γλώσσες οντολογίας έχουν κοινό υπόβαθρο αλλά διαφέρουν σε κάποια τμήματα.

## 3. Κατανομή πληροφοριών βάσει της σημασίας τους

Στο στάδιο αυτό, πραγματοποιείται κατανομή των ροών δεδομένων πραγματικού χρόνου σε υποσύνολα τα οποία είναι βασισμένα σε ένα κοινό πλαίσιο περιεχομένου. Εφαρμόζοντας κανόνες της ψευδογλώσσας OWL 2 EL στις ομάδες/κατηγορίες που δημιουργήθηκαν στο προηγούμενο στάδιο, κάθε ομάδα ακολουθεί ένα μόνο τύπο περιγραφικής λογικής στον οποίο λειτουργεί ένα συγκεκριμένο κανόνα.

#### 4. Συλλογιστική σημασίας ροών

Σε πραγματικό χρόνο πραγματοποιείται σύγκριση και ταύτιση ροών δεδομένων ή και τμημάτων τους. Αυτό απαιτείται για τον εντοπισμό της ομοιότητας καθώς και άλλων συσχετίσεων του περιεχομένου των ροών σε βάθος χρόνου.

#### 5. Συλλογιστική διάγνωσης

Στο πλαίσιο STAR-CITY χρησιμοποιούνται οι ροές των δεδομένων που λαμβάνονται και ακολούθως εξάγεται η σημασία τους. Συγκεκριμένα στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται η διαδικασία «εκτός σύνδεσης» (offline process), δηλαδή, η ψηφιακή απεικόνιση του οχήματος το οποίο πραγματοποιεί σταθερό δρομολόγιο και του οδικού δικτύου.

Στην ψηφιακή βιβλιοθήκη του συστήματος υπάρχει ιστορικό εγγραφών, όπου κάθε εγγραφή περιέχει τις πληροφορίες του δρομολογίου του οχήματος, του χρόνου πραγματοποίησης της διαδρομής και των ενδιάμεσων χρόνων από στάση σε στάση, των πιθανών γεγονότων στην πόλη και των καιρικών συνθηκών. Όλα τα χαρακτηριστικά κάθε εγγραφής θεωρούνται σαν υποσύνολο, τα οποία, συνδέονται με την εκάστοτε πιθανή κυκλοφοριακή συμμόρφωση και την πιθανότητα εμφάνισης της λόγω αυτών. Στην συνέχεια, πραγματοποιείται η διαδικασία «εντός σύνδεσης» (online process) κατά την οποία γίνεται αναζήτηση στο ιστορικό δεδομένων, ώστε, να εντοπιστούν παρόμοιες εγγραφές, δηλαδή, με ίδια χαρακτηριστικά. Η αναζήτηση αυτή επιτυγχάνεται μέσω σύγκρισης και αν είναι δυνατό, μέσω ταυτοποίησης της σημασιολογικής περιγραφής του περιεχομένου.

Στην προσπάθεια αντιμετώπισης εμφανιζόμενων προβλημάτων καθώς και στην βελτιστοποίηση της υπάρχουσας κυκλοφοριακής κατάστασης στο οδικό δίκτυο,

το θέμα των οδικών μεταφορών μελετάται από τη σκοπιά τεσσάρων κατηγοριών. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- η στρατηγική,
- η τακτική,
- η λειτουργικότητα και
- η ανάλυση σε πραγματικό χρόνο.

Συγκεκριμένα, στρατηγική είναι η μακροπρόθεσμη λειτουργία του συστήματος οδικών μεταφορών, ώστε, να αξιολογηθεί το αποτέλεσμα ενός μέτρου, διαδικασίας, έργου που θα εισαχθεί στο σύστημα. Η τακτική είναι η κατανόηση των επιθυμητών στόχων σε συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα, ώστε, να εντοπιστούν και να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα επίτευξης τους. Η λειτουργικότητα, είναι ο εντοπισμός των γεγονότων και των χαρακτηριστικών τους σε ένα χρονικό πλαίσιο. Η ανάλυση πραγματικού χρόνου είναι ο εντοπισμός και η μελέτη των χρονικά κρίσιμων για την κυκλοφορία λειτουργιών.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, στην πόλη του Δουβλίνου, η λήψη αποφάσεων στηρίζεται κυρίως στις κατηγορίες λειτουργικότητας και ανάλυσης σε πραγματικό χρόνο. Στην κατηγορία λειτουργικότητας πραγματοποιείται επιθεώρηση των συνθηκών διαφόρων, ήδη ορισμένων, θεμάτων. Αυτό επιτυγχάνεται με τον υπολογισμό και την παρατήρηση των δεικτών απόδοσης ποιότητας (KPIs: Key Performance Indicators) των μελετούμενων θεμάτων.

Οι δείκτες απόδοσης ποιότητας αποτελούν μέτρο, το οποίο, προσδιορίζει την απόδοση μίας συνθήκης με γνώμονα κάποιον επιχειρηματικό στόχο [75]. Ένας δείκτης μπορεί να έχει τη μορφή αριθμού ή ποσοστού. Παραδείγματα δεικτών απόδοσης ποιότητας είναι τα εξής:

- (Απόδοση επένδυσης) =  $[(\text{Εσοδα επένδυσης}) - (\text{Κόστος επένδυσης})]/(\text{Κόστος επένδυσης})$
- (Λειτουργικά κέρδη) =  $(\text{Εσοδα πωλήσεων}) - (\text{Λειτουργικό κόστος})$
- (Ρυθμός αύξησης/μείωσης χρήσης μέσου) =  $[(\text{Χρήση μέσου κατά την περίοδο μελέτης}) - (\text{Χρήση μέσου κατά την προηγούμενη περίοδο})]/(\text{Χρήση μέσου κατά την προηγούμενη περίοδο}) * 100$

Για την απόδοση ενός συστήματος, όπως για παράδειγμα ενός οδικού δικτύου, δεν γίνεται να χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης απόδοσης ποιότητας ένας αριθμός οδηγών οι οποίοι λειτουργούν με ένα συγκεκριμένο τρόπο αν δε γίνει συσχέτιση αυτού του αριθμού με τον οικονομικό αντίκτυπο (μείωση/ αύξηση εσόδων) που έχει στο συνολικό υπό μελέτη σύστημα. Στην πόλη του Δουβλίνου, χρησιμοποιούνται οι δείκτες απόδοσης ποιότητας των μεταφορών, του περιβάλλοντος και ένας δείκτης ο οποίος περιλαμβάνει και τους δύο προαναφερόμενους δείκτες. Με την επιθεώρηση των δεικτών μέσα από τη διεπαφή του συστήματος οι αρχές διαχείρισης των μεταφορών μπορούν εύκολα να εντοπίσουν καταστάσεις τις οποίες θα βελτιώσουν αν είναι επιθυμητό ή αναγκαίο, μέσω ενός μέτρου ή μίας τροποποίησης του οδικού δικτύου.

Στην κατηγορία ανάλυσης σε πραγματικό χρόνο λαμβάνει χώρα η παρακολούθηση του οδικού δικτύου μέσω διατάξεων κάμερας. Για την παρακολούθηση αρχείων βίντεο, έχουν μελετηθεί και αναπτυχθεί ειδικοί αλγόριθμοι. Παρουσιάζουν όμως προβλήματα στους διαχειριστές του οδικού δικτύου. Ένα από αυτά είναι το υψηλό κόστος. Έχοντας τοποθετήσει ένα μεγάλο αριθμό διατάξεων κάμερας, για την επεξεργασία των αρχείων βίντεο που παράγονται και λαμβάνονται απαιτείται ένα ισχυρό υπολογιστικό σύστημα, το οποίο με τη σειρά του αυξάνει το



κόστος αγοράς/ κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης του. Ένα ακόμα πρόβλημα είναι ότι με τη τεχνολογία κάμερας παρατηρείται μία δυσμενής κυκλοφοριακή κατάσταση, αλλά, δεν είναι γνωστή ή ορατή η αιτία πρόκλησης αυτής της δυσμενούς κατάστασης.

Για την επιλογή των «καταλληλότερων» διατάξεων κάμερας για τον εντοπισμό της αιτίας εμφάνισης δυσμενούς καταστάσεως, οι υπεύθυνοι διαχείρισης του οδικού δικτύου της πόλης του Δουβλίνου, λαμβάνουν υπόψιν τα εξής τρία στοιχεία. Αρχικά, μετά τη λήψη των κυκλοφοριακών δεδομένων από το οδικό δίκτυο υπολογίζεται ένας βαθμός βαρύτητας/ σημαντικότητας για αυτά, ανάλογος με την απόσταση από και μεταξύ των διατάξεων κάμερας. Έπειτα, λαμβάνεται υπόψιν η διευκόλυνση συγκεκριμένων περιοχών οι οποίες χρήζουν ασφάλειας και κυκλοφοριακής αποσυμφόρησης, όπως, τα σχολεία και τα νοσοκομεία. Τέλος, εξετάζονται οι μεταβολές της κυκλοφοριακής κατάστασης στο πλαίσιο κάποιων χρονικών διαστημάτων.

Τα χρονικά αυτά διαστήματα ονομάζονται «παράθυρα». Έτσι έχουμε:

- το «σύντομο παράθυρο» διαστήματος λίγων δευτερολέπτων, κατά το οποίο, ανιχνεύονται αλλαγές της κυκλοφοριακής κατάστασης,
- το «μεσαίο παράθυρο» διαστήματος περισσότερων δευτερολέπτων, με στόχο να καθοριστεί η διάρκεια των κυκλοφοριακών αλλαγών έτσι, ώστε, να γίνει αντιληπτό το αν οι αλλαγές του «συντόμου παραθύρου» έχουν διάρκεια και
- το «μεγάλο παράθυρο» το οποίο αναφέρεται σε παρελθοντικό χρόνο και εξάγει τις αλλαγές της τακτικής που ακολουθούν οι οδηγοί.

Τα προαναφερόμενα παράθυρα χαρακτηρίζονται από δύο τιμές οι οποίες είναι οι  $s$  και  $r$ . Η τιμή  $s$ , αποτελεί τη συχνότητα δημιουργίας νέου παραθύρου, ενώ, η τιμή  $r$ , αποτελεί τη διάρκεια κατά την οποία ένα παράθυρο θα μένει ανοιχτό. Έτσι έχουμε:

- συρόμενα παράθυρα (sliding windows), όταν η συχνότητα δημιουργίας νέου παραθύρου είναι μικρότερη από τη διάρκεια του παραθύρου να μένει ανοιχτό ( $s < r$ ), δηλαδή, έτσι εκτελούμε μικρότερο αριθμό εργασιών από αυτόν που μπορούμε να εκτελέσουμε,
- πέπτοντα παράθυρα (tumbling windows), όταν η συχνότητα δημιουργίας νέου παραθύρου είναι ίση με τη διάρκεια του παραθύρου να μένει ανοιχτό ( $s = r$ ), δηλαδή, έτσι εκτελούμε αριθμό εργασιών ίσο με αυτόν που μπορούμε να εκτελέσουμε και
- στιγμιότυπα ροής (fragments of the stream), όταν η συχνότητα δημιουργίας νέου παραθύρου είναι μεγαλύτερη από τη διάρκεια του παραθύρου να μένει ανοιχτό ( $s > r$ ), δηλαδή, έτσι έχουμε να εκτελέσουμε μεγαλύτερο αριθμό εργασιών από αυτόν που μπορούμε να εκτελέσουμε.

Για την μελέτη των συλλεχθέντων δεδομένων στην πόλη του Δουβλίνου, έχει υιοθετηθεί το πλαίσιο RDF (Resource Description Framework) δεδομένων. Το RDF αποτελεί ένα πλαίσιο, το οποίο, προτάθηκε από την κοινοπραξία W3C και βοηθάει στην περιγραφή της σύνδεσης δεδομένων στον ιστοχώρο, δηλαδή στην αναπαράσταση συνδεδεμένων δεδομένων [77], το οποίο, αποτελεί σημαντικό στόχο στην ανάλυση που πραγματοποιείται στο Δουβλίνο. Συγκεκριμένα, περιγράφει τη σύνδεση δύο πόρων δεδομένων ή ενός πόρου με την αξία του. Έχει τη μορφή:

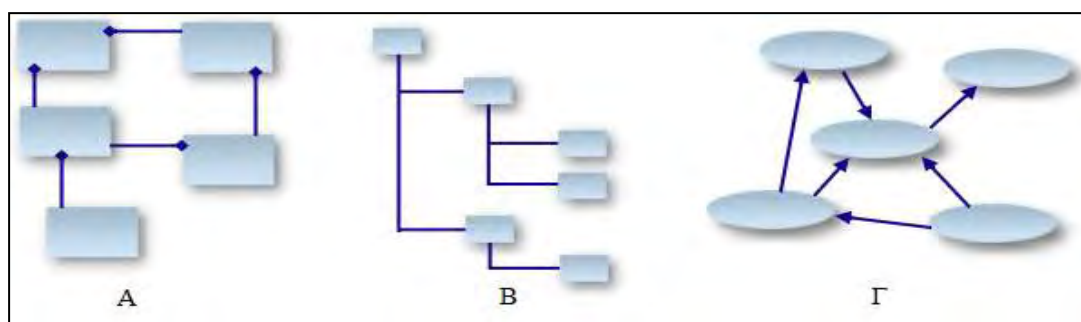
υποκείμενο(subject)-ιδιότητα(property)-αντικείμενο(object)

Όπως παρατηρούμε αποτελείται από τρεις όρους, για αυτό, το πλαίσιο δεδομένων RDF καλείται αλλιώς και γλώσσα τριπλών μοτίβο (triple pattern). Η γλώσσα γραφής των RDF δεδομένων είναι η RDFS (Resource Description Framework Schema). Ένα παράδειγμα δεδομένων RDF είναι το εξής:

«:citizenofvolos:owns:car»

Στο παραπάνω παράδειγμα ο όρος :citizenofvolos αποτελεί τον πρώτο πόρο (υποκείμενο/ αντικείμενο) και ο όρος :car αποτελεί το δεύτερο πόρο. Η σύνδεση των προαναφερόμενων πόρων επιτυγχάνεται με τη δήλωση συσχέτισης/ ιδιότητας :owns. Έτσι, πραγματοποιείται συγκέντρωση και συσχέτιση δεδομένων από μεγάλες και ετερογενείς πηγές δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Με άλλα λόγια με το πλαίσιο αρχείων RDF πραγματοποιείται ο σχεδιασμός της δομής σημασιολογικά συνδεδεμένων δεδομένων. Σε μία βάση δεδομένων υπάρχουν δεδομένα τα οποία έχουν μεγαλύτερη σημασία ή προτεραιότητα σε σχέση με κάποια άλλα [78].



ΕΙΚΟΝΑ27: Τύποι απεικόνισης βάσης δεδομένων RDF [79].

Στην ΕΙΚΟΝΑ 27, παρατηρούμε τρεις τύπους βάσεων δεδομένων RDF, κατά την οποία, στην περίπτωση A έχουμε μια βάση συσχέτισης δεδομένων συνδεδεμένων με το αντίστοιχο «κλειδί» το οποίο δίνει την ακριβή σημασία της συσχέτισης μεταξύ των δεδομένων, στην περίπτωση B έχουμε μία βάση δεδομένων στην οποία το τελικό στοιχείο (κόμβοι δεξιά) εξαρτάται από το αρχικό στοιχείο (κόμβος αριστερά) και

στην περίπτωση Γ έχουμε μία βάση δεδομένων στην οποία τα στοιχεία συνδέονται αυθαίρετα.

Για τη διαχείριση και ανάλυση των δεδομένων RDF, χρησιμοποιείται η ψευδογλώσσα SPARQL (Sparql Protocol And RDF Query Language), η οποία, καταφέρνει να ανακτήσει και να διαχειριστεί συνεχή δεδομένα τα οποία είναι μορφής RDF. Πιο συγκεκριμένα αποτελεί μία ψευδογλώσσα με την οποία μπορούμε να εξάγουμε ρητές και κρυφές πληροφορίες, οι οποίες βασίζονται στη σημασιολογία, στο συντακτικό και στη δομή των δεδομένων. Με τη ψευδογλώσσα SPARQL και τις επεκτάσεις της που έχουν αναπτυχθεί (C-SPARQL, CQELS), η οποία, συντακτικά αποτελεί μία γλώσσα εξέτασης δομημένων ερωτημάτων (SQL- Structured Query Language) [76], επιτυγχάνεται η συνεχής διαχείριση και ανάλυση ροών δεδομένων RDF στα ερωτήματα που θέτονται.

Στη ψευδογλώσσα SPARQL για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιούνται τα βασικά γραφικά μοτίβο (Basic Graph Patterns). Ο ρόλος των βασικών γραφικών μοτίβο είναι ο καθορισμός της σύνδεσης των τριπλών μοτίβο που εμπεριέχουν, ο οποίος απαιτείται για την εκτέλεση ενός ερωτήματος. Για παράδειγμα ένα βασικό γραφικό μοτίβο το οποίο περιλαμβάνει τα εξής τριπλά μοτίβο:

`<?x :type :Bus.> και <?x :latitude ?y.>`

θα παραλάβει όλα τα x, τα οποία, στο πρώτο τριπλό μοτίβο είναι τα λεωφορεία και όλα τα x, τα οποία, στο δεύτερο τριπλό μοτίβο είναι το αντίστοιχο γεωγραφικό τους πλάτος και ως αποτέλεσμα θα εξάγει όλα τα λεωφορεία με το γεωγραφικό τους πλάτος [71].

Όπως προαναφέρθηκε η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιείται στο λογισμικό συμπλέγματος (clustering) ροών InfoSphere Streams της IBM, το οποίο, είναι σχεδιασμένο να χρησιμοποιεί τη γλώσσα προγραμματισμού SPL (Stream Processing Language). Με τη χρήση της SPL, το InfoSphereStreams:

1. χαρτογραφεί την τοπολογία του συνολικού συστήματος σχεδιάζοντας τα τμήματα του συστήματος,
2. καταγράφει τις συνδέσεις μεταξύ των τμημάτων και των εργασιών τους και
3. συντονίζει την επεξεργασία των δεδομένων, την αναπαράσταση των δεδομένων και τα τμήματα επεξεργασία τους.

Η ψευδογλώσσα SPARQL για να γίνει κατανοητή στο λογισμικό InfoSphere Streams, πραγματοποιείται η επεξεργασία των δεδομένων, η οποία, αποτελείται από τρεις ενότητες. Την ενότητα καθορισμού εισερχόμενων δεδομένων, την ενότητα συλλογιστικής και την ενότητα λειτουργικής αξιολόγησης.

Στην ενότητα καθορισμού των δεδομένων λαμβάνονται τα αποτελέσματα της SPARQL σύμφωνα με την οποία έχει οριστεί η πηγή λήψης των δεδομένων με την εντολή FROM. Έτσι, στην ενότητα αυτή, τα δεδομένα επισημαίνονται με την αντίστοιχη ετικέτα, με την οποία, γνωστοποιείται η προέλευση των δεδομένων. Ταυτόχρονα πραγματοποιείται καθαρισμός των εισερχόμενων δεδομένων και τροποποίηση τους σύμφωνα με κανόνες, ώστε, να σταλούν στις επόμενες ενότητες επεξεργασίας μόνο τα απαραίτητα και με την ανάλογη μορφή. Στη συγκεκριμένη ενότητα, στα δεδομένα έχει επιτραπεί η αυτόματη σύνδεση ή ο διαχωρισμός σύμφωνα με εφαρμοσμένα πρότυπα.

Στην ενότητα λειτουργικής/ λογικής αξιολόγησης λαμβάνονται τα αποτελέσματα της ψευδογλώσσας SPL, δηλαδή, τα τμήματα του συστήματος, οι

εργασίες τους και η σύνδεση μεταξύ τους και στη συνέχεια υπολογίζονται και διαχειρίζονται τα απαιτούμενα «παράθυρα» τα οποία είναι οι εργασίες που θα πραγματοποιηθούν. Η μετάφραση των αποτελεσμάτων της SPARQL στην SPL πραγματοποιείται με εργαλεία τα οποία λαμβάνουν υπόψιν χαρακτηριστικά, περιεχόμενο και διάταξη.

Στην ενότητα συλλογιστικής, πραγματοποιείται η ανάλυση των δεδομένων ως προς τη μορφή και το περιεχόμενο των δεδομένων. Συνδέοντας και αποδίδοντας τα δεδομένα σε μορφή RDF, μπορούμε να επιτύχουμε την ανάλυση τους και την απάντηση των ερωτημάτων της εφαρμογής ακόμα και αν δε γνωρίζουμε το ακριβές περιεχόμενο τους. Η ανάλυση αυτή, μπορεί να πραγματοποιηθεί με τρεις μεθόδους συλλογιστικής:

1. Υλοποίηση/ προς τα εμπρός αλυσιδωτή σύνδεση (forward chaining)

Στην προς τα εμπρός αλυσιδωτή σύνδεση πραγματοποιείται συλλογιστική ανάλυσης δεδομένων σύμφωνα με υπάρχοντες κανόνες επεξεργασίας δεδομένων και λεξικά δεδομένων. Για το λόγο του ότι, με βάση τα δεδομένα αναζητά τους κανόνες που συμφωνούν με αυτά, καλείται και ως συλλογιστική με γνώμονα τα δεδομένα. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για περιπτώσεις, κατά τις οποίες, η λήψη νέων δεδομένων μπορεί να δημιουργήσει νέα συμπερασματολογία [79]. Το μειονέκτημα το οποίο παρουσιάζει η μέθοδος αυτή είναι ότι, θα πραγματοποιηθεί ανάλυση χρησιμοποιώντας και δεδομένα τα οποία δε θα συμβάλλουν στην απάντηση των ερωτημάτων.

2. Προς τα πίσω αλυσιδωτή σύνδεση (backward chaining)

Κατά την προς τα πίσω αλυσιδωτή σύνδεση αναλύεται ένα ερώτημα και πραγματοποιείται συλλογιστική χρησιμοποιώντας μόνο τα δεδομένα, τα οποία, έχουν αντίκτυπο στην απάντηση του ερωτήματος. Για το λόγο ότι πραγματοποιείται με βάση τον επιθυμητό σκοπό, η μέθοδος αυτή καλείται και ως συλλογιστική με γνώμονα το στόχο. Έξετάζεται αν τα δεδομένα μπορούν να υποστηρίξουν τους στόχους που έχουμε οριστεί [80]. Η μέθοδος αυτή, είναι κατάλληλη για περιπτώσεις συνεχούς αλλαγής δεδομένων και όταν μελετάται υποσύνολο των δεδομένων. Το μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι, πρέπει να εντοπιστούν ποια δεδομένα, τα οποία, μπορεί να ανήκουν και σε τυχαία υποσύνολα, θα βοηθήσουν στην απάντηση του ερωτήματος.

### 3. Υβριδική συλλογιστική

Τα μειονεκτήματα των δύο προηγούμενων μεθόδων μπορούν να αντιμετωπιστούν με την υβριδική προσέγγιση, η οποία χρησιμοποιεί και τις δύο προσεγγίσεις μαζί με τη στατική γνώση της εφαρμογής. Τουτέστιν, χρησιμοποιούνται τα δεδομένα τα οποία έχουν σαφέστατα άμεση σχέση με το οδικό τμήμα που μελετάται, τα οποία, μέσα από την προς τα πίσω αλυσιδωτή σύνδεση καθαρίζονται και αποστέλλονται στην προς τα εμπρός αλυσιδωτή σύνδεση.

Το αποτέλεσμα της υβριδικής συλλογιστικής είναι ότι μειώνεται το μέγεθος των προς επεξεργασία δεδομένων, ο συνολικός χρόνος συλλογιστικής, των συνδέσεων των δεδομένων και των ενδιάμεσων υπολογισμών και των συνεπακόλουθων αποτελεσμάτων, τα οποία, δεν είναι αναγκαία για την επίλυση των ερωτημάτων [71].

Για το σχήμα/ δομή που έχουν τα αρχεία RDF, το οποίο, εξάγεται με χρήση της γλώσσας RDFS, ακολουθούνται κάποιοι κανόνες απόδοσης των συστημάτων,

περιορίζονται οι επεκτάσεις δομής των αρχείων RDF και χρησιμοποιούνται μόνο αξιόπιστες πηγές.

Στα ερωτήματα της ψευδογλώσσας SPARQL μπορεί να υπάρξουν περισσότερα από ένα τριπλά μοτίβο. Ένας τρόπος είναι η επιλογή εκτέλεσης συμπερασματολογίας σε κάθε τριπλό μοτίβο ξεχωριστά. Με τον τρόπο αυτό θα πραγματοποιηθεί καλύτερο φιλτράρισμα των τριπλών μοτίβο με αποτέλεσμα τη μείωση τους. Άλλος τρόπος είναι, ο προσδιορισμός των φίλτρων, ούτως ώστε, να χρησιμοποιηθούν μόνο αυτά που ταιριάζουν με το μοτίβο που ορίζεται. Έτσι, δε θα πραγματοποιηθεί επανάληψη ήδη πραγματοποιηθέντων υπολογισμών.

Στο Παράρτημα Γ, γίνεται περιγραφή και απεικόνιση των ερωτημάτων (Queries) αναφοράς LUBM (Lehigh University Benchmark), δηλαδή, του τρόπου με τον οποίο πραγματοποιείται η σύνδεση των δεδομένων, στην ψευδογλώσσα SPARQL [81].

Συγκεντρωτικά, στην ανάλυση η οποία παρουσιάστηκε και πραγματοποιείται στην πόλη του Δουβλίνου επιτυγχάνεται η συνεχής συλλογή δεδομένων από το οδικό δίκτυο και τα οχήματα μαζικών μεταφορών, η σύνδεση τους σε πραγματικό χρόνο και η χαρτογράφηση του συνολικού συστήματος (ψηφιακός χάρτης πόλης, λεωφορεία, δρομολόγια). Με τον τρόπο αυτό, οι αρχές διαχείρισης των μεταφορών παρακολουθούν την κυκλοφοριακή κατάσταση στο οδικό δίκτυο της πόλης, εντοπίζουν τα σφάλματα που προκύπτουν και τη σημαντικότητά τους, υπολογίζουν τους αναμενόμενους χρόνους μεταξύ των στάσεων και ακολούθως ενημερώνουν τη διεπαφή του συστήματος και τις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων επί του οδικού δικτύου από τα οποία ενημερώνονται και οι χρήστες του συστήματος δημόσιων συγκοινωνιών της πόλης.



### 5.1.2 Βαρκελώνη

Στην πόλη της Βαρκελώνης, οι αρχές θεώρησαν ότι από την αύξηση των δεδομένων, τα οποία παράγονται, θα μπορούσε μέσω εξέτασης τους, να παραχθεί σημαντική γνώση σε πολλούς τομείς και σε πολλά επίπεδα. Ένας τέτοιος τομέας αποτελεί ο τομέας των μεταφορών.

Για την ανάλυση των μεγάλων δεδομένων στην πόλη της Βαρκελώνης, σημαντικό ρόλο παίζουν τα ανοιχτά δεδομένα. Έτσι, σε συνεργασία με την εταιρεία Bismart, σχεδιάστηκε η πλατφόρμα υπολογιστικού συννέφου ανοιχτών δεδομένων Open Data BCN. Συγκεκριμένα, στην πλατφόρμα αυτή λαμβάνονται δεδομένα από τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, τις εφαρμογές κινητής τηλεφωνίας, το παγκόσμιο σύστημα θεσηθεσίας, τις εφαρμογές πιστωτικών καρτών και τις ιστοσελίδες του διαδικτύου.

Στην πλατφόρμα OpenDataBCN λειτουργείται η πλατφόρμα υπολογιστικού συννέφου Microsoft Azure, η γλώσσα προγραμματισμού δομημένων δεδομένων Microsoft SQL (Structured Query Language) και η γλώσσα προγραμματισμού Microsoft Azure HDInsight η οποία χρησιμοποιεί την τεχνολογία Hadoop [82].

Πραγματοποιείται με τον τρόπο αυτό, ανάλυση των προαναφερθέντων δεδομένων και έτσι οι αρχές της πόλης μπορούν να αναλύσουν την κυκλοφοριακή ροή των κατοίκων και των επισκεπτών σε περιόδους γιορτών, προκειμένου να επανασχεδιάσουν το πρόγραμμα των δρομολογίων των μέσων μαζικής μεταφοράς.

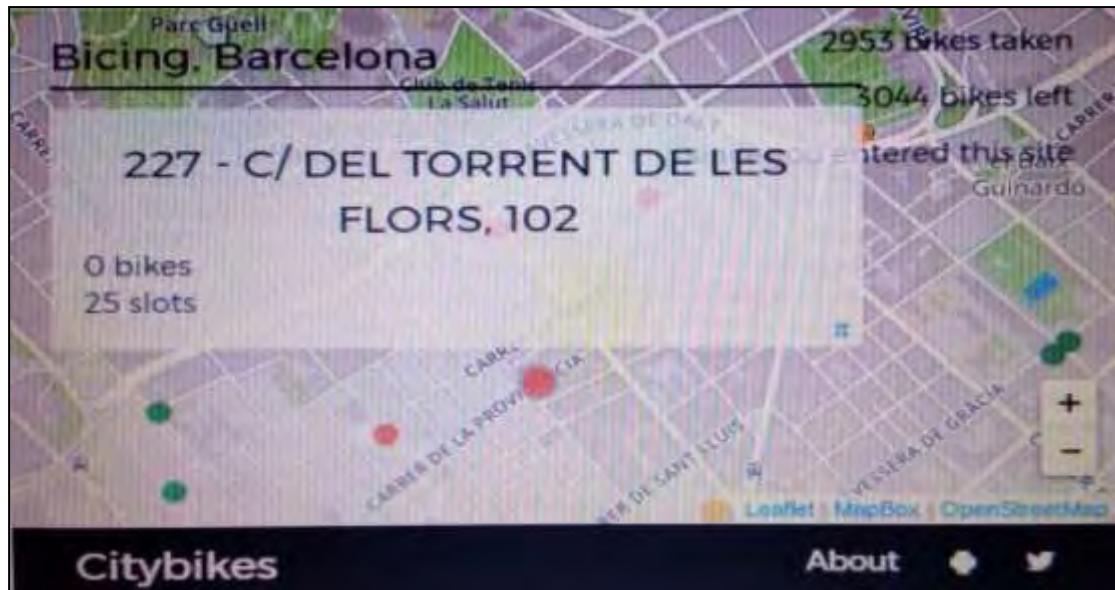


ΕΙΚΟΝΑ 29: Δυσμενείς κυκλοφοριακές συνθήκες 2014 (χρωματική διαβάθμιση) [83].

Έπειτα, μπορούν να προσδιορίσουν και την καταλληλότερη θέση για σταθμούς ενοικίασης ποδηλάτων και οχημάτων, να εντοπίσουν τα σημεία τα οποία χρήζουν κυκλοφοριακής τροποποίησης βάσει ιστορικών δεδομένων και να επιβλέπουν την κυκλοφοριακή κατάσταση μέσω του ψηφιακού χάρτη στη διεπαφή της πλατφόρμας Open Data BCN.

Τα οφέλη της ανάλυσης των μεγάλων δεδομένων με τα προαναφερθέντα εργαλεία στην πόλη της Βαρκελώνης είναι:

1. η απόκτηση εργαλείων ανάλυσης μεγάλων, ποικιλόμορφων και συνεχώς ανανεώσιμων όγκων δεδομένων,
2. η απόκτηση επιχειρηματικής ευφυΐας,
3. η ελεύθερη πρόσβαση από οποιοδήποτε υπολογιστή ή συσκευή κινητής τηλεφωνίας,
4. η αύξηση της αποτελεσματικότητας των μεταφορών,
5. η βελτίωση της ποιότητας ζωής,
6. η παροχή επιχειρηματικών ευκαιριών,
7. η αύξηση της δημόσιας ασφάλειας και
8. η πρόβλεψη των δεδομένων και των διαφόρων καταστάσεων μελλοντικά.



ΕΙΚΟΝΑ 30: Πληροφορίες σταθμού ενοικίασης ποδηλάτων στη Βαρκελώνη [83].

### 5.1.3 Αϊόβα

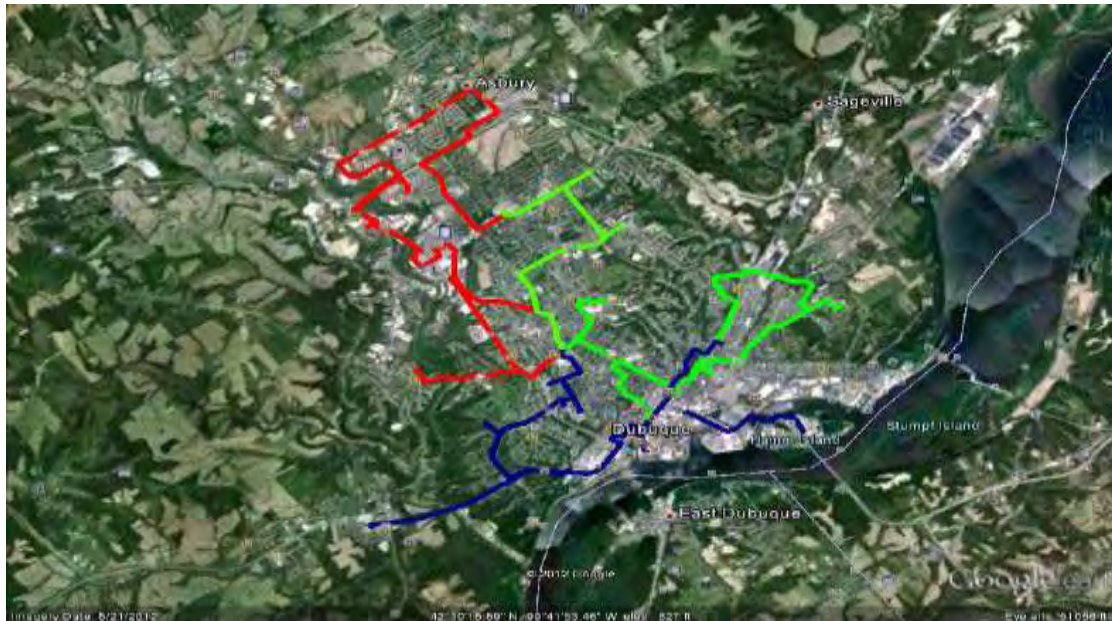
Στα πλαίσια του προγράμματος ευφυούς μετακίνησης Smarter Travel, πραγματοποιήθηκε συνεργασία μεταξύ του τμήματος Dubuque Metropolitan Area Transportation Study στην πόλη Ντιμπούκ (Dubuque) της πολιτείας Αϊόβα (Iowa) στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, της εταιρείας IBM, της οργάνωσης East Central Intergovernmental Association και των μέσων μαζικής μεταφοράς στην πόλη Ντιμπούκ (The Jule Transit), με σκοπό τη βελτιστοποίηση των δημόσιων συγκοινωνιών. Το αποτέλεσμα της συνεργασίας αυτής ήταν η πιλοτική μελέτη, η οποία, χρησιμοποιεί λεπτομερή δεδομένα της χρήσης των δημόσιων μέσων μαζικής μεταφοράς, όπως, η συχνότητα χρήσης τους και οι τοποθεσίες προέλευσης-προορισμού [84].

Στην πιλοτική μελέτη χρησιμοποιήθηκαν οι εφαρμογές των «έξυπνων κινητών» PhoneGap, του παγκόσμιου συστήματος θεσηθεσίας για τον εντοπισμό της θέσης των μετακινούμενων το οποίο ήταν εγκατεστημένο στα κινητά τηλέφωνα και τα δεδομένα που ελήφθησαν από την τεχνολογία αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων

μέσω της «έξυπνης» κάρτας, η οποία, ήταν μία κάρτα με εφαρμογή αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων που δόθηκε σε 500 μετακινούμενους. Οι χρήστες, στους οποίους, δόθηκε η «έξυπνη» κάρτα επιτρεπόταν να χρησιμοποιούν δωρεάν τα μέσα μαζικής μεταφοράς με την προϋπόθεση να την κουβαλούν συνεχώς μαζί τους στις μετακινήσεις τους και να την παρουσίαζαν στους οδηγούς των μέσων μαζικής μεταφοράς. Ακόμα, χρησιμοποιήθηκε το σύστημα AirSage της εταιρείας AirSageInc., το οποίο, εντοπίζει τη θέση των μετακινούμενων που κατέχουν συνηθισμένης/ απλής τεχνολογίας κινητά τηλέφωνα. Ένα μειονέκτημα από το τελευταία αναφερόμενο σύστημα είναι ότι, η καταγραφή της τοποθεσίας δεν είναι ακριβής λόγω της συχνότητας της δειγματοληψίας.

Με τον τρόπο αυτό συλλέχθηκαν σε μία βάση δεδομένων πληροφορίες για το με ποιο μέσο, πότε και από πού προς που οι εθελοντές της πιλοτικής μελέτης πραγματοποίησαν μετακινήσεις εντός της πόλης Ντιμπούκ. Κατά τη λήψη των δεδομένων οι εθελοντές, οι οποίοι, συμμετείχαν στη μελέτη διατηρούσαν την ανωνυμία τους. Στα μέσα μαζικής μεταφοράς είχαν τοποθετηθεί οι τεχνολογίες του παγκόσμιου συστήματος θεσηθεσίας και της αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων. Έτσι, στην κάθε είσοδο ή έξοδο των εθελοντών στα μέσα μαζικής μεταφοράς αποθηκευόταν στη βάση δεδομένων μία καταγραφή.

Με τα δεδομένα τα οποία λαμβάνονταν, δημιουργόταν μια εικόνα της πραγματικής κατάστασης των μέσων μαζικής μεταφοράς, η οποία, επικαιροποιούταν συνεχώς. Οι συμμετέχοντες στη μελέτη λάμβαναν το ιστορικό των μεταφορών, τις οποίες πραγματοποίησαν, σε ψηφιακό χάρτη της πόλης καθώς και συμβουλές για το πώς μπορούν να εξοικονομήσουν χρήματα και χρόνο, επιλέγοντας προτεινόμενες ώρες, διαδρομές και μέσα μαζικής μεταφοράς.



ΕΙΚΟΝΑ 31:Χάραξη προτεινόμενων διαδρομών στην πόλη Ντιμπούκ(Dubuque)[84].

Με την πραγματοποίηση της μελέτης αυτής:

1. αυξήθηκε η χρήση των δημόσιων μέσων μαζικής μεταφοράς και
2. επαναπρογραμματίστηκαν τα δρομολόγια αλλά και το χρονοδιάγραμμα των μέσων μαζικής μεταφοράς.

## 5.2 Εφαρμογή μεγάλων δεδομένων στη διαχείριση της κυκλοφορίας

Ακολούθως, παρουσιάζεται η χρήση των μεγάλων δεδομένων στον τομέα διαχείρισης της κυκλοφορίας. Θα παρουσιαστούν οι περιπτώσεις χρήσης μεθόδων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων στην πόλη του Σαν Φρανσίσκο, στο διαπολιτειακό αυτοκινητόδρομο I-95 στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και στην επαρχία Τσετσιάνγκ της Κίνας. Με τη μελέτη των μεγάλων δεδομένων στις προαναφερόμενες περιπτώσεις, πραγματοποιείται διαχείριση της κυκλοφορίας και με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η άνετη κυκλοφορία των οχημάτων μαζικών μεταφορών στο οδικό δίκτυο και η ενημέρωση των χρηστών του (Σαν Φρανσίσκο), η ασφαλής μετακίνηση και ενημέρωση των χρηστών του οδικού δικτύου (Αυτοκινητόδρομος I-95) και η συνεχής παρακολούθηση και αστυνόμευση του οδικού δικτύου (Τσετσιάνγκ).



### 5.2.1 Σαν Φρανσίσκο

Στην πόλη Σαν Φρανσίσκο, παρουσιάστηκαν δυσμενείς κυκλοφοριακές συνθήκες, οι οποίες από τη μελέτη που πραγματοποίησε το γραφείο διαχείρισης των μεταφορών στην πόλη SFMTA (San Francisco Municipal Transportation Agency), έγινε φανερό ότι είναι αποτέλεσμα της στάθμευσης που πραγματοποιείται από τους χρήστες του οδικού δικτύου της πόλης. Η υπηρεσία διαχείρισης των μεταφορών της πόλης έθεσε ως στόχο την εύρεση λύσης με την οποία θα εξαληφθεί το προαναφερόμενο πρόβλημα, το οποίο, εμποδίζει την ομαλή και ασφαλή κίνηση των οχημάτων. Τη λύση αυτή αποτελεί, η υποβοήθηση των χρηστών του οδικού δικτύου, ώστε, να μειώσουν τον καταναλώμενο χρόνο και τα καύσιμα κίνησης του οχήματος τους προς εύρεση ελεύθερης θέσης στάθμευσης.

Για το λόγο αυτό, τοποθετήθηκαν αισθητήρες στις θέσεις στάθμευσης σε συγκεκριμένες περιοχές, με τα δεδομένα των οποίων θα ήταν γνωστή η πληρότητα του χώρου στάθμευσης και ακολούθως θα πραγματοποιούταν η ανάλογη κοστολόγηση των θέσεων στάθμευσης, η οποία, μέχρι πρότεινως ήταν \$3 σε οποιοδήποτε σημείο στην πόλη και οποιαδήποτε χρονική στιγμή [85]. Η τιμολόγηση των χώρων στάθμευσης αποτελεί το κύριο αντικείμενο της εφαρμογής SFpark, η οποία, αναπτύχθηκε προς επίλυση του προβλήματος. Στην ουσία, με την εφαρμογή SFpark πραγματοποιείται τιμολόγηση των επιδόσεων, δηλαδή, προσαρμογή του κόστους στάθμευσης σύμφωνα με το εκάστοτε ποσοστό πληρότητας των θέσεων στάθμευσης στην περιοχή, στην οδό και στο τμήμα της οδού.

Το γραφείο διαχείρισης SFMTA, στη μελέτη του προβλήματος των κυκλοφοριακών συνθηκών λόγω του παράγοντα στάθμευσης, έθεσε ως επιθυμητό

ποσοστό πληρότητας των θέσεων στάθμευσης σε μία περιοχή, οδό ή τμήμα της οδού, το 60-80% [86]. Στην εφαρμογή SFpark εξετάστηκαν έντεκα περιοχές της πόλης. Συγκεκριμένα, οι οκτώ αποτέλεσαν πιλοτικές περιοχές στις οποίες εφαρμόστηκε η μεταβλητή τιμολόγηση στάθμευσης ανά τέσσερις ώρες και οι τρεις αποτέλεσαν περιοχές ελέγχου στις οποίες πραγματοποιούνταν η σταθερή, των \$3, τιμολόγηση της στάθμευσης σε οποιοδήποτε τμήμα των περιοχών και χρόνο. Στις πιλοτικές περιοχές εγκαταστήθηκαν και μηχανές πίστωσης της στάθμευσης, παρά της οδού.



ΕΙΚΟΝΑ 32:Περιοχές της SFpark, πιλοτικές (πορτοκαλί), ελέγχου (μπλε) [87].

Ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιήθηκαν και πιλοτικές περιοχές και περιοχές ελέγχου, είναι η δυνατότητα κατά την αξιολόγηση της εφαρμογής SFpark, να κατανοηθεί ο αντίκτυπος της προσαρμοζόμενης τιμολόγησης σύμφωνα με το εκάστοτε ποσοστό πληρότητας των χώρων στάθμευσης, σε σύγκριση με άλλες αλλαγές των κυκλοφοριακών συνθηκών, οι οποίες, δε συνδέονται με την τιμολόγηση της στάθμευσης [87].

Για την επίτευξη ύπαρξης του επιθυμητού ποσοστού πληρότητας των χώρων στάθμευσης, αποφασίστηκαν συγκεκριμένες αυξομειώσεις της τιμολόγησης των θέσεων στάθμευσης ανά ώρα, ως εξής:

- Όταν η πληρότητα του χώρου στάθμευσης είναι 80%-100%, τότε, η τιμή στάθμευσης ανά ώρα, αυξάνεται κατά \$0,25.
- Όταν η πληρότητα του χώρου στάθμευσης είναι 60%-80%, τότε, η τιμή στάθμευσης ανά ώρα, παραμένει σταθερή.
- Όταν η πληρότητα του χώρου στάθμευσης είναι 30%-60%, τότε, η τιμή στάθμευσης ανά ώρα, μειώνεται κατά \$0,25.
- Όταν η πληρότητα του χώρου στάθμευσης είναι μικρότερη από 30%, τότε η τιμή στάθμευσης ανά ώρα, μειώνεται κατά \$0,50.

Με άλλα λόγια, το γραφείο διαχείρισης των μεταφορών SFMTA θεώρησε ότι, με τη σωστή λειτουργία της εφαρμογής SFpark και την ανάλογη αυξομείωση των θέσεων στάθμευσης, τα ποσοστά των χρηστών του οδικού δικτύου, μιας πλήρους ή πάνω από το επιθυμητό ποσοστό πληρότητας των θέσεων στάθμευσης περιοχής, θα μετακινηθούν σε άλλη περιοχή με μικρότερο ποσοστό πληρότητας, το οποίο, συνεπάγεται και μικρότερες τιμές στάθμευσης. Η μελέτη της προσαρμογής της τιμής στάθμευσης πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο των χρονικών ζωνών της ημέρας, της ημέρας της εβδομάδας (Δευτέρα-Παρασκευή, Σάββατο-Κυριακή) και της περιοχής των χώρων στάθμευσης. Οι χρονικές ζώνες, αποτελούν τις περιόδους:

- 9.00-12.00
- 12.00-15.00
- 15.00-18.00



Συνδυάζοντας όλα τα παραπάνω δεδομένα, υπολογίστηκε η χρονική ζώνη των χώρων στάθμευσης, η οποία, αποτελεί μία αναλυτική μονάδα για την προσαρμογή της τιμής των θέσεων στάθμευσης στην εφαρμογή SFpark [88].

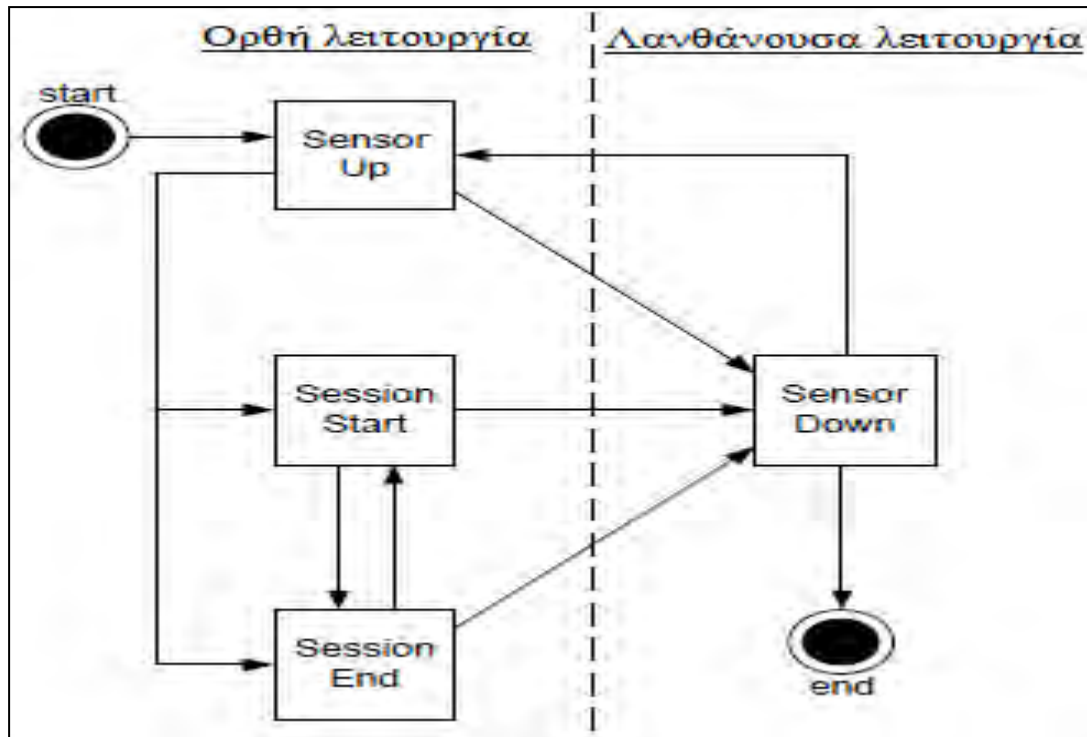
Για τον υπολογισμό της πληρότητας των χώρων στάθμευσης, λαμβάνονται τα δεδομένα των αισθητήρων, τα οποία, στη συνέχεια μεταφέρονται στην αποθήκη δεδομένων της εφαρμογής SFpark. Τα δεδομένα αυτά, αποτελούνται από τα εξής στοιχεία:

- Αναγνώριση της θέσης στάθμευσης, με χρήση των χωρικών συντεταγμένων της θέσης.
- Αναγνώριση του/των αισθητήρα/ρων της θέσης στάθμευσης, σύμφωνα με συγκεκριμένο συντακτικό τυποποίησης SSS-BBNNX, όπου:
  - SSS είναι το τριψήφιο αναγνωριστικό δρόμου,
  - BB είναι το διψήφιο αναγνωριστικό τμήματος του δρόμου,
  - NN είναι το διψήφιο αναγνωριστικό της πλησιέστερης διασταυρώμενης οδού στον αισθητήρα,
  - X είναι η αρίθμηση του τμήματος της θέσης στάθμευσης, η οποία είναι συνήθως 0.
- Κατάσταση πληρότητας της θέσης στάθμευσης, η οποία όπως γίνεται κατανοητό αποτελεί την ενημέρωση κατάληψης ή όχι της θέσης στάθμευσης.
- Χρονικά ορισμένη κατάσταση πληρότητας της θέσης στάθμευσης, η οποία, αποτελεί τη στιγμή που πραγματοποιείται η στάθμευση και λαμβάνεται ως όταν το εισερχόμενο στη θέση στάθμευσης όχημα σταματάει να κινείται.
- Χρονική στιγμή μεταφοράς των δεδομένων του αισθητήρα στη βάση δεδομένων της εφαρμογής SFpark.

Η κατάσταση πληρότητας μίας θέσης στάθμευσης περιγράφεται από τα στοιχεία SS, SE, SD, SU και HB. Συγκεκριμένα το στοιχείο SS (SessionStart) αποτελεί την έναρξη μίας νέας εγγραφής στη βάση των δεδομένων, η οποία πραγματοποιείται όταν το νεοεισερχόμενο στη θέση στάθμευσης όχημα σταματήσει να κινείται. Το στοιχείο SE (SessionEnd) αποτελεί την ολοκλήρωση της προαναφερθείσας εγγραφής η οποία πραγματοποιείται όταν το ήδη σταθμευμένο στη θέση όχημα αποχωρεί. Το στοιχείο SD (SensorDown) αποτελεί την ένδειξη ότι ο/ οι αισθητήρας/ ρες στη θέση στάθμευσης λειτουργεί/ργούν λαμβασμένα και καθορίζεται/ ζονται ως ελλατωματικός/ κοί. Ακολούθως, το στοιχείο SU (SensorUp) αποτελεί την ένδειξη ότι ο/ οι αισθητήρας/ ρες επαναλειτουργεί/ ργούν ορθά. Τέλος, το στοιχείο HB (HeartBeat) αποτελεί την ένδειξη ότι, όντως ο/ οι αισθητήρας/ρες λειτουργεί/ ργούν ορθά.

Η σωστή ακολουθία των στοιχείων αυτών, ακόμα και σε περίπτωση βλάβης του/ των αισθητήρα/ ρων μίας θέσης στάθμευσης, πρέπει να έχει ως εξής:

- SS→SD→SU→SS
- SS→SD→SU→SE
- SE→SD→SU→SE
- SE→SD→SU→SS



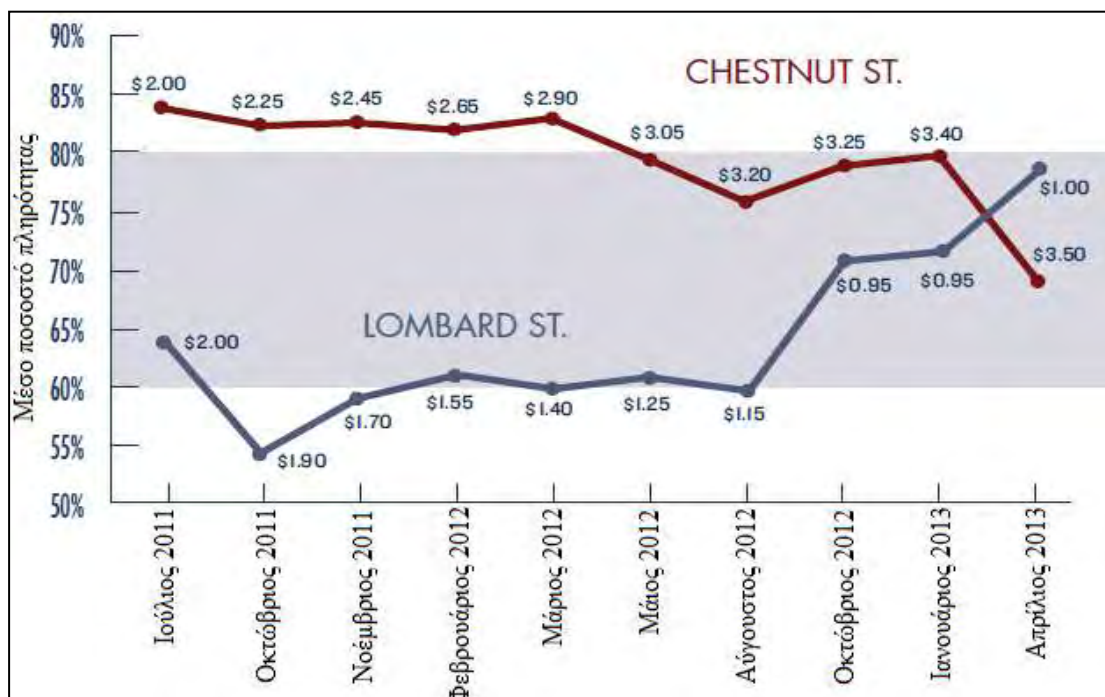
ΕΙΚΟΝΑ 33:Ακολουθία των στοιχείων περιγραφής της κατάστασης πληρότητας[89].

Στη μελέτη της αυξομείωσης της τιμής στάθμευσης, κατά το πρώτο έτος εφαρμογής, μελετήθηκε η ελαστικότητα της ζήτησης θέσεων στάθμευσης, δηλαδή, το πώς επηρεάζονται τα ποσοστά πληρότητας των θέσεων στάθμευσης από την προσαρμοζόμενη, σύμφωνα με την εκάστοτε κατάσταση πληρότητας, τιμολόγηση τους. Το θέμα αυτό, αποτελεί το κύριο αντικείμενο που εξετάστηκε στην εφαρμογή SFpark.

$$(\text{Ελαστικότητα ζήτησης}) = \frac{\pm(\text{Μεταβολή πληρότητας χώρου στάθμευσης})(\%)}{\pm(\text{Μεταβολή τιμής στάθμευσης})(\%)}$$

Σύμφωνα με την απλή λογική, αυξάνοντας το κόστος στάθμευσης, θα μειωθεί το ποσοστό πληρότητας των χώρων στάθμευσης, όπως και το αντίστροφο, δηλαδή, μειώνοντας το κόστος στάθμευσης, θα αυξηθεί το ποσοστό πληρότητας των χώρων στάθμευσης. Η συσχέτιση της τιμής στάθμευσης και της πληρότητας του χώρου στάθμευσης μπορεί να κατανοηθεί με την περίπτωση που παρουσιάζεται στην ΕΙΚΟΝΑ 34. Οι οδοί Chestnut Street και Lombard Street είναι παράλληλοι και σε

πολύ κοντινή απόσταση. Με την αυξομείωση του κόστους στάθμευσης, σε περίοδο δύο ετών, παρατηρείται ανάλογη αυξομείωση της πληρότητας των θέσεων στάθμευσης κάθε οδού.



ΕΙΚΟΝΑ 34:Μελέτη συσχέτισης τιμής στάθμευσης και ποσοστού πληρότητας [85].

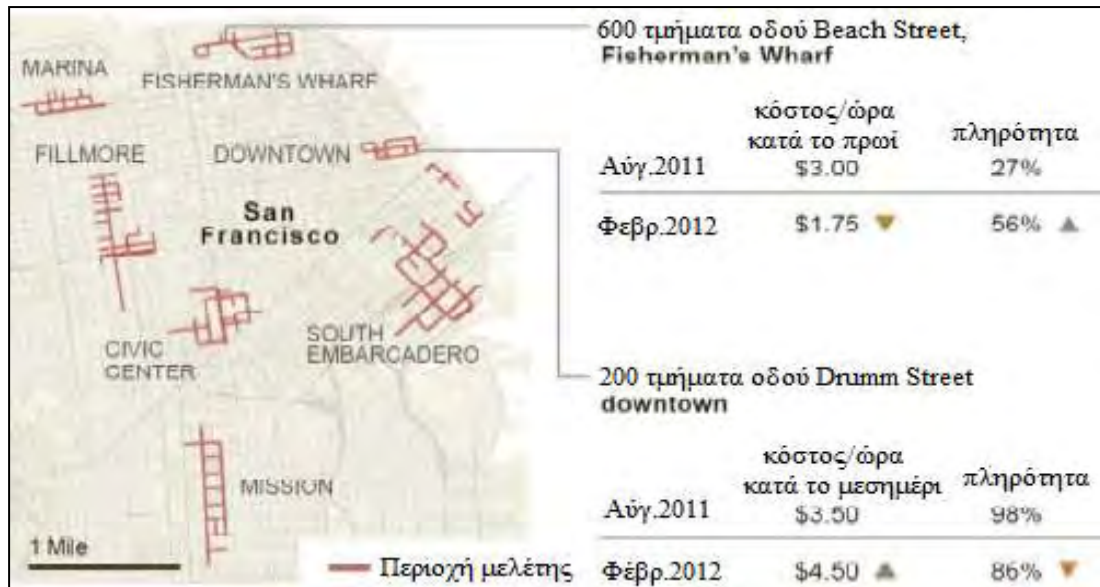
Όμως, σύμφωνα με την ΕΙΚΟΝΑ 35, στην οδό Drumm Street, η τιμή στάθμευσης από \$3,5 αυξήθηκε στα \$4,5 [90]. Συγκεκριμένα αυξήθηκε κατά:

$$\$3,5 + 3,5 * (\text{ποσοστό}) = \$4,5 \Rightarrow (\text{ποσοστό}) = (4,5 - 3,5) / 3,5 = 0,2857 = 28,57\%$$

Η πληρότητα μειώθηκε κατά:

$$98\% - 86\% = 12\%$$

Εξετάζοντας τα παραπάνω αποτελέσματα, παρατηρούμε ότι η πληρότητα των θέσεων στάθμευσης μειώθηκε πολύ λιγότερο (12%) σε σύγκριση με την αύξηση της τιμής στάθμευσης (28,57%).



ΕΙΚΟΝΑ 35:Μη συσχέτιση τιμής στάθμευσης και ποσοστού πληρότητας [90].

Αυτό σημαίνει ότι, η συσχέτιση ζήτησης στάθμευσης και κοστολόγησης της, παρουσιάζει ανελαστικότητα. Μετά από μελέτη των ληφθέντων δεδομένων, γίνεται κατανοητό ότι η πληρότητα των θέσεων στάθμευσης δεν επηρεάζεται μόνο από το κόστος στάθμευσης, αλλά και από την τοποθεσία, την ημέρα, την ώρα, το αρχικό κόστος στάθμευσης και το μέγεθος της αλλαγής του, διότι, οι υψηλές τιμές στάθμευσης δε γίνεται να αυξήσουν το ποσοστό πληρότητας και οι χαμηλές τιμές δε γίνεται να μειώσουν το ποσοστό πληρότητας.

Επειδή όμως είναι πολύ δύσκολο να μελετούνται συνεχώς όλες αυτές οι τιμές ελαστικότητας για το συνεχή υπολογισμό του κόστους στάθμευσης, στην εφαρμογή SFpark πραγματοποιείται η τιμολόγηση της στάθμευσης βάσει του ποσοστού πληρότητας.

Για την επιτυχή λειτουργία της εφαρμογής SFpark, υπάρχουν τρεις τρόποι βελτίωσης, οι οποίοι πρέπει να μελετηθούν από το φορέα διαχείρισης της εφαρμογής [85].

Όπως προαναφέρθηκε, η εφαρμογή SFpark λειτουργεί από τις 9.00 έως τις 18.00. Αυτό συνεπάγεται πολύ υψηλές τιμές στάθμευσης κατά τη περίοδο 16.00-18.00, παρά το πιθανό χαμηλό ποσοστό πληρότητας. Άρα, ένας τρόπος βελτίωσης της εφαρμογής αποτελεί η χρονική επέκταση της από τις 18.00 έως τις 9.00. Ακόμα, με τη μελέτη των δεδομένων μπορεί να υιοθετηθεί η λογική «από την αντίδραση στην πρόβλεψη» εξετάζοντας από την αποθήκη δεδομένων την κατάσταση πληρότητας και την κοστολόγηση των θέσεων αντίστοιχων ημερών με ίδια χαρακτηριστικά. Στη συνέχεια μπορούμε να γίνει εκτίμηση μελλοντικά της πληρότητας των θέσεων και να υπολογιστεί το κόστος τους. Ένας επιπλέον τρόπος αποτελεί η υιοθέτηση κατάλληλης νομοθεσίας και κυρώσεων στους χρήστες οι οποίοι κάνουν κατάχρηση θέσεων στάθμευσης που προορίζονται για άτομα ειδικών κατηγοριών όπως για άτομα με ειδικές ανάγκες. Ο λόγος κατάχρησης αυτών των θέσεων είναι ότι στα οχήματα που μετακινούν άτομα ειδικών ομάδων, επιτρέπεται η δωρεάν στάθμευση για απεριόριστο χρόνο. Αυτή η παράνομη ενέργεια, μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη αύξηση της τιμής των θέσεων που άλλοι οδηγοί πληρώνουν κανονικά.

Για τον υπολογισμό της πληρότητας των χώρων στάθμευσης στην εφαρμογή SFpark χρησιμοποιήθηκε μοντέλο παλινδρόμησης, το οποίο περιλαμβάνει δύο μεταβλητές. Οι μεταβλητές αυτές είναι το ποσοστό πληρότητας των χώρων στάθμευσης και το ποσοστό πληρωμής αυτών, τα οποία, υπολογίζονται με τα ληφθέντα δεδομένα από τους αισθητήρες στάθμευσης επί του οδοστρώματος και τις μηχανές πίστωσης παρά την οδό [91].

Το ποσοστό πληρότητας των θέσεων στάθμευσης υπολογίζεται ως, οι συνολικά κατειλημμένες θέσεις του τμήματος της οδού/ περιοχής διά το σύνολο των θέσεων στο τμήμα της οδού/ περιοχής. Στην πιλοτική εφαρμογή SFpark

υπολογίστηκε ως η συνολική διάρκεια κατάληψης της θέσης, επί 100%, διά το άθροισμα της συνολικής διάρκειας κατάληψης και διαθεσιμότητας της θέσης.

$$(\text{Ποσοστό πληρότητας}) = \frac{(\text{Διάρκεια κατάληψης}) * 100\%}{(\text{Διάρκεια κατάληψης}) + (\text{Διάρκεια διαθεσιμότητας})}$$

Το ποσοστό πληρωμής των θέσεων στάθμευσης υπολογίζεται ως οι συνολικά πληρωμένες θέσεις του τμήματος της οδού, επί 100%, διά τις συνολικά διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης στο τμήμα αυτό. Στην πιλοτική εφαρμογή SFpark υπολογίστηκε ως, η συνολική διάρκεια πληρωμένης θέσης στάθμευσης, επί 100%, διά το άθροισμα της συνολικής απλήρωτης διάρκειας κατάληψης της θέσης.

$$(\text{Ποσοστό πληρωμής}) = \frac{(\text{Πληρωμένος χρόνος}) * 100\%}{(\text{Πληρωμένος χρόνος}) + (\text{Απλήρωτος χρόνος})}$$

Το ποσοστό πληρωμής της στάθμευσης μπορεί να είναι μικρότερο από το ποσοστό πληρότητας των θέσεων στάθμευσης για το λόγο ότι υπάρχουν χρήστες του οδικού δικτύου, οι οποίοι, δεν πληρώνουν καθόλου ή πληρώνουν μέρος του συνολικού χρόνου κατάληψης της θέσης που χρησιμοποιούν.



ΕΙΚΟΝΑ 36: Παράδειγμα ανισότητας ποσοστών πληρότητας και πληρωμής [91].

Το μοντέλο απλής γραμμικής παλινδρόμησης, το οποίο χρησιμοποιείται στην εφαρμογή SFpark έχει ως εξής [92]:

$$\text{(Ποσοστό πληρότητας)}=29.283+0.808*\text{(Ποσοστό πληρωμής)}$$

Οι ασύρματοι αισθητήρες, οι οποίοι, τοποθετήθηκαν επί του οδοστρώματος προς λήψη δεδομένων για την εφαρμογή SFpark, έχουν κάποια περίοδο στην οποία μπορούν να λειτουργήσουν ορθά. Έπειτα από αυτή τη χρονική περίοδο, είναι απαραίτητη η επιδιόρθωση τους ή σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμα και η αλλαγή τους. Αυτό, συνεπάγεται πολύ μεγάλο κόστος στη λειτουργία της εφαρμογής SFpark λόγω του μεγάλου αριθμού αισθητήρων [91].

Για το λόγο αυτό, κατά τα πρώτα έτη λειτουργίας της εφαρμογής, αναπτύχθηκε το μοντέλο ανάλυσης δεδομένων SIRA (Sensor-Independent Rate Adjustment), το οποίο προσδιορίζει την πληρότητα των χώρων στάθμευσης, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα πληρωμής της στάθμευσης και μερικές φορές τα δεδομένα των αισθητήρων στις θέσεις στάθμευσης. Με τον τρόπο αυτό, πραγματοποιείται εκτίμηση του ποσοστού πληρότητας και ακολούθως η τιμολόγηση των θέσεων στάθμευσης. Κατά την πρώτη περίοδο λειτουργίας της εφαρμογής μετά τη λήψη των δεδομένων πραγματοποιήθηκε ανάλυση τους. Έτσι, αναπτύχθηκε το παραπάνω μοντέλο απλής γραμμικής παλινδρόμησης.

Η βελτίωση της ακρίβειας ενός μοντέλου παλινδρόμησης, επιτυγχάνεται με την εισαγωγή περισσότερων μεταβλητών στο μοντέλο. Για τον έλεγχο αν οι εισαγόμενες μεταβλητές συσχετίζονται με την εξαρτημένη μεταβλητή, όπου, στην περίπτωση της εφαρμογής SFpark είναι η πληρότητα του χώρου στάθμευσης, εφαρμόστηκαν στο αρχικό μοντέλο απλής γραμμικής παλινδρόμησης όλες οι μελετούμενες μεταβλητές μία προς μία. Με τη μελέτη του σφάλματος εξετάστηκε το αν κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή έχει επεξηγηματική ισχύ στην εξαρτημένη



μεταβλητή. Έτσι, αναπτύχθηκαν ακόμα δύο μοντέλα παλινδρόμησης στα οποία γίνεται εισαγωγή μεταβλητών που προσδιορίζουν την περιοχή της πόλης και την ημέρα της εβδομάδας (Δευτέρα-Παρασκευή, Σάββατο-Κυριακή). Στη μεταβλητή προσδιορισμού της περιοχής, οι τρεις εμπορικές περιοχές (Marina, Fillmore, Mission) θεωρήθηκαν σαν μία περιοχή, δηλαδή, έχουν κοινό συντελεστή προσαρμογής της τιμής στάθμευσης. Με τον τρόπο αυτό, πέρα από το μοντέλο απλής γραμμικής παλινδρόμησης, αναπτύχθηκαν δύο ακόμα μοντέλα που χρησιμοποιούν περισσότερες μεταβλητές. Το δεύτερο μοντέλο, αποτελεί μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης και το τρίτο μοντέλο αποτελεί μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης λογαριθμικής κατανομής. Το δεύτερο μοντέλο έχει ως εξής:

$$\begin{aligned}
 (\text{ποσοστόπληρότητας}) &= \\
 &= 36.395 + 0.749 * (\text{ποσοστόπληρωμής}) - 3.423 * (\text{μετ. ΣΚ}) \\
 &+ 2.424 * (\text{μετ. Downtown}) - 9.273 * \\
 &* (\text{μετ. SouthEmbarcadero}) - 6.063 * (\text{μετ. CivicCenter}) \\
 &- 3.399 * (\text{μετ. Fisherman'sWharf})
 \end{aligned}$$

Το τρίτο μοντέλο έχει ως εξής:

$$\begin{aligned}
 \log(\text{ποσοστούπληρότητας}) &= \\
 &= 2.502 + 0.466 * \log(\text{ποσοστούπληρωμής}) - 0.059 \\
 &* (\text{μετ. ΣΚ}) + 0.055 * (\text{μετ. Downtown}) - 0.211 \\
 &* (\text{μετ. SouthEmbarcadero}) - 0.117 * (\text{μετ. CivicCenter}) \\
 &- 0.067 * (\text{μετ. Fisherman'sWharf})
 \end{aligned}$$

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές στις παραπάνω εξισώσεις (μετ. \_) είναι ίσες με 1 ή 0, ανάλογα με το αν συμπεριλαμβάνονται ή όχι στο αποτέλεσμα της εξίσωσης. Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας το δεύτερο μοντέλο παλινδρόμησης για ημέρα Σάββατο, στην περιοχή South Embarcadero, όπου, σύμφωνα με τα ληφθέντα

δεδομένα πληρωμής της στάθμευσης έχει ποσοστό πληρωμής 65%, τότε, το ποσοστό πληρότητας έχει ως:

$$(\text{π.πληρότητας})=36.395+0.749*65-3.423*1+2.424*0-9.273*1-6.063*0-3.399*0=>$$

**(π.πλ.)=72.384%** το οποίο είναι στο διάστημα 60%-80%, άρα, δεν αλλάζει η τιμή στάθμευσης

Στην αξιολόγηση των προαναφερθέντων μοντέλων που εμπεριέχονται στο γενικό μοντέλο SIRA, χρησιμοποιήθηκαν ο συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$ , η ακρίβεια της προσαρμογής υπολογισθέντος ποσοστού RAO (Rate Adjustment Outcome) και η κατανομή σφάλματος.

Ο συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$ , είναι ο αριθμός που κυμαίνεται από 0 έως 1 και υποδεικνύει το ποσοστό της διακύμανσης στην εξαρτημένη μεταβλητή  $Y$ , το οποίο, προβλέπεται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές του μοντέλου. Δηλαδή, αποτελεί μέτρο του πόσο καλά εξάγονται τα αποτελέσματα του μοντέλου βάσει της συνολικής μεταβολής των αποτελεσμάτων που εξηγείται από το μοντέλο.

Η ακρίβεια της προσαρμογής υπολογισθέντος ποσοστού εξάγεται μέσα από τη μελέτη του εκτιμώμενου ποσοστού από το μοντέλο SIRA και το πραγματικό ποσοστό πληρότητας. Αυτό πραγματοποιείται μέσα από πολλές επαναλήψεις σύγκρισης των προαναφερόμενων ποσοστών και με χρήση μαθηματικού τύπου ο οποίος καταργεί τα εκτιμώμενα αποτελέσματα που οδηγούν σε αφύσικες λειτουργίες.

Για την επιλογή του βέλτιστου μοντέλου στην εφαρμογή SFpark συγκρίθηκαν οι αποδόσεις κάθε μοντέλου. Εισάγοντας περισσότερες μεταβλητές στην εξίσωση παλινδρόμησης, όπως είναι γνωστό, αυξάνεται η ακρίβεια της εκτίμησης. Άρα,

μελετώντας τα τρία μοντέλα γίνεται καταλητό ότι, το πρώτο μοντέλο θα έχει λιγότερη ακρίβεια από το δεύτερο και το τρίτο μοντέλο.

ΜΟΝΤΕΛΟ	ΤΥΠΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	N	R <sup>2</sup>	ακρίβεια της προσαρμογής υπολογισθέντος ποσοστού	
					υπάρχων τύπος	αναθεωρημένος τύπος
ΜΟΝΤΕΛΟ 1	ΓΡΑΜΜΙΚΟ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΗΡΩΜΗΣ	11,674	0.67	61%	67%
ΜΟΝΤΕΛΟ 2	ΓΡΑΜΜΙΚΟ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΗΡΩΜΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΡΑ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ	11,674	0.71	63%	68%
ΜΟΝΤΕΛΟ 3	ΜΗ-ΓΡΑΜΜΙΚΟ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΗΡΩΜΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΡΑ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ	11,674	0.69	64%	69%

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Τα μοντέλα παλινδρόμησης της SFpark και η ακρίβεια τους [92].

Σύμφωνα με την ΕΙΚΟΝΑ 37, το δεύτερο μοντέλο έχει το μεγαλύτερο συντελεστή προσδιορισμού, αλλά το τρίτο μοντέλο έχει τη μεγαλύτερη ακρίβεια της προσαρμογής του εκτιμώμενου ποσοστού πληρότητας. Ο συντελεστής προσδιορισμού και η ακρίβεια της προσαρμογής του υπολογισθέντος ποσοστού πρέπει να μελετηθούν μαζί. Για το λόγο αυτό, ελέγχθηκε το σφάλμα της ακρίβειας της προσαρμογής του εκτιμώμενου ποσοστού.

Σύμφωνα με την ΕΙΚΟΝΑ 38, στην οποία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου αυτού, όταν το δεύτερο μοντέλο αστοχήσει, η υπολογισμένη πληρότητα θα είναι μικρότερη από την πραγματική κατά 19% ή μεγαλύτερη κατά 12%, σε σύγκριση πάντα με το τρίτο μοντέλο, το οποίο όταν αστοχήσει, η πληρότητα θα είναι  $\pm 15\%$  της πραγματικής. Το δεύτερο μοντέλο είναι καλύτερο, διότι, ακόμα και με τη λανθασμένη λειτουργία του, δε θα υπολογιστούν μεγάλα ποσοστά πληρότητας τα

οποία με τη σειρά τους θα οδηγήσουν σε μεγάλη αύξηση της τιμής στάθμευσης, ούτε μικρά ποσοστά τα οποία με τη σειρά τους θα οδηγήσουν σε μεγάλη μείωση της τιμής στάθμευσης.

ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΤΙΜΗΣ	ΕΡΜΗΝΕΙΑ		ΜΟΝΤΕΛΟ 2	ΜΟΝΤΕΛΟ 3
-2	λανθασμένα χαμηλή προσαρμογή	το ποσοστό μειώθηκε ενώ έπρεπε να αυξηθεί	1%	1%
-1	ποσοστού πληρότητας	το ποσοστό μειώθηκε ενώ έπρεπε να μείνει σταθερό ή έμεινε σταθερό ενώ έπρεπε να αυξηθεί	19%	15%
		το ποσοστό αυξομειώθηκε σωστά	68%	69%
1	λανθασμένα υψηλή προσαρμογή	το ποσοστό αυξήθηκε ενώ έπρεπε να μείνει σταθερό ή έμεινε σταθερό ενώ έπρεπε να μειωθεί	12%	15%
2	ποσοστού πληρότητας	το ποσοστό αυξήθηκε ενώ έπρεπε να μειωθεί	0%	0%

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Σύγκριση ακρίβειας 2<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> μοντέλου παλινδρόμησης SIRA [91].

Από τη στιγμή που εκτιμάται το ποσοστό πληρότητας στους χώρους στάθμευσης και δεν υπολογίζεται πάντα από συνεχή δεδομένα αισθητήρων, είναι προτιμότερη η χρήση του δευτέρου μοντέλου στο γενικό μοντέλο SIRA, το οποίο και χρησιμοποιεί το γραφείο διαχείρισης των μεταφορών SFMTA στην πόλη του Σαν Φρανσίσκο.

Για να επιτυγχάνεται η σωστή λειτουργία του μοντέλου παλινδρόμησης, είναι απαραίτητη η αναβαθμονόμηση του μοντέλου σύμφωνα με τις εκάστοτε κυκλοφοριακές και οικονομικές συνθήκες που επικρατούν. Η αναβαθμονόμηση του μοντέλου παλινδρόμησης στο Σαν Φρανσίσκο, μπορεί να επιτευχθεί με τους ακόλουθους τρόπους.

Ένας τρόπος αποτελεί η έρευνα πληρότητας που πραγματοποιείται από επιθεώρητές που διορίζει το γραφείο διαχείρισης της εφαρμογής SFMTA. Ο τρόπος αυτός όμως αυξάνει πολύ το κόστος της διαδικασίας και σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των μεθόδων λήψης δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν, μπορεί να οδηγήσει στη βαθμονόμηση ανακριβούς μοντέλου. Ένας δεύτερος τρόπος αποτελεί η εγκατάσταση φωτογραφικών διατάξεων σε πόλους και η ανάλυση των ληφθέντων δεδομένων σε ειδικό λογισμικό ανάλυσης εικόνας. Έτσι, θα μειωθεί το κόστος αναβαθμονόμησης και θα αυξηθεί η συχνότητα δειγματοληψίας. Ακόμα, με την εγκατάσταση λιγότερα επεμβατικών στο οδόστρωμα αισθητήρων μπορεί να πραγματοποιηθεί αναβαθμονόμηση του μοντέλου, η οποία, την ίδια στιγμή είναι μία οικονομικά προσεγγίσιμη δυνατότητα, διότι, οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές περιοχές σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Ένας ακόμα τρόπος αναβαθμονόμησης του μοντέλου είναι η αξιοποίηση και η επαναπροσαρμογή των υφιστάμενων στο οδικό δίκτυο αισθητήρων, κατά τον οποίο όμως, μπορεί να αυξηθεί το κόστος σημαντικά.



ΕΙΚΟΝΑ 37:Μηχανές πληρωμής της στάθμευσης παρά την οδό [87].

Παρά το γεγονός ότι υπάρχει ένα ποσοστό χρηστών των θέσεων στάθμευσης οι οποίοι δεν πληρώνουν καθόλου ή πληρώνουν μέρος των τελών στάθμευσης, το μοντέλο SIRA μπορεί να εκτιμήσει αξιόπιστα την πληρότητα των θέσεων στάθμευσης λαμβάνοντας μόνο τα δεδομένα των πληρωμών της στάθμευσης ή σε ορισμένες περιπτώσεις και των αισθητήρων επί του οδοστρώματος και ακολούθως να υποστηρίξει την τιμολόγηση τους, σύμφωνα με τη ζήτηση. Με τον τρόπο ανάλυσης των μεγάλων δεδομένων, ο οποίος, πραγματοποιείται στην πόλη του Σαν Φρανσίσκο, επιτυγχάνεται η αποσυμφόρηση περιοχών της πόλης, όταν και όπου αυτό κρίνεται αναγκαίο.

### **5.2.2 Ένωση διαπολιτειακού αυτοκινητοδρόμου I-95**

Η ένωση του διαπολιτειακού αυτοκινητοδρόμου I-95 στην Αμερική, αποτελούμενη από επαγγελματίες των μεταφορών, από την αρχή είχε ως σκοπό την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των μεταφορών. Για το λόγο αυτό, σχεδιάστηκε το πρόγραμμα ανίχνευσης των οχημάτων VPP (VehicleProbeProject).

Στο πρόγραμμα αυτό, τα δεδομένα κυκλοφορίας λαμβάνονται από την εταιρεία INRIX, η οποία, αποτελεί φορέα συλλογής και παροχής κυκλοφοριακών δεδομένων, τα οποία, λαμβάνονται από διάφορες διατάξεις τεχνολογίας που είναι εγκατεστημένες στο οδικό δίκτυο. Για να επικυρωθεί το ότι τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από την εταιρεία INRIX είναι αληθή, η ένωση του διαπολιτειακού αυτοκινητοδρόμου I-95 τα συγκρίνει με τα δεδομένα που λαμβάνει από αισθητήρες Bluetooth κάθε μήνα, τους οποίους, εγκατέστησε στον αυτοκινητόδρομο I-95 [93].



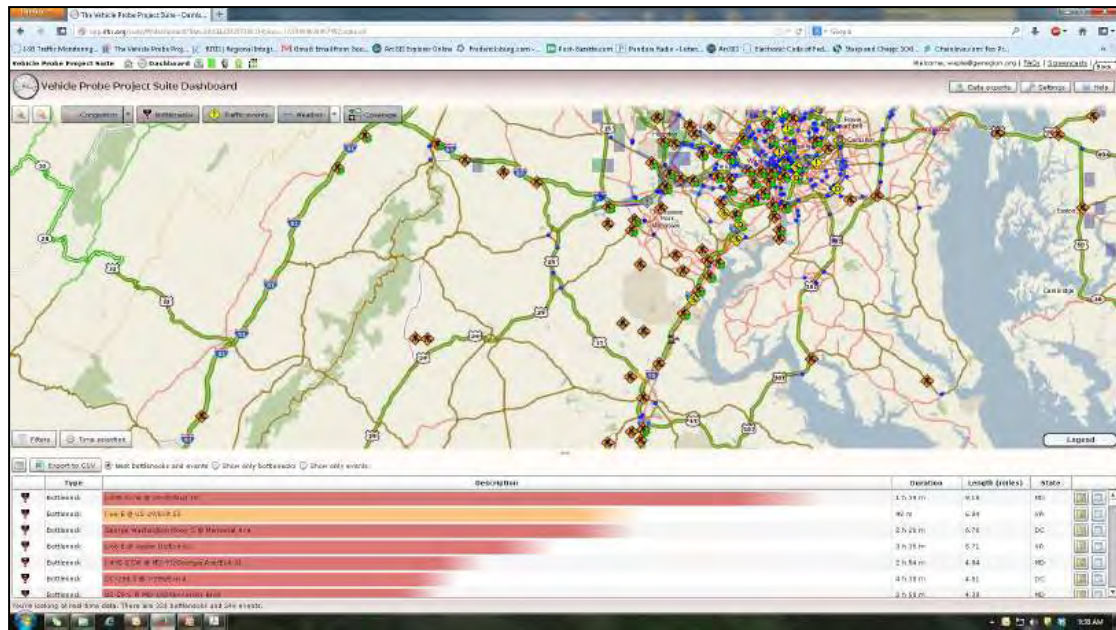
ΕΙΚΟΝΑ 38:Υπολογισμός ταχύτητας με χρονικά ορισμένα δεδομένα Bluetooth [94].

Τα τμήματα του αυτοκινητοδρόμου I-95, καλύπτονται με φορητές συσκευές bluetooth καθώς επίσης και με βιντεοκάμερες. Έτσι, λαμβάνονται δεδομένα από τις συσκευές bluetooth, από το παγκόσμιο σύστημα θεσηθεσίας και από τις βιντεοκάμερες. Οι συσκευές bluetooth, είναι τοποθετημένες στην αρχή και το τέλος των οδικών τμημάτων, τα οποία, ανήκουν στο πρόγραμμα ανίχνευσης των οχημάτων VPP.

Ακολουθώς, τα δεδομένα εισέρχονται στο υπολογιστικό πρόγραμμα VPP, το οποίο, έχει σχεδιασθεί έτσι ώστε να λαμβάνει τους τεράστιους όγκους δεδομένων και να σχεδιάζει [95]:

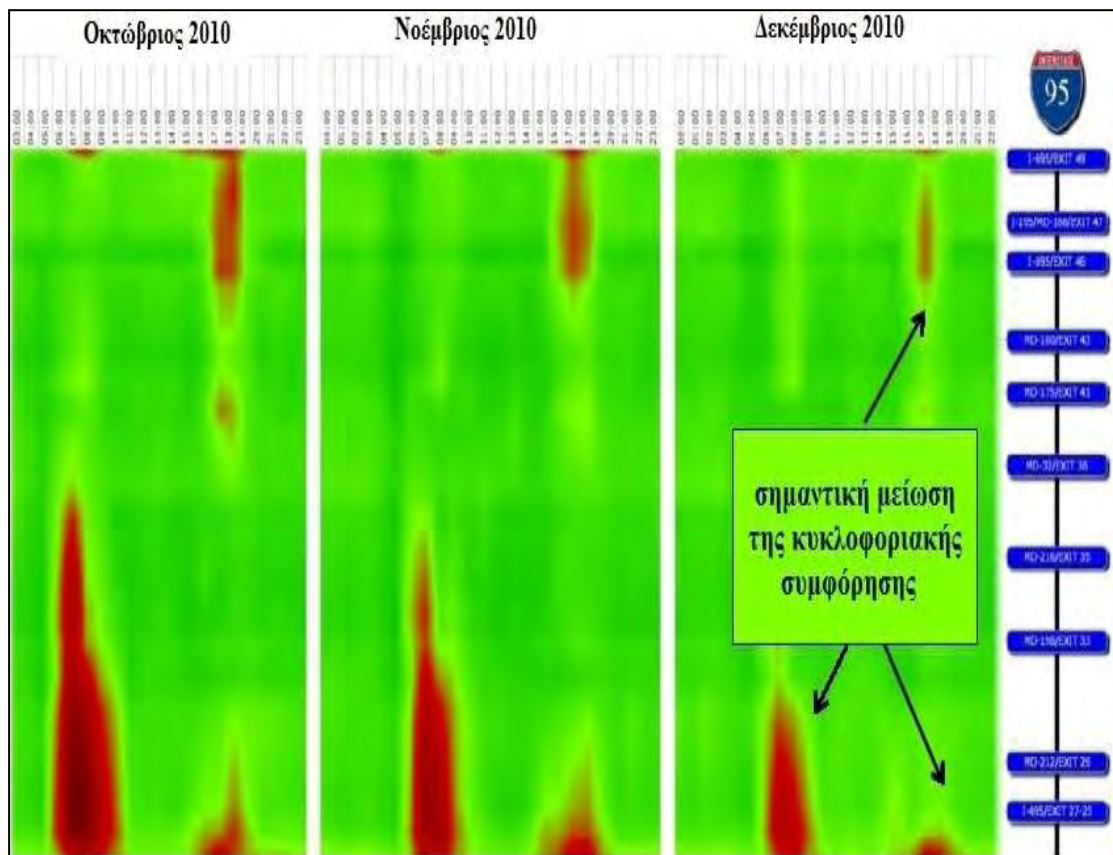
1. Πίνακα ελέγχου του προγράμματος, ο οποίος, αποτελείται από έναν ψηφιακό χάρτη του αυτοκινητοδρόμου, στον οποίο, αναγράφονται με συμβολισμούς γεγονότα πραγματικού χρόνου, όπως, τροχαία ατυχήματα, εργασίες στο οδικό δίκτυο, δυσμενείς καιρικές συνθήκες και σημεία κυκλοφοριακής συμφόρησης, αλλά και από ένα πίνακα με τα παρατηρούμενα σημεία κυκλοφοριακής συμφόρησης και τα χαρακτηριστικά τους, όπως, η κομητεία στις οποίας την περιοχή εμφανίστηκε, το μήκος της και η διάρκεια της κυκλοφοριακής συμφόρησης.





ΕΙΚΟΝΑ 39: Πίνακας ελέγχου στο VehicleProbeProject [95].

2. Διαγράμματα λεπτομερούς παρουσίας της κυκλοφοριακής συμφόρησης σε τμήματα του αυτοκινητοδρόμου με την πάροδο του χρόνου.



ΕΙΚΟΝΑ 40: Σύγκριση κυκλοφοριακής συμφόρησης (χρωματική διαβάθμιση) [93].



3. Ψηφιακούς χάρτες και διαγράμματα, στα οποία, αναγράφονται τα ιστορικά δεδομένα της μέσης ταχύτητας των οχημάτων που ελήφθησαν στα τμήματα του αυτοκινητοδρόμου σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές (ώρα,μήνας,έτος).
4. Ψηφιακό χάρτη και διαγράμματα, στα οποία, αναγράφεται η κατάταξη της κυκλοφοριακής συμφόρησης,συγκρίνοντας τις παρατηρούμενες ταχύτητες με το όριο ταχύτητας του εκάστοτε οδικού τμήματος.
5. Πίνακα ημερομηνίας-ώρας, στον οποίο, υπολογίζεται το κόστος με το οποίο θα επιβαρυνθούν οι οδηγοί ανάλογα με το όχημα το οποίο οδηγούν, ως αποτέλεσμα της κυκλοφοριακής συμφόρησης στον αυτοκινητόδρομο I-95.

Όπως προαναφέρθηκε, η ένωση αυτοκινητοδρόμου I-95 διαθέτει έναν ψηφιακό χάρτη στον οποίο γίνεται η κατάταξη της κυκλοφοριακής συμφόρησης που εντοπίζεται. Για τον εντοπισμό σημείων του οδικού δικτύου, στα οποία, εμφανίζεται κυκλοφοριακή συμφόρηση πραγματοποιείται η εξής διαδικασία. Οι υπολογιζόμενες ταχύτητες με χρήση των δεδομένων πραγματικού χρόνου συγκρίνονται με την ταχύτητα αναφοράς του οδικού τμήματος. Η ταχύτητα αναφοράς υπολογίζεται ως το 85ο εκατοστημόριο της παρατηρούμενης ταχύτητας για όλες τις χρονικές περιόδους. Εάν η υπολογιζόμενη ταχύτητα πέσει κάτω από το 60% της ταχύτητας αναφοράς, το οδικό τμήμα επισημαίνεται ως πιθανή συμφόρηση.

Ως αποτέλεσμα, γνωρίζουμε τη μέση ταχύτητα των οχημάτων σε πραγματικό χρόνο, τον αναμενόμενο χρόνο μετακίνησης μεταξύ των ορίων των τμημάτων και της αναμενόμενης ταχύτητας που θα υπάρχει στα τμήματα του αυτοκινητοδρόμου I-95. Ακόμα, με τον τρόπο αυτό, μπορούν να εντοπιστούν πιθανά οδικά ατυχήματα. Τα δεδομένα του κάθε τμήματος επικαιροποιούνται κάθε δύο λεπτά.

Τα οφέλη της ανάλυσης των τεράστιων όγκων δεδομένων με τον τρόπο αυτό είναι ότι [96]:

1. οι χρήστες του αυτοκινητοδρόμου I-95 ενημερώνονται για τις κυκλοφοριακές συνθήκες, οι οποίες, επικρατούν σε αυτόν, μέσω των αποτελεσμάτων της ανάλυσης, τα οποία, παρουσιάζονται στις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων, στη ραδιοφωνική συχνότητα του αυτοκινητοδρόμου ή μέσω του ιστοχώρου του προγράμματος στον οποίο παρουσιάζονται οι προαναφερόμενοι ψηφιακοί χάρτες, οι πίνακες και τα διαγράμματα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης δεδομένων και
2. οι φορείς του αυτοκινητοδρόμου I-95 μελετώντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης εντοπίζουν τα σημεία στα οποία παρατηρήθηκαν τροχαία ατυχήματα ή εντοπίστηκε κυκλοφοριακή συμφόρηση και στη συνέχεια μπορούν να λάβουν κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης τους.

### **5.2.3 Τσετσιάνγκ**

Η αύξηση της ιδιοκτησίας οχήματος, είχε ως συνέπεια την αύξηση της κυκλοφορίας στο οδικό δίκτυο και αυτή με τη σειρά της την αύξηση παραβιάσεων και ατυχημάτων στο οδικό δίκτυο των πόλεων της επαρχίας Τσετσιάνγκ (Zhejiang) στην Κίνα. Οι αρχές κατάλαβαν ότι το πρόβλημα αυτό πρέπει να λυθεί και αυτό θα επιτευχθεί μέσω παρακολούθησης του οδικού δικτύου και διαχείρισης των κυκλοφοριακών συνθηκών.

Εγκαθιστώντας όμως συσκευές παρακολούθησης, στη συγκεκριμένη περίπτωση κάμερες, βρέθηκαν σε δύσκολη θέση, διότι, έπρεπε να ληφθούν, να αναλυθούν και να αποθηκευτούν σε βάσεις δεδομένων τεράστιοι όγκοι δεδομένων, ώστε, να αξιοποιηθούν πλήρως [98]. Οι αρχές της επαρχίας σε συνεργασία με την εταιρεία Hangzhou Trustway Technology Co.Ltd, η οποία, παρέχει επιχειρησιακές

λύσεις για ευφρείς μεταφορές και της οποίας η κεντρική διεύθυνση βρίσκεται στην πόλη Χανγκζού της επαρχίας Τσετσιάνγκ, αποφάσισαν να δράσουν με τον ακόλουθο τρόπο.

Αρχικά, σχεδίασαν ένα ενιαίο κέντρο διαχείρισης δεδομένων, όπου, εγκατέστησαν εικοσιδύο διακομηστές, στους οποίους, χρησιμοποιήθηκε επεξεργαστής Intel. Για την ανάλυση των ληφθέντων δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία ApacheHadoop. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο επεξεργασίας ApacheHBase.

Ο αλγόριθμος HBase αποτελεί μία βάση δεδομένων η οποία επεξεργάζεται και αποθηκεύει μη δομημένα δεδομένα, όπως, βίντεο και εικόνες. Πριν τον αλγόριθμο HBase χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος επεξεργασίας MapReduce ο οποίος μειώνει τις απαιτούμενες εργασίες στη βάση δεδομένων HBase, πραγματοποιώντας ταυτόχρονα δύο διαδικασίες (Map, Reduce) και διαχωρίζει τα δεδομένα σε ομάδες με κοινά χαρακτηριστικά. Για τη χρήση του αλγορίθμου MapReduce στον αλγόριθμο βάσης δεδομένων HBase απαιτείται συγκεκριμένη διαδικασία [99]. Τη διαδικασία αυτή μπορεί να αποτελέσει ο αλγόριθμος Spark, ο οποίος, αποτελεί μία διεπαφή για τον προγραμματισμό συμπλεγμάτων δεδομένων, με χρήση της σιωπηρής συσχέτισης των δεδομένων [100]. Ακολούθως, χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος επεξεργασίας Hive, ο οποίος, διαχειρίζεται μεγάλους όγκους δεδομένων και διαχωρίζει τα δεδομένα σε ομάδες, παρέχοντας με τον τρόπο αυτό, περισσότερες πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των ομάδων. Στο τέλος, το σύστημα κατανομής αρχείων, της τεχνολογίας Hadoop, δηλαδή το HDFS (Hadoop Distributed File System), κατανέμει τα αποτελέσματα του αλγορίθμου HBase.

Τα αποτελέσματα εισάγονται στην ανοικτή πλατφόρμα ανάλυσης μεγάλων δεδομένων της Intel, την οποία, η εταιρεία Hangzhou Trustway Technology τροποποίησε και με τον τρόπο αυτό σχεδίασε ένα δυναμικό σύστημα εποπτείας των δεδομένων των κυκλοφοριακών συνθηκών. Τα δεδομένα διατηρούνται στο σύστημα για εικοσιτέσσερις μήνες.

Τα οφέλη της ανάλυσης αυτής είναι ότι:

1. Οι ιθύνοντες των πόλεων στην επαρχία Τσετσιάνγκ της Κίνας λαμβάνουν δεδομένα από εκατό ευφυή σημεία, τριακόσια οδοφράγματα της αστυνομίας και σύστημα παρακολούθησης μέσω κάμερας και στη συνέχεια με τις εφαρμογές μεγάλων δεδομένων επιτυγχάνουν τη διαχείριση της κυκλοφορίας. Από όλες τις πηγές, τα δεδομένα βρίσκονται σε δομημένη μορφή, αποθηκεύονται και αναλύονται με την τεχνική Apache Hadoop.
2. Επιτυγχάνεται η συνεχής παρακολούθηση των κυκλοφοριακών συνθηκών στο οδικό δίκτυο της επαρχίας, στο οποίο, καθημερινά κινείται ένας τεράστιος αριθμός οχημάτων και με τον τρόπο αυτό εντοπίζονται οι παραβάσεις. Αυτό, βοήθησε τις αστυνομικές αρχές μιας και σε κλάσματα δευτερολέπτου και με μεγάλη ευκολία μπορεί να έχει πληροφορίες, όπως, τα χαρακτηριστικά των οχημάτων, την ταυτότητα των οδηγών, τη συμπεριφορά του καθενός μεμονωμένα και τις διαδρομές τις οποίες πραγματοποιεί.

### **5.3 Εφαρμογή μεγάλων δεδομένων στις εμπορευματικές μεταφορές**

Όπως θα γίνει αντιληπτό παρακάτω, πολύ σημαντικός είναι ο ρόλος της εφαρμογής μεθόδων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων και στη διαχείριση των εμπορευματικών μεταφορών. Στην εργασία μελετώνται και παρουσιάζονται οι περιπτώσεις εφαρμογής μεγάλων δεδομένων στις εταιρείες Schneider National, US

Xpress και DHL. Με την εφαρμογή τους, οι εταιρείες εμπορευματικών μεταφορών μπορούν να πραγματοποιήσουν μελέτη του συνολικού συστήματος εμπορευματοφορών, να αποδεχθούν, να διαχειριστούν και να ταξινομήσουν σε σειρά προτεραιότητας τις αποστολές βάσει της αποδοτικότητας μεταφοράς κάθε φορτίου (Schneider National), να ελαχιστοποιήσουν τους χρόνους αναμονής στην εφοδιαστική αλυσίδα και οι πελάτες τους να ενημερώνονται συνεχώς (US Xpress) και να επιλέγουν τη βέλτιστη διαδρομή (DHL).

### **5.3.1 Schneider National**

Η εταιρεία Schneider National, αποτελεί μία πολύ μεγάλη εταιρεία εμπορικών μεταφορών στη Βόρειο Αμερική. Σε τέτοιου είδους εταιρείες, είναι πολύ σημαντική η πλήρης κατανόηση των δυνατοτήτων και των αδυναμιών κερδοφορίας όλης της εταιρείας καθώς και όλων των τμημάτων, τα οποία, την αποτελούν. Ο βασικός στόχος της εταιρείας Schneider National είναι ο προσδιορισμός και η διαμόρφωση της βέλτιστης επιλογής των λειτουργιών της εφοδιαστικής αλυσίδας δίνοντας βάση στους οδηγούς, στα εμπορευματοφόρα οχήματα, τις επιχειρήσεις και τη γεωγραφική τους θέση.

Για την επιτυχή παροχή των υπηρεσιών της, η εταιρεία SchneiderNational είναι οργανωμένη κατά δραστηριότητα σε τέσσερα τμήματα, οι λειτουργίες των οποίων υποστηρίζουν την ορθή δραστηριότητα της εταιρείας σύμφωνα πάντα με τις χρονικά μεταβαλλόμενες ανάγκες των επιχειρήσεων και της αγοράς [102].

Το πρώτο τμήμα αποτελεί η επιχειρησιακή ανάπτυξη, κατά την οποία, μελετάται η υποστήριξη της εφοδιαστικής αλυσίδας, ο σχεδιασμός του δικτύου μεταφορών και του στόλου οχημάτων καθώς επίσης και η ανάλυση νέων προτάσεων προς εφαρμογή. Το δεύτερο τμήμα αποτελεί η μελέτη της εφοδιαστικής αλυσίδας,

δηλαδή, η βέλτιστη προσαρμογή των στοιχείων των εμπορευματικών μεταφορών για την ολοκλήρωση των προσφερόμενων υπηρεσιών. Το τρίτο τμήμα αποτελεί η έρευνα της εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή, η ανάπτυξη μοντέλων ανάλυσης και αλγορίθμων, τα οποία, προσομοιώνουν τις εμπορευματικές μεταφορές και βοηθούν τους ιθύνοντες στην επιλογή της βέλτιστης λύσης. Το τέταρτο τμήμα αποτελεί η ανάλυση παραγωγικότητας και αποδοτικότητας των προτάσεων της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Παρατηρώντας τις λειτουργίες του τρίτου τμήματος της επιχείρησης, γίνεται κατανοητό ότι, είναι αναγκαία η εύρεση μεθόδου επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων. Στην εταιρεία Schneider National, χρησιμοποιούνται δύο εργαλεία ανάλυσης των μεγάλων δεδομένων, τα οποία, βοηθούν στην επίτευξη πραγματοποίησης των υπηρεσιών και των στόχων της εταιρείας. Αυτά τα εργαλεία είναι η μηχανή υπολογισμού αξίας στο δίκτυο των μεταφορών (Network Value Engine) και ο προσομοιωτής σχεδιασμού τακτικής (Tactical Planning Simulator).

Αναφορικά, η μηχανή υπολογισμού αξίας στο δίκτυο των εμπορευματοφορών υπολογίζει την αποδοτικότητα μεταφοράς των φορτίων. Με άλλα λόγια, με τη χρήση αυτού του εργαλείου ανάλυσης δεδομένων εκτιμάται η αυξομείωση του κέρδους που θα είναι αποτέλεσμα της μεταφοράς φορτίου με συγκεκριμένο τρόπο και χαρακτηριστικά. Έπειτα, για τη μελέτη όλων των λεπτομερειών της μεταφοράς εμπορευμάτων, απαιτείται ένα περιβάλλον, το οποίο, είναι ικανό να μοντελοποιεί όλες τις λεπτομέρειες του θέματος που εξετάζεται. Τέτοιο περιβάλλον αποτελεί ο προσομοιωτής σχεδιασμού τακτικής, ο οποίος, χρησιμοποιεί δυναμικό προσεγγιστικό προγραμματισμό σε συνδυασμό με εφαρμογή μαθηματικής βελτιστοποίησης των τμημάτων του συνόλου των δεδομένων καθώς και τεχνικές μοτίβο και συσχέτισης δεδομένων, τα οποία, βοηθούν στην επίλυση του θέματος που μελετάται. Ακολούθως,

εξετάζονται εκτενέστερα τα προαναφερόμενα εργαλεία ανάλυσης μεγάλων δεδομένων.

Η μηχανή υπολογισμού αξίας στο δίκτυο εμπορευματοφορών, επιτυγχάνει τον ακριβή προσδιορισμό της αποδοτικότητας που θα έχει η μεταφορά ενός φορτίου καθώς και την επίδραση της μεταφοράς του εν λόγω φορτίου στο συνολικό δίκτυο μεταφορών της εταιρείας. Στην εφαρμογή αυτή, σχεδιάζεται ένα δυναμικό μοντέλο ροής δεδομένων που αποτελείται από κόμβους. Οι κόμβοι αντιπροσωπεύουν χρονικά ορισμένες τοποθεσίες στο δίκτυο των εμπορευματικών μεταφορών [103].

Οι κόμβοι συνδέονται με βέλη. Κάθε βέλος αντιπροσωπεύει τον αριθμό εμπορευματοφόρων οχημάτων, τα οποία, μπορούν να κινηθούν από τον ένα κόμβο στον άλλο. Επιπλέον, κάθε βέλος συνοδεύεται από δύο χαρακτηριστικά μεγέθη, τα οποία καλούνται άνω φράγμα και κάτω φράγμα. Το πρώτο μέγεθος αποτελεί τη ζήτηση για μεταφορά φορτίων από τον ένα κόμβο στον άλλο, η οποία, καθορίζεται μέσα από τα δεδομένα που λαμβάνονται από το ιστορικό δεδομένων. Το δεύτερο μέγεθος αποτελεί τις δεσμεύσεις, που πρέπει να εφαρμοστούν για τη μεταφορά των φορτίων, όπως, ο αριθμός και ο τύπος των φορτηγών οχημάτων. Οι κόμβοι μπορούν να συνδέονται με περισσότερα από ένα βέλη, τα οποία, συνδέονται με τις αντίστοιχες τιμές εσόδων και εξόδων.

Στην εφαρμογή αυτή, το μέγεθος το οποίο μελετάται, αποτελεί η οριακή τιμή (marginal value) που μπορεί να έχει ένας οδηγός, ένα εμπορευματοφόρο όχημα ή ένα φορτίο σε μία τοποθεσία. Οριακή τιμή είναι, η μεταβολή της συνολικής τιμής που δημιουργείται από τη μεταβολή της ποσότητας κάποιας μεταβλητής ελέγχου [104]. Η οριακή τιμή κάθε οδηγού εμπορευματοφόρου οχήματος και φορτίου σε κάθε τοποθεσία υπολογίζεται για κάποια περίοδο, με τη χρήση ενός γραμμικού

προγράμματος (dual), το οποίο, σχετίζεται με το δίκτυο ροής δεδομένων που μελετάται. Έπειτα, στην εφαρμογή σχεδιάζεται ένας πίνακας, ο οποίος, εμπεριέχει όλες τις οριακές τιμές που ενημερώνονται περιοδικά σύμφωνα με τις εκάστοτε συνθήκες στις μεταφορές και στην αγορά.

Για τη μελέτη της αποδοτικότητας της μεταφοράς ενός φορτίου από έναν κόμβο σε άλλον χρησιμοποιείται η ακόλουθη εξίσωση, στην οποία, η αποδοτικότητα της μεταφοράς ενός φορτίου είναι ίση με τα έσοδα από τη μεταφορά, μείον το κόστος της μεταφοράς, μείον την αξία του οδηγού στην τοποθεσία προέλευσης (A), συν την αξία του οδηγού στην τοποθεσία προορισμού (B).

$$\mathbf{AM\Phi(AB) = EM(AB) - KM(AB) - EOT(A) + EOT(B)}$$

Ο όρος AMΦ(AB) αποτελεί την αποδοτικότητα/ κερδοφορία μεταφοράς του φορτίου από το σημείο A στο σημείο B, ο όρος EM(AB) είναι τα έσοδα μεταφοράς φορτίου από το σημείο A στο σημείο B, ο όρος KM(AB) είναι το κόστος μεταφοράς φορτίου από το σημείο A στο σημείο B, ενώ οι όροι EOT(A) και EOT(B) είναι η εκτίμηση της οριακής τιμής του οδηγού στο σημείο A και B αντίστοιχα. Οι όροι EOT μπορούν να υπολογιστούν με χρήση στατικού ή δυναμικού μοντέλου.

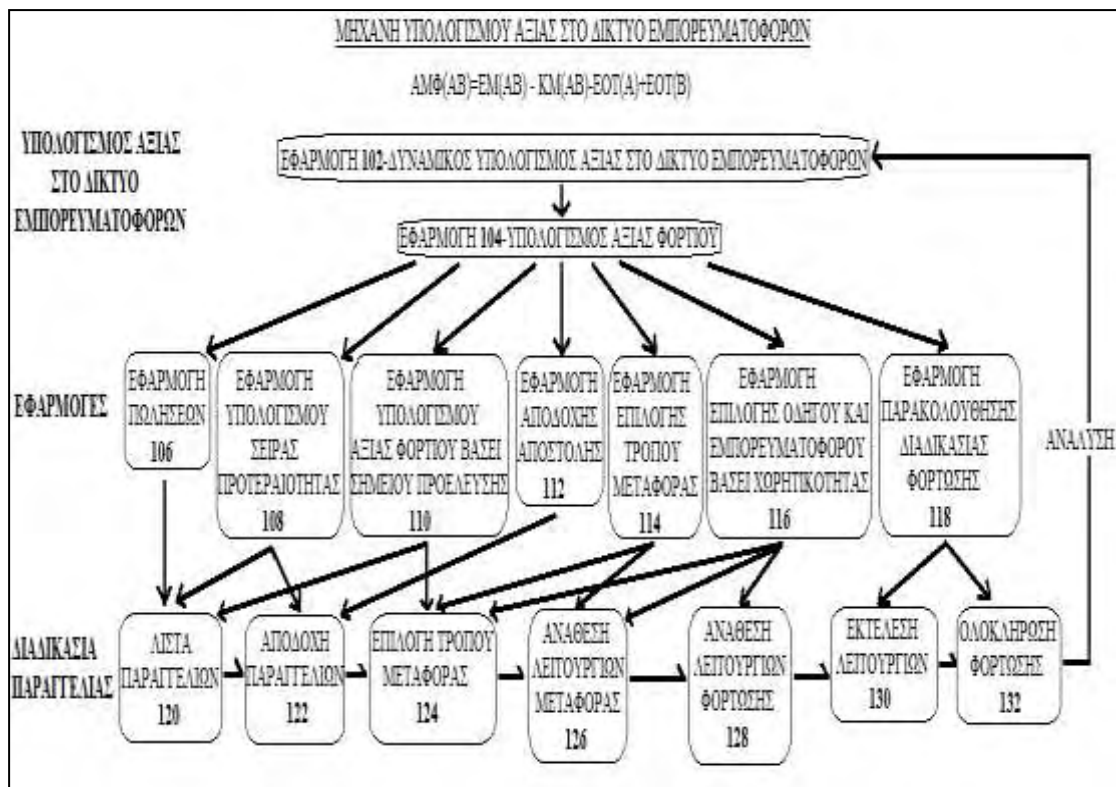
Στο στατικό μοντέλο πραγματοποιείται η μελέτη του ιστορικού των δεδομένων και υπολογίζεται ως το μέσο κέρδος των εμπορευματοφόρων οχημάτων, το οποίο, λαμβάνεται κατά τη στιγμή της αποχώρησης των οχημάτων από την αντίστοιχη τοποθεσία. Στο δυναμικό μοντέλο, το οποίο, επιλέγεται λόγω περισσότερης χρησιμότητας, χρησιμοποιούνται κόμβοι που περιγράφουν την τοποθεσία σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή.



Οι κόμβοι του δυναμικού μοντέλου συνδέονται με βέλη, τα οποία, αναγράφουν το μέσο όρο κόστους και εσόδων μεταφοράς φορτίου. Με τη χρήση ενός γραμμικού μοντέλου υπολογίζονται τα φορτία που μπορούν να μεταφερθούν λαμβάνοντας υπόψη και τις δεσμεύσεις που αποφασίστηκαν (κάτω φράγμα) ώστε να αυξηθεί το κέρδος. Ακολούθως, χρησιμοποιείται ένα ακόμα γραμμικό μοντέλο του οποίου οι μεταβλητές αντιπροσωπεύουν την τιμή που προστίθεται λόγω προσθήκης φορτίου στη συμφωνηθείσα ποσότητα. Με τον τρόπο αυτό, υπολογίζεται η οριακή τιμή ενός εμπορευματοφόρου οχήματος σε συγκεκριμένη θέση και χρονική στιγμή.

Επιπλέον, στην εφαρμογή υπολογισμού αξίας στο δίκτυο εμπορευματοφορών λειτουργεί μία ακόμα εφαρμογή της οποίας ο ρόλος είναι, η σύνταξη και η μελέτη μίας βάσης δεδομένων, η οποία, εμπεριέχει όλα τα φορτία που πρέπει να αποσταλούν. Η ταξινόμηση που πραγματοποιείται σε αυτή τη βάση δεδομένων είναι σύμφωνα με την κερδοφορία κάθε φορτίου προς αποστολή.

Η συνολική λειτουργία της μηχανής υπολογισμού αξίας στο δίκτυο εμπορευματικών μεταφορών, όπως παρουσιάζεται στο ΣΧΗΜΑ 5, πραγματοποιείται μέσα από τις εργασίες συγκεκριμένων εφαρμογών οι οποίες περιγράφονται ακολούθως.



ΣΧΗΜΑ 5: Οι εφαρμογές υπολογισμού αξίας σε δίκτυο εμπορευματοφορών [103].0

Η εφαρμογή 102 υπολογίζει την οριακή τιμή ενός εμπορευματοφόρου οχήματος σε συγκεκριμένη τοποθεσία και χρόνο. Τα αποτελέσματα αποστέλονται σε πίνακα της εφαρμογής. Ακολούθως, η εφαρμογή 104, χρησιμοποιεί τα παραπάνω αποτελέσματα και υπολογίζει την αποδοτικότητα μεταφοράς ενός φορτίου από μία τοποθεσία σε μία άλλη. Είναι κατανοητό ότι, η εφαρμογή 104 αποτελεί τη βάση της λειτουργίας της μηχανής υπολογισμού της αξίας στο δίκτυο εμπορευματοφορών.

Η εφαρμογή 106 περιλαμβάνει όλες τις μεταφορές των φορτίων με την αντίστοιχη κερδοφορία τους. Έτσι, η εταιρεία, με μελέτη αυτών, μπορεί να εντοπίσει τις περισσότερο κερδοφόρες μεταφορές φορτίου και να επιλέξει μόνο αυτές ή να τις επιλέξει όλες προς εκτέλεση με σειρά προτεραιότητας. Στο σημείο αυτό, ο υπεύθυνος εξυπηρέτησης πελατών, μπορεί να υπολογίσει τις αποδεκτές τιμές και τις προσφορές, τις οποίες, θα παρουσιάσει στους πελάτες. Η σειρά προτεραιότητας μπορεί να συνταχθεί στην εφαρμογή 108, βάσει της συνολικής αξίας της μεταφοράς κάθε

φορτίου. Στην εφαρμογή 110, προσδιορίζεται η αξία της μεταφοράς φορτίου, βάσει του σημείου προέλευσης της μεταφοράς. Αυτή η εφαρμογή, χρησιμοποιείται συνήθως σε νέους πελάτες. Στην εφαρμογή 112, στις μεταφορές με χρονικό ορίζοντα δύο εβδομάδων, καθορίζονται ποιες αποστολές από συμβεβλημένους πελάτες είναι αποδεκτές. Η επιλογή του τρόπου μεταφοράς, δηλαδή αν θα είναι μονοτροπικός ή πολυτροπικός επιλέγεται στην εφαρμογή 114. Κατά την εφαρμογή 116, πραγματοποιείται η εξέταση όλων των οδηγών και των οχημάτων που χρησιμοποιούν, ώστε, να γίνει επιλογή βάσει της χωρητικότητας του εμπορευματοφόρου οχήματος και της καταλληλότητας του οδηγού. Στην εφαρμογή 118 πραγματοποιείται η παρακολούθηση της διαδικασίας φόρτωσης.

Στις εφαρμογές 120 έως 132, λαμβάνονται τα δεδομένα από τις προαναφερόμενες εφαρμογές, κατοχυρώνονται οι επιλογές μεταφοράς του φορτίου, τιμολογείται συνολικά η αποστολή και ακολούθως χρεώνεται ο πελάτης για την υπηρεσία που του προσφέρεται.

Όπως προαναφέρθηκε, για την ανάλυση των δεδομένων μεταφοράς είναι απαραίτητο ένα περιβάλλον μοντελοποίησης των εμπορευματικών μεταφορών. Στην εταιρεία Schneider National, επιλέχθηκε ο προσομοιωτής σχεδιασμού τακτικής (Tactical Planning Simulator), στον οποίο, χρησιμοποιείται αλγόριθμος δυναμικού προσεγγιστικού προγραμματισμού (Approximate Dynamic Programming) που αποτελεί ένα μοντέλο απόλυτης αντιστοίχισης με την πραγματική απόδοση του στόλου εμπορευματοφόρων οχημάτων.

Στον προσομοιωτή σχεδιασμού τακτικής λειτουργείται μοντέλο αντιστοίχισης φορτίων και οδηγών. Στο μοντέλο λαμβάνεται υπόψιν:

1. ο οδηγός και το φορτίο προς αποστολή,

2. η απόσταση του εμπορευματοφόρου οχήματος από το σημείο παραλαβής του φορτίου και
3. η θέση του εμπορευματοφόρου οχήματος περιγραφόμενη χρονικά.

Το μειονέκτημα του παραπάνω μοντέλου είναι η περιγραφή του εμπορευματοφόρου οχήματος, δηλαδή, των διαστάσεων του κάθε φορτηγού οχήματος και των δυνατοτήτων που παρέχουν (ψύξη, βυτίο, ράφια, απορρόφηση κραδασμών).

Στην ανάλυση που πραγματοποιείται μοντελοποιούνται τα ακόλουθα χαρακτηριστικά του οδηγού [105]:

1. η τρέχουσα θέση,
2. η τοποθεσία κατοικίας του,
3. η αναμενόμενη ώρα άφιξης στο σημείο παράδοσης,
4. ο τύπος του οδηγού (οδηγάει το όχημα μόνος ή εναλλάξ με άλλον οδηγό, διαθέτει εξοπλισμό φόρτωσης ή χρησιμοποιεί τον εταιρικό, κινείται μόνο σε μία πολιτεία ή όχι),
5. οι ημέρες από την τελευταία επίσκεψη στην κατοικία του,
6. ο επόμενος προγραμματισμένος ή επιθυμητός χρόνος ανάπαυσης στην κατοικία του,
7. οι σημερινές ώρες οδήγησης,
8. οι σημερινές ώρες υπηρεσίας και οι ώρες εργασίας σε κάθε μία από τις επτά προηγούμενες ημέρες.

Επιπλέον, μοντελοποιούνται και τα εξής χαρακτηριστικά του φορτίου:

1. τα στοιχεία παραλαβής και παράδοσης,
2. ο τρόπος παραλαβής και παράδοσης,

### 3. η προτεραιότητα μεταφοράς του.

Στη συγκεκριμένη ανάλυση, υπολογίζεται η οριακή τιμή (marginal value) των οδηγών με βάση τα χαρακτηριστικά τους σε μία χρονική περίοδο. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι ένας οδηγός μπορεί να πραγματοποιήσει συγκεκριμένο αριθμό αποστολών σε μία εβδομάδα και να οδηγήσει συγκεκριμένες ώρες, πρέπει να υπολογιστεί το τι θα κάνει μετά την παράδοση του φορτίου. Ακόμα, πρέπει να ληφθεί υπόψιν και ο παράγοντας της αβεβαιότητας στις εμπορευματικές μεταφορές. Άρα, πρέπει να υπολογιστεί η οριακή τιμή που θα έχει ένας οδηγός μελλοντικά.

Για το λόγο αυτό, επιλέχθηκε η χρήση του δυναμικού προσεγγιστικού προγραμματισμού. Για τη σωστή αντιστοίχιση των οδηγών με τα φορτία, εφαρμοστήκε ειδικό μοτίβο, στο οποίο, εφαρμόζεται αλγόριθμος μηχανικής μάθησης.

Τα χαρακτηριστικά του οδηγού στην εν λόγω ανάλυση, περιγράφονται με το χαρακτηριστικό όρο  $a_t$ , όπου, ο συντελεστής  $t$  αποτελεί τη χρονική στιγμή κατά την οποία λαμβάνεται η απόφαση. Τα χαρακτηριστικά του φορτίου περιγράφονται από το χαρακτηριστικό όρο  $b$ . Η μεταβολή του χαρακτηριστικού όρου του οδηγού γίνεται σύμφωνα με την ακόλουθη συνάρτηση.

$$a_{t+1} = a^M(a_t, b, \tau_{t+1})$$

Στην παραπάνω συνάρτηση ο συντελεστής  $t+1$  υποδηλώνει τις πιθανές καθυστερήσεις. Ο όρος  $\tau$  αποτελεί το χρόνο ολοκλήρωσης της μεταφοράς. Για να ληφθούν υπόψιν οι οδηγοί χρησιμοποιείται ο όρος  $R_{ta}$ , ο οποίος αντιπροσωπεύει τους οδηγούς με χαρακτηριστική τιμή  $a$  κατά τη χρονική στιγμή  $t$ . Όλοι οι οδηγοί μελετώνται με χρήση της τιμής:

$$\mathbf{R}_t = (\mathbf{R}_{ta}) \quad \text{όπου } a \in A$$

Το σύνολο  $A$ , εμπεριέχει όλες τις πιθανές χαρακτηριστικές τιμές  $a$  των οδηγών. Κατά όμοιο τρόπο, μελετώνται όλα τα φορτία, δηλαδή, ο όρος  $D_t$  αντιπροσωπεύει όλα τα φορτία με χαρακτηριστική τιμή  $b$ , τη χρονική στιγμή  $t$ . Όλα τα φορτία μελετώνται ως:

$$\mathbf{D}_t = (\mathbf{D}_{tb}) \quad \text{όπου } b \in B$$

Το σύνολο  $B$ , εμπεριέχει όλες τις πιθανές χαρακτηριστικές τιμές  $b$  των φορτίων. Άρα, για τη σύνδεση των οδηγών με τα φορτία, χρησιμοποιείται ο όρος:

$$\mathbf{S}_t = (\mathbf{R}_t, \mathbf{D}_t)$$

Η μοντελοποίηση των αποφάσεων που λαμβάνονται, αντιπροσωπεύεται με τη συνθήκη:

$$\mathbf{x}_t = (\mathbf{x}_{tab}) \quad \text{όπου } a \in A \text{ και } b \in B$$

Ο όρος  $x_{tab}$ , αποτελεί τον αριθμό των οδηγών με χαρακτηριστική τιμή  $a$ , στον οποίο αναθέτεται φορτίο με χαρακτηριστική τιμή  $b$ .

Έπειτα, αξιολογείται η συμβολή μίας ανάθεσης μεταφοράς φορτίου στο συνολικό σύστημα εμπορευματικών μεταφορών, ως εξής:

$$C_t(\mathbf{S}_t, \mathbf{x}_t | \boldsymbol{\theta}) = \sum_a \sum_b \{ [c_{ab}^h + c_{ab}^s(\boldsymbol{\theta})] * x_{tab} \}$$

Οι όροι  $c_{ab}$  αποτελούν τη συμβολή της ανάθεσης ενός φορτίου με χαρακτηριστική τιμή  $b$  σε έναν οδηγό με χαρακτηριστική τιμή  $a$ . Οι άνω συντελεστές αυτών των όρων, δηλαδή οι  $h$  και  $s$ , περιγράφουν τον τρόπο συναλλαγής της εταιρείας μεταφορών με τον πελάτη της. Συγκεκριμένα, ο όρος  $h$  (:hard dollar) αντιπροσωπεύει την πληρωμή της εταιρείας εμπορευματοφορών με μετρητά, ενώ ο

όρος  $s$  (:soft dollar) αντιπροσωπεύει την παροχή των υπηρεσιών μεταφοράς φορτίου σε αντάλλαγμα με υπηρεσίες που μπορεί να παράσχει ο πελάτης στην εταιρεία εμπορευματικών μεταφορών [106].

Συγκεντρωτικά, για τη σύνδεση των οδηγών με τα φορτία χρησιμοποιείται η ακόλουθη εξίσωση:

$$S_{t+1} = S^M(S_t, X_t, W_{t+1})$$

Ο όρος  $S^M$ , αποτελεί την ενημέρωση της κατάστασης των δραστηριοτήτων της εταιρείας μεταφορών, χρησιμοποιώντας όλες τις εξισώσεις που απαιτούνται για την ενημέρωση. Ο συντελεστής  $t+1$  αναφέρεται στις πιθανές καθυστερήσεις. Ο όρος  $W_{t+1}$ , αποτελεί τον αντίστοιχο τύπο του  $S_t$  για τα νέα δεδομένα, τα οποία λαμβάνονται κατά την χρονική περίοδο από  $t$  έως  $t+1$ , δηλαδή,  $W_{t+1} = (\hat{R}_{t+1}, \hat{D}_{t+1})$ . Για τον καθορισμό της πολιτικής που θα ακολουθηθεί για ένα χρονικό ορίζοντα  $T$ , χρησιμοποιείται η συνάρτηση:

$$\max_{\theta} F^{\Pi}(\theta) \approx \sum_{t=0}^T [C_t(S_t, X^{\Pi}[S_t]|\theta)] \text{ όπου } \pi \in \Pi$$

Στην παραπάνω εξίσωση, ο όρος  $X^{\Pi}[S_t]$ , καθορίζει την αντιστοίχιση των οδηγών με τα φορτία στην τρέχουσα κατάσταση. Ως  $\Pi$ , θεωρείται το σύνολο όλων των πιθανών τιμών των παραμέτρων. Άρα, αφού ο παραπάνω όρος έχει δείκτη  $\pi$ , ο οποίος ανήκει στο σύνολο  $\Pi$ , μπορεί να χαρακτηριστεί ως πολιτική των μεταφορών της εταιρείας.

Δεδομένου του παράγοντα της αβεβαιότητας των εμπορευματικών μεταφορών, έγινε ακριβής σύνδεση του μοντέλου με δεδομένα από το ιστορικό των δεδομένων. Αποφασίστηκαν λοιπόν, κάποια μεγέθη-στόχοι  $g_i$ , όπως ο χρόνος

ολοκλήρωσης της μεταφοράς και τα συνολικά διανυόμενα μίλια. Αυτά τα μεγέθη-στόχοι υπολογίζονται σύμφωνα με τα δεδομένα τα οποία λαμβάνονται από το ιστορικό των δεδομένων ( $\bar{g}_i$ ) και σύμφωνα με τα δεδομένα από το μοντέλο, το οποίο, υιοθετεί μία πολιτική  $\Pi(g_i^\pi(\theta))$ . Έτσι, ο υπολογισμός της ακρίβειας σύνδεσης του μοντέλου με τα δεδομένα από το ιστορικό δεδομένων γίνεται ως εξής:

$$H^\pi(\theta) = \sum_i [\beta_i * (g_i^\pi(\theta) - \bar{g}_i)^2]$$

Ο όρος  $\beta_i$  αποτελεί τη σημαντικότητα της  $i$ -οστής μέτρησης. Για τη μοντελοποίηση του προβλήματος, όπως αναφέρθηκε, χρησιμοποιείται η αλγοριθμική μέθοδος δυναμικού προσεγγιστικού προγραμματισμού, στην οποία, απαιτείται η εκτίμηση της οριακής τιμής ενός οδηγού μετά την ολοκλήρωση μεταφοράς ενός φορτίου, με βάση ότι είναι γνωστό προτού πραγματοποιηθεί η ανάθεση μεταφοράς του φορτίου στον οδηγό [107]. Αν ανατεθεί στον οδηγό αυτή η μεταφορά φορτίου, η προαναφερόμενη οριακή τιμή προστίθεται στην συνολική συνεισφορά και έτσι επιτυγχάνεται η συσχέτιση της εκάστοτε συνεισφοράς της μεταφοράς φορτίου με τα υπολογισθέντα χαρακτηριστικά του οδηγού στο μέλλον. Για παράδειγμα, θεωρείται ότι, η προσέγγιση της τιμής του οδηγού με χαρακτηριστική τιμή  $a_i$  στη χρονική στιγμή  $t$ , είναι  $\bar{u}_t(a')$ . Ο όρος  $a'$ , αποτελεί τη μελλοντική χαρακτηριστική τιμή  $a$  ενός οδηγού, αν του ανατεθεί φορτίο με χαρακτηριστική τιμή  $b$  και εκτιμώμενο χρόνο μεταφοράς  $\bar{\tau}_t$ , με βάση ότι γνωρίζουμε τη χρονική στιγμή  $t$ .

$$a' = a^M(a, b, \bar{\tau}_t)$$

Συγκεντρωτικά, η συνεισφορά της μεταφοράς ενός φορτίου στο σύνολο των εμπνευματικών μεταφορών εξετάζεται με χρήση της ακόλουθης εξίσωσης:

$$X_t^\pi(S_t) = \operatorname{argmax}_{x_t} \sum_a \sum_b \{ [c_{ab}^h + c_{ab}^s(\theta) + \bar{u}_t(a^M(a, b, \bar{\tau}_t))] * x_{tab} \}$$



Η συνθήκη  $\operatorname{argmax}$  (arguments of the maxima) στην παραπάνω εξίσωση σημαίνει ότι θα χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα τμήματος που ανήκει στο σύνολο των δεδομένων της συνάρτησης  $x_t$ , με χρήση των οποίων, το αποτέλεσμα της συνάρτησης τείνει να μεγιστοποιείται [108]. Επίσης, το αθροισμα  $\sum_b(x_{tab})$  στην παραπάνω εξίσωση είναι ίσο με τον όρο  $R_{ta}$ , ο οποίος, αντιπροσωπεύει τους οδηγούς με χαρακτηριστική τιμή  $a$ , τη χρονική στιγμή  $t$ .

Στην ανάλυση, η οποία πραγματοποιείται, χρησιμοποιείται η χαρακτηριστική τιμή του οδηγού  $a_t$  για τη χρονική στιγμή  $t$  πριν την ανάθεση του φορτίου και η εκτιμώμενη χαρακτηριστική τιμή του οδηγού μετά από την ανάθεση του φορτίου  $a_t^x = a^M(a_t, b, \bar{\tau}_t)$ . Ακόμα, θεωρείται ότι, η προσέγγιση της οριακής τιμής  $\bar{u}_t^{n-1}(a)$ , αποτελεί μία εκτίμηση της προσέγγισης της οριακής τιμής  $\bar{u}_t(a)$  μετά από  $(n-1)$  επαναλήψεις του μοντέλου. Στο σημείο αυτό, χρησιμοποιείται η «διπλή» μεταβλητή γραμμικού μοντέλου, το οποίο, συσχετίζεται με το δίκτυο ροής των δεδομένων που μελετάται και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της οριακής τιμής του οδηγού και του φορτίου σε κάποια τοποθεσία για μία χρονική περίοδο. Η «διπλή» μεταβλητή της  $n$ -οστής επανάληψης του αλγορίθμου είναι η  $\hat{u}_{ta_t}^n$ , η οποία αποτελεί την εκτίμηση της οριακής τιμής ενός οδηγού με χαρακτηριστική τιμή  $a_t$  σε χρονική στιγμή  $t$ . Έτσι, η τιμή της  $\bar{u}_{t-1}^n(a)$ , επικαιροποιείται με την ακόλουθη εξίσωση:

$$\bar{u}_{t-1}^n(a_{t-1}^x) = (1 - a_{n-1}) * \bar{u}_{t-1}^{n-1}(a_{t-1}^x) + a_{n-1} * \hat{u}_{ta_t}^n$$

Επειδή απαιτείται η συνεχής εκτίμηση της οριακής τιμής του οδηγού σε μία τοποθεσία, της οριακής τιμής του οδηγού βάσει ζεύγους τοποθεσίας-τύπου οδηγού και της οριακής τιμής του οδηγού βάσει της συσχέτισης τοποθεσίας, τύπου και περιοχής κατοικίας του οδηγού, γίνεται κατανοητό ότι, σε κάθε χρονική περίοδο θα συγκεντρώνονται προς επεξεργασία πάρα πολλά δεδομένα. Για το λόγο αυτό,

συνδυάστηκαν όλες οι απαιτούμενες εκτιμήσεις οριακής τιμής οδηγού σε μία ως εξής:

$$\bar{u}^n(\mathbf{a}) = \sum_g \left[ w_a^{(g,n)} * \bar{u}^{(g,n)}(\mathbf{a}) \right] \quad \text{όπου } g \in G$$

Ο όρος  $w_a^{(g,n)}$ , αποτελεί το βάρος (weight)/ σημαντικότητα της χαρακτηριστικής τιμής  $a$ , σε επίπεδο συνάθροισης  $g$ , για  $n$  παρατηρήσεις και θεωρείται ότι είναι ανάλογο του αθροίσματος:

$$w_a^{(g,n)} \propto (\bar{\sigma}_a^2)^{(g,n)} + (\bar{\mu}_a^{(g,n)})^2$$

Ο όρος  $(\bar{\sigma}_a^2)^{(g,n)}$ , αποτελεί τη διακύμανση της εκτίμησης  $\bar{u}^{(g,n)}(\mathbf{a})$  και ο όρος  $\bar{\mu}_a^{(g,n)}$  την εκτίμηση της διαφοράς μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής, δηλαδή,  $\bar{\mu}_a^{(g,n)} = \bar{u}^{(g,n)}(\mathbf{a}) - \bar{u}^{(0,n)}(\mathbf{a})$ .

Όταν σε ένα αλγόριθμο δυναμικού προσεγγιστικού προγραμματισμού γίνονται πολλές επαναλήψεις, είναι σημαντικό να εφαρμοστεί μία διαδικασία που ελέγχει πως τα νέα δεδομένα συνδέονται με τις υπάρχουσες εκτιμήσεις. Το μέγεθος, σύμφωνα με το οποίο, απαιτείται επανάληψη του αλγορίθμου αποτελεί ο ακόλουθος τύπος:

$$a_n = 1 - \frac{\sigma^2}{(1 + \lambda^{n-1}) * \sigma^2 + (\beta^n)^2}$$

Στην παραπάνω εξίσωση, ο όρος  $\sigma^2$  αποτελεί την εκτίμηση της διακύμανσης, ο όρος  $\beta^n$  αποτελεί την εκτίμηση της διαφοράς μεταξύ της πραγματικής οριακής τιμής και της εκτιμώμενης οριακής τιμής μετά από  $n-1$  επαναλήψεις τη χρονική στιγμή  $t(\bar{u}_t^{n-1})$  και ο όρος  $\lambda$  αντιπροσωπεύει τη βαρύτητα των παρατηρήσεων. Συγκεκριμένα, κυμαίνεται από 0 έως 1, δίνοντας αντίστοιχα τη βαρύτητα βάσει της

χρονικής περιόδου πραγματοποίησης των παρατηρήσεων (κοντά στο 0 για παλιές παρατηρήσεις).

Λαμβάνοντας υπόψιν όλη την παραπάνω ανάλυση των δεδομένων που παρουσιάστηκε και η οποία πραγματοποιείται από την εταιρεία Schneider National, γίνεται κατανοητό ότι, η εταιρεία μπορεί να παρακολουθεί όλες τις λειτουργίες μεταφοράς φορτίων, το δυναμικό που διαθέτει (οδηγοί, οχήματα) και ακολούθως να λαμβάνει τις βέλτιστες επιλογές μεταφοράς φορτίων, σύμφωνα πάντα με την πολιτική που ακολουθεί.

### **5.3.2 U.S. Xpress**

Η U.S. Xpress, αποτελεί εταιρεία εφοδιαστικής αλυσίδας που αναλύει τα μεγάλα δεδομένα, τα οποία, λαμβάνει από τα εμπορευματοφόρα οχήματα, το παγκόσμιο σύστημα θεσηθεσίας και τις κάμερες εντός των οχημάτων. Ως αποτέλεσμα, επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση των χρόνων αναμονής στην εφοδιαστική αλυσίδα. Τα δεδομένα επεξεργάζονται σε μια πλατφόρμα υπολογιστικού συννέφου, την Cordys Business Operations Platform. Στην υπολογιστική πλατφόρμα της U.S. Xpress, λειτουργείται μοντέλο δυναμικής διαχείρισης δεδομένων και κανόνων επιχειρηματικότητας. Ακολούθως, τα αποτελέσματα αποθηκεύονται στο υπολογιστικό σύννεφο [109].

Για κάθε πιθανή κατάσταση, η οποία μπορεί να προκύψει όπως χαμηλή ένδειξη καυσίμων, δυσλειτουργία μέρους του φορτηγού οχήματος ή αλλαγές στο οδικό δίκτυο, ενημερώνονται ο οδηγός και η εταιρεία της εφοδιαστικής αλυσίδας για την πορεία την οποία πρέπει να ακολουθήσει το όχημα προς ένα πρατήριο υγρών καυσίμων ή μια υπηρεσία επιδιόρθωσης και συντήρησης των οχημάτων και έπειτα, για την πορεία που πρέπει να ακολουθηθεί προς τον προορισμό ώστε το εμπόρευμα

να παραδοθεί στην ώρα του. Οι λήπτες του εμπορεύματος μέσω της εφαρμογής ενημερώνονται για τη θέση του φορτηγού οχήματος και τον αναμενόμενο χρόνο ως την παράδοση, ο οποίος, μπορεί να διαφοροποιηθεί από τον εξαρχής εκτιμώμενο χρόνο λόγω αλλαγών, οι οποίες, υπάρχει περίπτωση να πραγματοποιηθούν στο όχημα ή στο οδικό δίκτυο [110].

Με τον τρόπο αυτό, δηλαδή, χρησιμοποιώντας τεχνικές ανάλυσης μεγάλων δεδομένων η εταιρεία μειώνει:

1. το χρόνο επεξεργασίας των εμπορευμάτων και των παραγγελιών,
2. τον αναπόφευκτο χρόνο αδράνειας του οχήματος και
3. το κόστος μεταφοράς.

Οι λήπτες του εμπορεύματος ενημερώνονται για:

1. τη θέση του φορτηγού οχήματος και
2. τον αναμενόμενο χρόνο ως την παράδοση, ο οποίος, μπορεί να διαφοροποιηθεί από τον εξαρχής εκτιμώμενο χρόνο, λόγω αλλαγών που μπορεί να πραγματοποιηθούν στο όχημα αλλά και στο οδικό δίκτυο.

### **5.3.3 DHL**

Η εταιρεία DHL (Dalsey, Hillblom, Lynn) αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Λαμβάνοντας τα δεδομένα κίνησης φορτηγών εμπορευματοφόρων οχημάτων, των φορέων της εφοδιαστικής αλυσίδας και των εταιρειών ταξί με τις οποίες συνεργάζεται, αναλύει τα δεδομένα με μεθόδους μεγάλων δεδομένων και στη συνέχεια πραγματοποιεί το σχεδιασμό της βέλτιστης και λιγότερο ριπογόνας διαδρομής. Με τον τρόπο, ο οποίος περιγράφεται ακολούθως, οι ιθύνοντες λειτουργίας εταιρειών εφοδιαστικής αλυσίδας μπορούν να εξοικονομούν χρήματα από τη μείωση της διανυόμενης απόστασης μεταφοράς φορτίων.

Συγκεκριμένα, στην πόλη του Βερολίνου στη Γερμανία και στην πόλη Μπενγκαλούρου (Bengaluru) στην Ινδία, το τμήμα Blue Dart το οποίο ανήκει στην εταιρεία DHL, έχει θέσει σε εφαρμογή το πρόγραμμα Smart Truck Technology [111], κατά το οποίο, λαμβάνει δεδομένα από οχήματα που έχει θέσει σε κίνηση στους δρόμους της πόλης και δεδομένα από οχήματα εταιρειών ταξί με τις οποίες συνεργάζεται. Τα οχήματα αυτά, ονομάζονται Smart Trucks. Είναι σχετικά μικρών διαστάσεων φορτηγά οχήματα και είναι εξοπλισμένα με τις τεχνολογίες του παγκόσμιου συστήματος θεσηθεσίας και της ταυτοποίησης ραδιοσυχνοτήτων. Με τη λειτουργία προγράμματος δυναμικού σχεδιασμού διαδρομής, το οποίο κατασκεύασε η ίδια η εταιρεία DHL, λαμβάνονται τα δεδομένα από τα προαναφερθέντα οχήματα και σχεδιάζεται η βέλτιστη διαδρομή την οποία θα ακολουθήσουν τα οχήματα εφοδιαστικής αλυσίδας, ώστε, να αποφύγουν σημεία όπου επικρατεί κυκλοφοριακή συμφόρηση.

Τα σημεία αυτά προκύπτουν μέσα από τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των ληφθέντων δεδομένων, δηλαδή, αν παρατηρηθεί ότι ένα από τα οχήματα παροχής δεδομένων (Smart Truck, ταξί) δεν κινείται ή κινείται με πολύ μικρή ταχύτητα σε σχέση με τα επιτρεπόμενα όρια ταχύτητας της οδού στην οποία κινείται, σημαίνει ότι, πιθανώς επικρατεί κυκλοφοριακή συμφόρηση. Έτσι, η εφαρμογή δυναμικού σχεδιασμού διαδρομής επαναπρογραμματίζει τη βέλτιστη διαδρομή λαμβάνοντας υπόψη τις κυκλοφοριακές συνθήκες, τα σημεία πιθανής κυκλοφοριακής συμφόρησης και του προγράμματος παράδοσης της παραγγελίας. Ακολούθως, αποστέλει τα αποτελέσματα στα οχήματα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το κέντρο ερευνών τεχνητής νοημοσύνης στην Γερμανία (German Research Center for Artificial Intelligence), σχεδίασε την αρχιτεκτονική των δεδομένων, ώστε, τα δεδομένα να ανταλλάσσονται

επιτυχώς μεταξύ των οχημάτων ταξί, των φορτηγών οχημάτων Smart Trucks, του προγράμματος σχεδιασμού διαδρομής και των εμπορευματοφόρων οχημάτων.

Με τη λειτουργία του προγράμματος Smart Truck Technology, επιτυγχάνεται [114]:

1. η μείωση του κόστους μεταφοράς των εμπορευμάτων,
2. η μείωση του χρόνου μεταφοράς των εμπορευμάτων και
3. η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων στο περιβάλλον

#### **5.4 Αξιολόγηση εφαρμογών μεγάλων δεδομένων στις μεταφορές**

Έπειτα από τη μελέτη εφαρμογής των μεθόδων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων στις μεταφορές, μπορεί να γίνει αντιληπτή η σημαντικότητα της και τα οφέλη, τα οποία, προσφέρει στις μεταφορές σε όποιον τομέα τους και αν επιχειρηθούν. Με χρήση τέτοιων μεθόδων μπορεί να επιτευχθεί η παρακολούθηση και η μελέτη του συνολικού συστήματος μεταφορών, το οποίο, μπορεί να αποτελεί, όπως παρουσιάστηκε παραπάνω, το οδικό σύστημα ενός κράτους, μίας πόλης, μίας κρατικής ή ιδιωτικής υπηρεσίας μεταφορών. Έτσι, επιτυγχάνεται η πρόβλεψη του αντίκτυπου που θα είναι αποτέλεσμα κάθε διαδικασίας με τα χαρακτηριστικά της και η ολοκλήρωση ασφαλούς, άνετης και αποδοτικής μετακίνησης.

Είναι γνωστό ότι, ο ρυθμός αύξησης των παραγόμενων δεδομένων, απαιτεί κατάλληλες και ικανές μεθόδους ανάλυσης τους, των οποίων τα αποτελέσματα οφελούν όλους τους χρήστες και τους ιθύνοντες διαχείρισης των μεταφορικών συστημάτων. Με τις μεθόδους μεγάλων δεδομένων, μπορεί να μελετηθεί το σύστημα μεταφορών στο σύνολο, με τα δεδομένα του οποίου να είναι μεγάλου όγκου, να χαρακτηρίζονται από ποικιλομορφία και να λαμβάνονται από πολλές πηγές. Με τη νέα αυτή τάση ανάλυσης, τα δεδομένα, έπειτα από τη συλλογή τους, μπορούν να

αποθηκευτούν, να τροποποιηθούν, να χρησιμοποιηθούν, να επαναπροσανατολιστούν, να επανατροποποιηθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν.

Ο τρόπος επεξεργασίας τους ποικίλει. Μέχρι σήμερα έχει αναπτυχθεί ένας πολύ μεγάλος αριθμός τεχνικών επεξεργασίας και ανάλυσης τους, κάθε μία από τις οποίες, παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα στην ανάλυση που μπορεί να πραγματοποιηθεί.

Με την είσοδο των ευφών συστημάτων στον τομέα των μεταφορών και τα δεδομένα που συνεχώς συλλέγονται, την ποικιλομορφία που τα χαρακτηρίζει, τη σημαντικότητα της πληροφορίας που φέρουν και τα οφέλη που προσφέρουν στη μελέτη των συστημάτων μεταφορών, έγινε φανερό ότι, είναι απαραίτητη η χρήση μεθόδων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων.

Στις περιπτώσεις που παρουσιάστηκαν παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι, μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλά δεδομένα με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, ώστε, να αποφέρουν τα αντίστοιχα επιθυμητά αποτελέσματα, τα οποία, εξυπηρετούν τόσο τους χρήστες των μεταφορικών συστημάτων όσο και τους διαχειριστές τους. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η εφαρμογή τους στους τομείς διαχείρισης των μαζικών μεταφορών, της κυκλοφορίας και των εμπορευματικών μεταφορών.

Συγκεκριμένα, στην εξεταζόμενη περίπτωση στην πόλη του Δουβλίνου, οι αρχές διαχείρισης των μεταφορών στην πόλη έθεσαν ως στόχος τη μελέτη της κυκλοφοριακής κατάστασης του οδικού δικτύου της πόλης, ώστε, να υπολογισθούν οι χρόνοι μετακίνησης των οχημάτων δημόσιων μεταφορών από στάση σε στάση και να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για την ασφαλή και άνετη κυκλοφορία τους. Ο προαναφερόμενος στόχος επιτεύχθηκε. Όπως φαίνεται και στη συγκεκριμένη περίπτωση ανάλυσης, πολλές φορές είναι απαραίτητη η μελέτη του ιστορικού των

δεδομένων. Για την επιτυχή πρόβλεψη των χρόνων μετακίνησης πραγματοποιείται η μελέτη, από το ιστορικό των δεδομένων, ημερών που παρουσιάζουν τα ίδια χαρακτηριστικά με την ημέρα που μελετάται, τα οποία, μπορεί να αποτελούν και εξωτερικούς παράγοντες που επηρεάζουν τους χρόνους μετακίνησης.

Πλέον, με τη συγκέντρωση των μεγάλων όγκων δεδομένων είναι αναγκαία η σύνδεση των δεδομένων, με την οποία, απλοποιείται σημαντικά η ανάλυση τους και ο τρόπος παρουσίασης των αποτελεσμάτων ανάλυσης τους. Έτσι και στην περίπτωση εφαρμογής μεγάλων δεδομένων στο Δουβλίνο, πραγματοποιείται σύνδεση των δεδομένων, υπό τη μορφή των «τριπλών μοτίβο», με τύπο RDF (Resource Description Framework) δεδομένων, τα οποία, επεξεργάζονται στην ψευδογλώσσα SPARQL (Sparql Protocol And RDF Query Language) και της οποίας τα αποτελέσματα αναλύονται στο λογισμικό InfoSphere Streams που αποτελεί τον τρόπο συνεχούς παρακολούθησης του συνολικού συστήματος.

Η περίπτωση εφαρμογής μεγάλων δεδομένων στη Βαρκελώνη, αποδεικνύει ότι, στην ανάλυση μπορούν να χρησιμοποιηθούν ποικίλα δεδομένα και από πολλές πηγές, όπως και από τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης και τις εφαρμογές στην κινητή τηλεφωνία έτσι, ώστε, να πραγματοποιηθούν οι στόχοι που έθεσαν οι αρχές διαχείρισης των μεταφορών στην πόλη. Οι στόχοι αυτοί ήταν ο επαναπρογραμματισμός των δρομολογίων των δημόσιων μεταφορών και ο προσδιορισμός των θέσεων σταθμών ενοικίασης ποδηλάτων, που αποτελούν έναν εναλλακτικό τρόπο μετακίνησης, σε περιόδους στις οποίες ήταν απαραίτητο, για την εξυπηρέτηση των μετακινούμενων. Με τη ανάλυση των μεγάλων δεδομένων, αυτό, επιτεύχθει.



Ακόμα, με τα δεδομένα που μπορούν να ληφθούν από εφαρμογές κινητής τηλεφωνίας και ειδικές κάρτες πίστωσης για χρήση των δημόσιων μεταφορών, όπως πραγματοποιείται στην πόλη Ντιμπούκ της πολιτείας Αϊόβα, οι υπεύθυνοι διαχείρισης των δημόσιων μεταφορών κατορθώνουν να έχουν σαφή εικόνα χρήσης τους και να επαναπροσδιορίζουν το πρόγραμμα των δρομολογίων, ο οποίος, ήταν ο και ο αρχικός στόχος εφαρμογής των μεγάλων δεδομένων. Επιπλέον, οι χρήστες επιλέγουν τις καταλληλότερες ώρες μετακίνησης, τις διαδρομές και τα μέσα μαζικών μεταφορών.

Από την εφαρμογή των μεθόδων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων στη διαχείριση της κυκλοφορίας, γίνεται αντιληπτό έπειτα από τη μελέτη εφαρμογής τους, όπως στην πόλη του Σαν Φρανσίσκο, ότι, οι αρχές διαχείρισης των μεταφορών μπορούν να καθοδηγήσουν τους χρήστες του οδικού δικτύου της πόλης, ώστε, να επιλέξουν μία εναλλακτική διαδρομή και θέση στάθμευσης. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνουν το στόχο εφαρμογής των μεθόδων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, ο οποίος, είναι η αποσυμφόρηση τμημάτων του οδικού δικτύου, όπου, πιθανώς θα παρουσιαστούν δυσμενείς κυκλοφοριακές συνθήκες.

Με τη μελέτη και ανάλυση των συνεχώς παραγόμενων όγκων δεδομένων, οι χρήστες του οδικού δικτύου μπορούν να ενημερώνονται συνεχώς για την κυκλοφοριακή κατάσταση που επικρατεί σε αυτό και οι αρχές διαχείρισης των μεταφορών να προβαίνουν σε τροποποιήσεις του οδικού δικτύου, όποτε και όπου τίθεται αναγκαίο. Πλέον, αυτό είναι εφικτό όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τη μελέτη της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων στο διαπολιτειακό αυτοκινητόδρομο I-95 στην Αμερική, το οποίο, αποτελεί την κύρια επιδίωξη του γραφείου διαχείρισης του.

Έπισης, με την ανάλυση μεγάλων δεδομένων, όπως είναι εμφανές στην περίπτωση χρήσης τέτοιων μεθόδων στην επαρχία Τσετσιάνγκ στην Κίνα,

επιτυγχάνεται ο στόχος επικράτησης ευμενών κυκλοφοριακών συνθηκών στο οδικό δίκτυο που είναι αποτέλεσμα της συνεχούς αστυνόμευσης του.

Οι υπεύθυνοι διαχείρισης εταιρειών εμπορευματικών μεταφορών, με τη χρήση μεθόδων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, επιτυγχάνουν τους στόχους που θέτουν, δηλαδή, την πλήρη εποπτεία των τμημάτων, των στοιχείων και των δραστηριοτήτων που την αποτελούν. Η εταιρεία Schneider National, επιτυγχάνει τους στόχους που θέτει, παρακολουθώντας συνεχώς τις δραστηριότητες, διαχειρίζοντας τις αποστολές φορτίων λαμβάνοντας υπόψιν την κερδοφορία τους, τα χαρακτηριστικά του οδηγού και του φορτίου και τελικώς πραγματοποιώντας τις βέλτιστες επιλογές σύμφωνα με την πολιτική που ακολουθεί.

Ακόμα, πέρα από την παρακολούθηση και τη μελέτη των δραστηριοτήτων των τμημάτων που την αποτελούν, η εταιρεία U.S.Xpress έθεσε ως στόχο την καθοδήγηση των οδηγών εμπορευματοφόρων οχημάτων σε πιθανή περίπτωση που θα απαιτηθεί. Ο προαναφερόμενος στόχος πραγματοποιήθηκε με τη χρήση μοντέλου δυναμικής διαχείρισης του μεγάλου όγκου των δεδομένων, το οποίο, σχεδιάστηκε στο υπολογιστικό σύννεφο.

Το γραφείο διαχείρισης της εταιρείας DHL, με την εφαρμογή Smart Truck Technology, η οποία, επεξεργάζεται μεγάλο όγκο δεδομένων που λαμβάνεται από τα οχήματα Smart Trucks και τα οχήματα ταξί εταιρείας με την οποία συνεργάζεται, πέτυχε το στόχο που έθεσε. Ο στόχος αυτός ήταν, η σχεδίαση της βέλτιστης διαδρομής που θα ακολουθήσουν οι οδηγοί των εμπορευματοφόρων οχημάτων.

## Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα και προοπτικές

Με την είσοδο των ευφυών συστημάτων στις μεταφορές, ανοίχτηκαν νέοι ορίζοντες στον τομέα των μεταφορών. Γίνεται αντιληπτό ότι, τα ευφυή συστήματα μεταφορών συνεισφέρουν σημαντικά στη βελτίωση των μετακινήσεων με πολλούς τρόπους. Μέσα από τις υπηρεσίες, οι οποίες παρέχονται, επιτυγχάνονται οι κύριοι στόχοι που μπορούν να τεθούν στις μεταφορές. Συγκεκριμένα, αυξάνεται η ασφάλεια και η άνεση των μετακινήσεων, ενώ, ταυτόχρονα μειώνεται ο χρόνος και το κόστος ολοκλήρωσης των μετακινήσεων.

Με τη σωστή μελέτη και οργάνωση, τα ευφυή συστήματα μεταφορών παρέχουν πολλές δυνατότητες στους χρήστες των συστημάτων μεταφορών, αλλά και στους διαχειριστές λειτουργίας αυτών. Από τη στιγμή που τα ευφυή συστήματα μεταφορών σχεδιασθούν και κατασκευασθούν σε ένα μελετημένο πλαίσιο συντονισμού των δραστηριοτήτων, το οποίο, ονομάζεται αρχιτεκτονική ευφυών συστημάτων μεταφορών, μπορούν να λειτουργήσουν πολλές εφαρμογές παράλληλα και επιτυχώς. Ένας βασικός παράγοντας, στην επίτευξη της σωστής λειτουργίας αυτών των εφαρμογών αποτελεί η τυποποίηση των διαδικασιών.

Τα παραγόμενα και χρησιμοποιηθέντα δεδομένα, με την πάροδο του χρόνου, έχουν αυξηθεί εκθετικά. Τα μεγάλα δεδομένα αποτελούν μία, σχετικά νέα, τάση ανάλυσης των δεδομένων, η οποία, προσφέρει πολύ σημαντικά οφέλη στη μελέτη και τη λειτουργία των συστημάτων μεταφορών. Με την εφαρμογή των μεγάλων δεδομένων στον τομέα των μεταφορών εξασφαλίζεται η γνώση μίας σαφούς εικόνας των συνθηκών που επικρατούν στο σύστημα μεταφορών. Με τις μεθόδους ανάλυσης μεγάλων δεδομένων επιτυγχάνονται βασικοί στόχοι στις οδικές μεταφορές, όπως, η αύξηση της ασφάλειας των μετακινήσεων, η αύξηση της άνεσης των μετακινήσεων, η

μείωση του χρόνου πραγματοποίησης των μετακινήσεων, η μείωση του κόστους μετακίνησης και η συνεχής εποπτεία του εκάστοτε συστήματος μεταφορών.

Είναι εμφανή τα οφέλη χρήσης των μεθόδων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων και στους τρεις τομείς, οι οποίοι μελετήθηκαν παραπάνω, δηλαδή, τους τομείς διαχείρισης των μαζικών μεταφορών, της κυκλοφορίας και των εμπορευματικών μεταφορών. Οι μέθοδοι και τα εργαλεία ανάλυσης μεγάλων δεδομένων συνεχίζουν να αναπτύσσονται, καθώς βελτιώνονται οι υπάρχουσες και αναπτύσσονται νέες τεχνολογίες.

Ο τομέας των ευφυών συστημάτων μεταφορών και η αποδοτική διαχείριση των δεδομένων, με εφαρμογή μεθόδων ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, έχουν ανοίξει νέους ορίζοντες στην εποπτεία, στη διαχείριση και στην οργάνωση των συστημάτων μεταφορών.0

## Βιβλιογραφία

1. Intelligent Transportation System – I, Chapter 48, Dr. Tom V. Mathew, IIT Bombay, February 19, 2014
2. ITS ACTION PLAN, Το Σχέδιο Δράσης για τις Ευφυείς Μεταφορές στην Ελλάδα, Αθήνα, Οκτώβριος 2012
3. The National ITS Architecture: A Framework for ITS Infrastructure, Lee Simmons
4. Advances in Intelligent and Soft Computing 81, Intelligent Transport System Architecture Different Approaches and Future Trends, Zuzana Bělinová, Petr Bureš, and Peter Jestý
5. Technical Note 5, ITS System Architectures For Developing Countries, Toshiyuki Yokota, Richard J. Weiland, July 22 2004
6. Intelligent Transportation Systems (ITS) Standards Program Strategic Plan for 2011—2014
7. National ITS Architecture, United States Department of Transportation
8. What is the frame architecture  
<http://frame-online.eu/frame-architecture/what-is-the-frame-architecture>
9. The FRAME Architecture Viewpoints  
<http://frame-online.eu/frame-architecture/detailed-information/the-frame-architecture-viewpoints>
10. THE FRAME ARCHITECTURE AND THE ITS ACTION PLAN, Booklet of the E-FRAME Project, June 2011
11. HOME/FRAME ARCHITECTURE/The Browsing Tool  
<http://frame-online.eu/frame-architecture/the-browsing-tool>
12. HOME/FRAME ARCHITECTURE/The Selection Tool  
<http://frame-online.eu/frame-architecture/the-selection-tool>
13. Regional ITS Architecture Guidance developing, using, and maintaining an ITS Architecture for your region, Version 2.0 July 2006, National ITS Architecture Team
14. Intelligent Transportation System Architectures, Bob McQueen, Judy McQueen, Artech House intelligent transportation systems library
15. Intelligent Transport System Seminars

[http://www.seminaronly.com/Civil\\_Engineering/Intelligent-Transport-System.php](http://www.seminaronly.com/Civil_Engineering/Intelligent-Transport-System.php)

16. INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS (ITS) AND THE TRANSPORTATION SYSTEM, Dinesh Mohan

17. INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS Synthesis Report on ITS Including Issues and Challenges in India, Lelitha Vanajakshi, Gitakrishnan Ramadurai, Asha Anand

18. Data Collection Technologies for Road Management, Version 2.0 – February 2007, Christopher R. Bennett, Alondra Chamorro, Chen Chen, Hernan de Solminihac, Gerardo W. Flintsch, East Asia Pacific Transport Unit, The World Bank Washington D.C.

19. Ελεγκτές επαγωγικών βρόχων ACSYS

[http://www.acsys1.gr/product\\_categories/elegktes-epagogikon-vrochon/index#](http://www.acsys1.gr/product_categories/elegktes-epagogikon-vrochon/index#)

20. Vehicle Detection and Compass Applications using AMR Magnetic Sensors, Michael J. Caruso, Lucky S. Withanawasam

21. A Summary of Vehicle Detection and Surveillance Technologies used in Intelligent Transportation Systems Funded by the Federal Highway Administration's Intelligent Transportation Systems Program Office, Luz Elena Y. Mimbela, Lawrence A. Klein

22. TRAFFIC DATA COLLECTION AND ANONYMOUS VEHICLE DETECTION USING WIRELESS SENSOR NETWORKS, FARSHAD AHDI, MEHDI KALANTARI KHANDANI, MASOUD HAMEDI, ALI HAGHANI, UNIVERSITY OF MARYLAND, COLLEGE PARK

23. The Geography of Transport Systems, 3<sup>rd</sup> Edition, Jean-Paul Rodrigue, Claude Comtois, Brian Slack

[https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/methods/pneumatic\\_road\\_tube\\_counter.html](https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/methods/pneumatic_road_tube_counter.html)

24. Piezoelectricity

[https://en.wikipedia.org/wiki/Piezoelectricity#Crystal\\_classes](https://en.wikipedia.org/wiki/Piezoelectricity#Crystal_classes)

25. Piezoelectric Film Product Index, IMAGES SCIENTIFIC INSTRUMENTS

<http://www.imagesco.com/piezoelectric/>

26. Virginia Mainline Weigh Stations with Pre-Pass Integration, International Road Dynamics Inc

<http://www.irdinc.com/projects/details/virginia-weigh-stations.html>

27. Traffic Detector Handbook: Third Edition—Volume I, Lawrence A. Klein, Milton K. Mills, David R.P. Gibson, Report No. FHWA-HRT-06-108

28. A Survey on Intelligent Transportation Systems, Kashif Naseer Qureshi and Abdul Hanan Abdullah

29. Choosing the Route to Traveler Information Systems Deployment, Decision Factors for Creating Public-Private Business Plans, An Action Guide ITS America

30. Towards the Development of Intelligent Transportation Systems, Lino Figueiredo, Isabel Jesus, J.A. Tenreiro Machado, Jose Rui Ferreira, J.L. Martins de Carvalho

31. MANAGING DEMAND THROUGH TRAVEL INFORMATION SERVICES  
U.S Department of Transportation Federal Highway Administration

32.13 Advanced Driver Assistance Systems, Increasing Situational Awareness to Decrease Danger by Jeremy Laukkonen

<https://www.lifewire.com/g00/advanced-driver-assistance-systems-534859?i10c.referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.gr%2F>

33. Peugeot 301 gives subcombat sedan fans a premium choice

<http://cebudailynews.inquirer.net/56466/the-classy-one>

34. RANGE ROVER EVOQUE PURE

<https://www.landrover.com/vehicles/range-rover-evoque/pure/index.html>

35. Automatic Braking To Become A Standard Feature In Most Cars, Trucks In The US Soon

<https://www.pakwheels.com/blog/understanding-cars-braking-system/>

36. TO NEO OPEL CASCADA, OPEL MEGA MOTORS S.A.

[http://www.opel.com.cy/vehicles/opel\\_range/cars/cascada/highlights/assistance-systems.html](http://www.opel.com.cy/vehicles/opel_range/cars/cascada/highlights/assistance-systems.html)

37. Παρκάροντας χωρίς οδηγό...

<http://www.pemptousia.gr/2015/01/parkarontas-choris-odigo/>

38. ΝΕΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΜΑΤΙΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΡΕΛ

<http://www.opel.gr/empeiria/sxetika-me-tin-opel/opel-nea/2015/march/opel-guiding-light-eye-tracking-technology.html>

39. Σύστημα Προειδοποίησης τυφλού σημείου κολώνας Γ κατά την οπισθοπορεία (RCTA)

40. Collision avoidance system

[https://en.wikipedia.org/wiki/Collision\\_avoidance\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Collision_avoidance_system)

41. Drowsy Driver Detection System Design Project, Neeta Parmar, Department of Electrical and Computer Engineering, Ryerson University

42. Πλοήγηση Ginius Driver Dont Panic Edition Χάρτης Ευρώπης-Ελλάδας

[http://www.axd.gr/product\\_info.php?products\\_id=13213](http://www.axd.gr/product_info.php?products_id=13213)

43. First Drive: 2011 Ford Explorer

<http://www.autoblog.com/2010/12/13/2011-ford-explorer-first-drive-review-road-test/>

44. 2015 NISSAN ROGUE AWD HITS THE CROSSOVER SEGMENT SWEET SPOT [REVIEW]

<http://www.tflcar.com/2015/01/2015-nissan-rogue-awd-hits-the-crossover-segment-sweet-spot-review/>

45. Idaho Auto Shipping

<https://www.aaat.com/idaho-auto-shipping.cfm>

46. TRANSPORT DATA SYSTEMS, Vehicle Profiling/Classification and License Plate Capture/Recognition Specialists

<http://www.transportdatasystems.com/pd-video-tolling.php>

47. Advanced Public Transportation Systems: The State of the Art Update 2000, Robert F. Casey, Lawrence N. Labell, Leisa Moniz, Jackson W. Royal, Michael Sheehan, Terry Sheehan, Alex Brown, Malinda Foy, Margaret Zirker, Carol L. Schweiger, Buck Marks, Bruce Kaplan and Doug Parker

48. Advanced Public Transportation Systems, Darlene Warren, Pat Tose

49. Daktronics, SMART ELECTRONIC DISPLAY SOLUTIONS

<http://www.data-display.com/>

50. Intelligent Transportation Systems Benefits, Costs, Deployment, and Lessons Learned Desk Reference: 2011 Update, James Bunch, Carolina Burnier, Elizabeth Greer, Greg Hatcher, Amy Jacobi, Firoz Kabir, Cheryl Lowrance, Mike Mercer, Kathryn Wochinger

51. Guide to maintaining roadworthiness Commercial goods and passenger carrying vehicles (Revised 2014) Driver and Vehicle Standards Agency, Alastair Peoples, Sarah Bell and Kevin Rooney



52. Big Data Analytics: Disruptive Technologies for Changing the Game, Dr. Arvind Sathi

53. Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics, Amir Gandomi, Murtaza Haider, International Journal of Information Management 35 (2015) 137–144

54. Big Data: An Overview, POSTNOTE Number 468 July 2014

<http://researchbriefings.parliament.uk/ResearchBriefing/Summary/POST-PN-468/>

55. How to Integrate Data, Federal Highway Administration

<http://www.fhwa.dot.gov/asset/dataintegration/if10019/dip05.cfm>

56. Big Data's Implications for Transportation Operations: An Exploration, Matthew Burt, Matthew Cuddy, Michael Razo, Report No. FHWA-JPO-14-157

57. Genetic Algorithm and its application to Big Data Analysis, Munawar Hasan, International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 5, Issue 1, January-2014 ISSN 2229-5518

58. Big Data Processing and Mining for Next Generation Intelligent Transportation Systems, Jelena Fiosina, Maxims Fiosinsa, Jörg P. Müllera, Clausthal University of Technology, Institute of Informatics

59. Bigtable: A Distributed Storage System for Structured Data, Fay Chang, Jeffrey Dean, Sanjay Ghemawat, Wilson C. Hsieh, Deborah A. Wallach, Mike Burrows, Tushar Chandra, Andrew Fikes, Robert E. Gruber

60. BI - business intelligence

[http://www.webopedia.com/TERM/B/Business\\_Intelligence.html](http://www.webopedia.com/TERM/B/Business_Intelligence.html)

61. Discover an open source world

<https://opensource.com/resources/what-open-source>

62. Cassandra File System Design

<http://www.datastax.com/dev/blog/cassandra-file-system-design>

63. HADOOP TUTORIAL – GETTING STARTED WITH HDP

[http://hortonworks.com/hadoop-tutorial/hello-world-an-introduction-to-hadoop-hcatalog-hive-and-pig/#section\\_2](http://hortonworks.com/hadoop-tutorial/hello-world-an-introduction-to-hadoop-hcatalog-hive-and-pig/#section_2)

64. Pig (programming tool)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Pig\\_\(programming\\_tool\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Pig_(programming_tool))

65. An Enterprise Architecture White Paper – An Enterprise Architect’s Guide to Big Data — Reference Architecture Overview, Peter Heller, Dee Piziak, Robert Stackowiak, Art Licht, Tom Luckenbach, Bob Cauthen, Avishkar Misra, John Wyant, Jeff Knudsen

66. Big Data and Transport Overview October 2013, International Transport Forum

67. System and analytics for continuously assessing transport systems from sparse and noisy observations: Case study in Dublin, Gasparini, E. Bouillet, F. Calabrese, O. Verscheure, Brendan O’Brien, Maggie O’Donnell

68. Smart Traffic Analytics in the Semantic Web with STAR-CITY: Scenarios, System and Lessons Learned in Dublin City, Freddy Lecue, Simone Tallevi-Diotallevi, Jer Hayes, Robert Tucker, Veli Bicer, Marco Sbodio, Pierpaolo Tommasi

69. Description logic

[https://en.wikipedia.org/wiki/Description\\_logic](https://en.wikipedia.org/wiki/Description_logic)

70. W3C

<https://www.w3.org/>

71. Real-Time Urban Monitoring in Dublin Using Semantic and Stream Technologies, Simone Tallevi-Diotallevi<sup>1,2</sup>, Spyros Kotoulas<sup>1</sup>, Luca Foschini<sup>2</sup>, Freddy Lecue, and Antonio Corradi<sup>2</sup>

72. Semantic Web, Marek Obitko, Department of Cybernetics, Faculty of Electrical Engineering Czech Technical University, Prague, Czech Republic

<http://www.obitko.com/>

73. SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML, W3C Member Submission 21 May 2004

<https://www.w3.org/Submission/SWRL/#6>

74. STAR-CITY: Semantic Traffic Analytics and Reasoning for CITY, Freddy Lecue, Simone Tallevi-Diotallevi, Jer Hayes, Robert Tucker, Veli Bicer, Marco Sbodio, Pierpaolo Tommasi, IBM Research, Smarter Cities Technology Centre, Damastown Industrial Estate, Dublin, Ireland

75. Key Performance Indicators (KPIs) - Complete Guide

<https://www.optimizesmart.com/understanding-key-performance-indicators-kpis-just-like-that/>

76. Capturing the Pulse of Cities: Opportunity and Research Challenges for Robust Stream Data Reasoning, Freddy Lecue and Spyros Kotoulas and Pol Mac Aonghusa,

IBM Research, Smarter Cities Technology Centre, Damastown Industrial Estate, Dublin, Ireland

77.SPARQL Query Language for RDF, W3C Recommendation 15 January 2008

<https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/#BasicGraphPatterns>

78.Tutorial 1: Introducing Graph Data

<http://www.linkeddatatools.com/introducing-rdf>

79.Forward chaining

[https://en.wikipedia.org/wiki/Forward\\_chaining](https://en.wikipedia.org/wiki/Forward_chaining)

80.Backward chaining

[https://en.wikipedia.org/wiki/Backward\\_chaining](https://en.wikipedia.org/wiki/Backward_chaining)

81.SWAT Projects - the Lehigh University Benchmark (LUBM)

<http://swat.cse.lehigh.edu/projects/lumb/>

82.City Deploys Big Data BI Solution to Improve Lives and Create a Smart-City Template, May 10, 2015

<https://customers.microsoft.com/en-US/story/city-deploys-big-data-bi-solution-to-improve-lives-anl>

83.Data visualizations

<http://opendata-ajuntament.barcelona.cat/en/visualitzacions>

84.Dubuque Smart Travel, Chandra Ravada, Milind Naphade

85.SFpark:Pricing Parking by Demand, Gregory Pierce and Donald Shoup

86.A big data view of on-street parking, Tom de Ruijter

87.SFpark:Putting Theory Into Practise, Post-launch implementation summary and lessons learned, SFMTA Municipal Transportation Agency August 2011

88.San Francisco Urban Partnership Agreement National Evaluation Report, Final Report-November 20,2014 FHWA-JPO-14-128

89.Parking sensor data feed specification JULY 20,2012, SFMTA Municipal Transportation Agency

90.GETTING THE PRICES RIGHT. AN EVALUATION OF PRICING PARKING BY DEMAND IN SAN FRANCISCO, April 2,2013, Gregory Pierce and Donald Shoup

91.Demand-Responsive Pricing on the Cheap:Estimating Parking Occupancy Using Meter Payment Data, Alex Demisch San Francisco Municipal Transportation Agency

92.Sensor Independent Rate Adjustments(SIRA) Methodology and Implementation Plan May 14,2014 SFMTA Municipal Transportation Agency

93.I-95 Vehicle Probe ProjectTraffic Monitoring System, Missouri Traffic and Safety Conference, May 16, 2012

94.INRIX | I-95 Corridor Coalition: Vehicle Probe Project Data Validation Summary

95.Integrating the I-95 Vehicle Probe Project Data and Analysis Tools into the FAMPO Planning Program

96.Real-Time Traffic Operations Data Using Vehicle Probe Technology, Stan Young  
University of Maryland

98.Improving traffic management with big data analytics Hangzhou Trustway Technology Co. Ltd. significantly improves its transportation management capability using Apache Hadoop on Intel® Xeon® processors

99.Apache Hadoop and Spark: Introduction and Use Cases for Data Analysis, Afzal Godil, Information Access Division, ITL, NIST

100.Apache HBase™ Reference Guide -Version 2.0.0-SNAPSHOT

<https://hbase.apache.org/book.html#mapreduce>

101.APPLICATIONS OF BIG DATA ANALYTICS IN ENTERPRISE, Gayatri Hegde, Madhuri Rao, Department of Computer Engineering, Thadomal Sahani Engineering College, Bandra, Mumbai, India

102.The Schneider Enterprise ROUNDTABLE PROFILES by TED GIFFORD

103.SYSTEM AND METHOD FOR MANAGING TRANSPORTATION DEMAND AND CAPACITY, Lloyd Clarke, Bruce Gamble, Jennifer J ancik-Bailey, Ryan Orchard

104.Marginal Value, Michael Anderson, John Christie, Adam Kizer

<https://mbaecon.wikispaces.com/Marginal+Value>

105.Approximate Dynamic Programming Captures Fleet Operations for Schneider National, Hugo P. Simao, Jeff Day, Abraham P. George, Ted Gifford, John Nienow, Warren B. Powell, Department of Operations Research and Financial Engineering, Princeton University, Schneider National, January 2, 2010

106.What are soft dollars? By Rick Wayman

<http://www.investopedia.com/ask/answers/04/011404.asp>

107. Approximate Dynamic Programming, Terry James, May 24, 2011

108. Arg max

[https://en.wikipedia.org/wiki/Arg\\_max](https://en.wikipedia.org/wiki/Arg_max)

109. US Xpress automates load sharing processes with Cordys, Cordys optimizes revenue opportunities

110. Big data' analytics, mobile BI apps help U.S. Xpress truck more data

<http://searchbusinessanalytics.techtarget.com/video/Big-data-analytics-mobile-BI-apps-help-US-Xpress-truck-more-data>

## **Παράρτημα Α Τεχνικές επεξεργασίας και διαχείρισης συλλεχθέντων δεδομένων**

### **1. Δοκιμή A/ B**

Η δοκιμή A/ B είναι μια τεχνική στην οποία μια ομάδα δεδομένων αποτελεί τη βάση (ομάδα ελέγχου) και συγκρίνεται με άλλες ομάδες (ομάδες δοκιμών) προκειμένου να καθοριστούν πιθανές αλλαγές που θα βελτιώσουν το αποτέλεσμα της μεταβλητής που εξετάζεται. Ένα παράδειγμα της τεχνικής αυτής είναι ο καθορισμός του τύπου του κειμένου, των σχεδιαγραμμάτων, των εικόνων, των χρωμάτων, της γραμματοσειράς και του μεγέθους της, τα οποία, θα βελτιώσουν την απόδοση της εξέτασης των πληροφοριών. Όταν εξετάζονται περισσότερες από μία μεταβλητές η τεχνική ονομάζεται δοκιμή A/ B/ N.

### **2. Εκμάθηση κανόνα συσχέτισης**

Η τεχνική εκμάθησης κανόνα συσχέτισης, αποτελείται από μια ποικιλία αλγορίθμων συσχέτισης. Η τεχνική αυτή, χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών σε μεγάλα σύνολα δεδομένων. Μια εφαρμογή της τεχνικής εκμάθησης κανόνα συσχέτισης είναι για παράδειγμα, πόσοι οδηγοί οχημάτων θα συνεχίσουν την οδήγηση σε μία καλής ποιότητας οδό στην οποία έχουν τοποθετηθεί διόδια και πόσοι οδηγοί οχημάτων προς αποφυγή της χρέωσης των διοδίων θα επιλέξουν την οδήγηση σε κακής ποιότητας παρακαμπτήρια οδό.

### **3. Ταξινόμηση**

Στην τεχνική της ταξινόμησης, ορίζονται κατηγορίες δεδομένων από τα δεδομένα που είχαν ληφθεί στο παρελθόν, οι οποίες, χρησιμοποιούνται ως πρότυπο για τον προσδιορισμό της κατηγορίας των νέων δεδομένων. Η τεχνική ταξινόμησης,

εποπτεύει τους μεγάλους και ποικίλους όγκους δεδομένων και τους διαχωρίζει σε ομάδες για την ευκολότερη επεξεργασία τους.

#### 4. Ανάλυση συμπλέγματος δεδομένων

Η τεχνική επεξεργασίας συμπλέγματος δεδομένων, αποτελεί μια στατιστική μέθοδο, η οποία, διαιρεί το σύνολο των δεδομένων σε μικρότερα υποσύνολα με όμοια χαρακτηριστικά που δεν είναι γνωστά εξαρχής. Ένα παράδειγμα της τεχνικής ανάλυσης συμπλέγματος δεδομένων είναι ο διαχωρισμός του συνόλου των οδηγών σε υποσύνολα με βάση τα κοινά τους χαρακτηριστικά όπως η ηλικία του οδηγού, ο τύπος του οχήματος και άλλα τα οποία δεν ορίζονται εξαρχής.

#### 5. Συγχώνευση και ενσωμάτωση δεδομένων

Με την τεχνική συγχώνευσης και ενσωμάτωσης δεδομένων, λαμβάνονται και επεξεργάζονται τα δεδομένα από διαφορετικές πηγές με τέτοιο τρόπο, ο οποίος, θεωρείται αποτελεσματικότερος και πιο ακριβής σε σχέση με αυτόν ο οποίος λαμβάνει ένα τύπο δεδομένων από μία μόνο πηγή. Ένα παράδειγμα της τεχνικής αποτελεί, πως μπορούν να συνδυαστούν τα δεδομένα των αισθητήρων στο οδικό δίκτυο με τα αποτελέσματα έρευνας με συνεντεύξεις, ώστε, να αναπτυχθεί μια ολοκληρωμένη άποψη για την απόδοση που θα έχει μια νέα κατασκευή ή μια αλλαγή στο οδικό δίκτυο.

#### 6. Εξόρυξη δεδομένων

Η εξόρυξη δεδομένων, είναι μια ομάδα από τεχνικές εξαγωγής πολλών μοτίβων από βάσεις δεδομένων, δηλαδή, στοιχείων που επαναλαμβάνονται σε βάθος χρόνου. Η τεχνική εξόρυξης δεδομένων περιλαμβάνει άλλες τεχνικές επεξεργασίας όπως ανάλυση συμπλέγματος δεδομένων, ταξινόμησης και εκμάθησης κανόνα

συσχέτισης. Ο κύριος στόχος της τεχνικής αυτής είναι ο προσδιορισμός του ποσοστού που θα ανταποκριθεί σε μια αλλαγή στο σύστημα μεταφορών.

#### 7. Εκμάθηση του συνόλου

Στην τεχνική εκμάθησης του συνόλου, μελετώνται και χρησιμοποιούνται πολλαπλά μοντέλα πρόβλεψης βασισμένα στη στατιστική, με τα οποία, πραγματοποιείται καλύτερη πρόβλεψη της απόδοσης που θα έχει μια αλλαγή στο οδικό δίκτυο σε σύγκριση με την πρόβλεψη που μπορεί να πραγματοποιηθεί από τη μελέτη ενός μικρότερου δείγματος.

#### 8. Γενετικοί αλγόριθμοι

Η μέθοδος των γενετικών αλγορίθμων χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό της βέλτιστης λύσης και έτσι καθορίζεται η καταλληλότητα και η απόδοση της κάθε λύσης στο σύνολο. Η μέθοδος έχει ως εξής [57]:

Τα δεδομένα θεωρούνται γονίδια και ανήκουν σε κάποιες ομάδες, τα χρωμοσώματα. Στην πρώτη διαδικασία (εκκίνηση) γίνεται ο διαχωρισμός των δεδομένων σε σύνολα με χρήση επεξεργαστών φυσικής γλώσσας και στη συνέχεια μεθόδων στατιστικής. Στη δεύτερη διαδικασία (επιλογή) δημιουργούνται υποσύνολα των συνόλων του αρχικού βήματος. Ο διαχωρισμός γίνεται βάσει κοινών στοιχείων των δεδομένων. Στην τρίτη διαδικασία ένα δεδομένο (γονίδιο) το οποίο ανήκει σε ένα σύνολο (χρωμόσωμα) συσχετίζεται και ανταλλάσσεται με άλλο δεδομένο διαφορετικού συνόλου. Με την ανταλλαγή αυτή γίνεται συσχέτιση μεταξύ των συνόλων. Η κάθε συσχέτιση αφορά δύο σύνολα. Κατά την προηγούμενη διαδικασία τα χαρακτηριστικά ενός δεδομένου μπορεί να χαθούν και να αντικατασταθούν από τα χαρακτηριστικά του άλλου δεδομένου. Έτσι, με την τέταρτη διαδικασία (μετάλλαξη) διατηρούνται οι ιδιότητες κάθε δεδομένου και οι συσχετίσεις μεταξύ τους και



μπορούν να δημιουργηθούν νέες συσχετίσεις μεταξύ διαφορετικών υποσυνόλων. Στην τελευταία διαδικασία (αποδοχή) εφαρμόζεται η λειτουργία της εξάλειψης, κατά την οποία υπολογίζεται το ποσοστό των αποδεκτών χαρακτηριστικών ενός δεδομένου. Ορίζεται ένα όριο, το οποίο, όταν ξεπεραστεί από κάποιο δεδομένο, το δεδομένο αυτό τοποθετείται σε ένα νέο σύνολο. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι η διαφορά του αποτελέσματος της τελευταίας επανάληψης με την προτελευταία να είναι πάρα πολύ μικρή.

## 9. Μηχανική εκμάθηση

Η μηχανική εκμάθηση αποτελεί κλάδο της επιστήμης των υπολογιστών. Με την τεχνική αυτή, σχεδιάζονται και αναπτύσσονται αλγόριθμοι οι οποίοι επιτρέπουν στους υπολογιστές, να επιλέγουν τρόπους διαχείρισης που βασίζονται σε εμπειρικά δεδομένα (ιστορικό λειτουργιών).

## 10. Επεξεργασία φυσικής γλώσσας

Η τεχνική επεξεργασίας φυσικής γλώσσας αποτελεί συνδυασμό του κλάδου της επιστήμης των υπολογιστών και της γλωσσολογίας. Σχεδιάζει και χρησιμοποιεί αλγόριθμους που αναλύουν την ανθρώπινη γλώσσα. Πολλές τεχνικές επεξεργασίας φυσικής γλώσσας βασίζονται στην τεχνική μηχανικής εκμάθησης.

## 11. Ανάλυση δικτύου

Η ανάλυση δικτύου είναι ένα υπολογιστικό σύστημα που χρησιμοποιείται για να εντοπίσει και να χαρακτηρίσει τη συσχέτιση μεταξύ διακριτών υποσυνόλων σε μία βάση δεδομένων. Καθορίζει ποιος θα είναι ο τύπος δεδομένων, μεταξύ ποιων υποσυνόλων θα ανταλλάσσονται, πως θα μεταφέρονται και ποιο υποσύνολο έχει επιρροή σε άλλα.

## 12. Νευρωνικά δίκτυα

Η τεχνική αυτή αποτελεί ένα υπολογιστικό μοντέλο βασισμένο στη δομή και τη λειτουργία του βιολογικού δικτύου των νευρών και των κυττάρων ενός οργανισμού. Η χρήση τους ενδείκνυται για τον εντοπισμό μη γραμμικού μοτίβου στο σύνολο των δεδομένων. Παράδειγμα της τεχνικής αυτής αποτελεί, η επίδραση που θα έχει η αλλαγή ή η αφαίρεση κάποιων δεδομένων στην ομάδα την οποία ανήκουν.

## 13. Βελτιστοποίηση

Η τεχνική βελτιστοποίησης χρησιμοποιείται, ώστε, να αναδιοργανώσει και να επανασχεδιάσει πολύπλοκα σύνολα δεδομένων και ακολούθως να βελτιώσει την επίδοση τους με βάση μία ή περισσότερες αντικειμενικές μετρήσεις. Με αυτή την τεχνική επεξεργασίας μπορούν να επανεξεταστούν επιχειρησιακές διαδικασίες και στρατηγικές που θα υιοθετηθούν.

## 14. Παλινδρόμηση

Η παλινδρόμηση είναι μια τεχνική, με την οποία, προσδιορίζεται η τιμή μιας εξαρτημένης μεταβλητής σύμφωνα με τις τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών. Στον τομέα των μεταφορών μπορούν να εκτιμηθούν πολλά μεγέθη που εξαρτώνται από άλλα.

## 15. Προγνωστική μοντελοποίηση

Η προγνωστική μοντελοποίηση, αποτελεί ένα μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης, το οποίο, σχεδιάζεται ή επιλέγεται αν είναι ήδη ολοκληρωμένο. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιεί μεταξύ άλλων και την τεχνική της παλινδρόμησης, ώστε, να εκτιμήσει την πιθανότητα πραγματοποίησης κάποιων αποτελεσμάτων.

## 16. Αναγνώριση μοτίβου

Η τεχνική αναγνώρισης μοτίβου είναι ένας ειδικός αλγόριθμος, ο οποίος, αντιστοιχίζει κάθε δεδομένο εισόδου με μια τιμή εξόδου. Ο αλγόριθμος προγραμματίζεται να χρησιμοποιεί μια βάση δεδομένων η οποία του παρέχει γνώση για να ολοκληρώσει την αντιστοίχιση σωστά.

## 17. Ανάλυση συναισθήματος

Χρησιμοποιώντας άλλες τεχνικές, όπως, αυτή της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, η τεχνική ανάλυσης συναισθήματος, αναλύει και προσδιορίζει τον τύπο και την πολικότητα του μηνύματος (θετικό, αρνητικό ή ουδέτερο) και το βαθμό του συναισθήματος.

## 18. Επεξεργασία σήματος

Η επεξεργασία σήματος, με χρήση εφαρμοσμένων μαθηματικών και τεχνικών πληροφορικής μπορεί να αντιλαμβάνεται και να ξεχωρίζει τα σήματα που είναι χρήσιμα για ανάλυση από άλλα που δε προσδίδουν όφελος (θόρυβος) από τις τεχνολογίες ήχου, εικόνας και ραδιοσήματος.

## 19. Χωρική ανάλυση

Η χωρική ανάλυση αποτελεί μια τεχνική, η οποία, εξετάζει τα δεδομένα και εξάγει από αυτά κωδικοποιημένες τοπολογικές, γεωμετρικές και γεωγραφικές πληροφορίες. Συνήθως, τα δεδομένα αυτά, λαμβάνονται από γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών. Παράδειγμα τέτοιου τύπου δεδομένων είναι το δρομολόγιο ενός εμπορευματοφόρου οχήματος ή λεωφορείου με τις γεωγραφικές πληροφορίες αφετηρίας, ενδιάμεσων στάσεων και τερματισμού.

## 20. Στατιστική

Η στατιστική αποτελεί επιστήμη συλλογής, οργάνωσης και ερμηνείας των δεδομένων. Η τεχνική της στατιστικής χρησιμοποιείται για να εξεταστεί αν ισχύει η μηδενική υπόθεση, δηλαδή, αν το αποτέλεσμα που υπολογίστηκε ήταν τυχαίο και αν το αποτέλεσμα είναι στατιστικά σημαντικό. Στατιστικά σημαντικό σημαίνει ότι οφείλεται σε μη τυχαίους παράγοντες.

Ακόμα με τη τεχνική της στατιστικής επιτυγχάνεται η μείωση των σφαλμάτων τύπου I ( [α]:στάθμη σημαντικότητας του ελέγχου- απόρριψη της αρχικής υπόθεσης, ενώ, είναι ορθή- ψευδώς θετικά) και των σφαλμάτων τύπου II ( [β]:ισχύς του ελέγχου- αποδοχή της αρχικής υπόθεσης, ενώ, είναι εσφαλμένη- ψευδώς αρνητικά).

## 21. Εποπτευόμενη μάθηση

Η εποπτευόμενη μάθηση, αποτελεί μια ομάδα τεχνικών μηχανικής μάθησης, η οποία, εξετάζει και εντοπίζει λειτουργίες ή σχέσεις μεταξύ των δεδομένων που ανήκουν σε ένα σύνολο, βασισμένη σε λειτουργίες που είχαν επιλεγθεί από τους διαχειριστές του λογισμικού (ιστορικό λειτουργιών).

## 22. Προσομοίωση

Η τεχνική της προσομοίωσης μοντελοποιεί το θέμα εξέτασης και τα χαρακτηριστικά του και στη συνέχεια προβλέπει πιθανές μελλοντικές καταστάσεις του θέματος, βασισμένες στις αλλαγές των χαρακτηριστικών του. Κατά την προσομοίωση του εξεταζόμενου θέματος, λειτουργούν παράλληλα πολλοί αλγόριθμοι οι οποίοι εξετάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά. Ως αποτέλεσμα, λαμβάνουμε την κατανομή πιθανότητας των αποτελεσμάτων. Ένα παράδειγμα της τεχνικής προσομοίωσης αποτελεί το σύστημα κατασκευής τεχνικών έργων βελτίωσης με τους οικονομικούς στόχους του οδικού συστήματος μεταφορών.

### 23. Μη εποπτευόμενη μάθηση

Η τεχνική μη εποπτευόμενης μάθησης, αποτελείται από αλγόριθμους της τεχνικής μηχανικής μάθησης. Με την τεχνική αυτή εξετάζονται τα δεδομένα και εντοπίζονται κρυμμένες δομές δεδομένων. Η ανάλυση συμπλέγματος δεδομένων αποτελεί μια τεχνική μη εποπτευόμενης μάθησης.

### 24. Οπτικοποίηση/Νοερά απεικόνιση

Η οπτικοποίηση, αποτελεί μια τεχνική, η οποία, χρησιμοποιείται για να διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ των φορέων του μεταφορικού συστήματος και να καταστήσει δυνατή την αντίληψη των μηνυμάτων που λαμβάνει ο χρήστης από τα εξελιγμένα συστήματα πληροφόρησης. Τα συστήματα πληροφόρησης μπορεί να αποτελούν εφαρμογές στο όχημα, εφαρμογές που διαθέτει ο χρήστης (κινητό τηλέφωνο- διαδίκτυο) αλλά και εφαρμογές στα συστήματα μεταφορών. Με την τεχνική οπτικοποίησης, σχεδιάζονται εικόνες, σχήματα και διαγράμματα τα οποία είναι αμοιβαία κατανοητά από του χρήστες και τους φορείς του μεταφορικού συστήματος.

### 25. Ανάλυση χρονοσειρών

Η ανάλυση χρονοσειρών συνδυάζει τις τεχνικές στατιστικής και επεξεργασίας σήματος και ως αποτέλεσμα εξάγει από το σύνολο των δεδομένων πληροφορίες μεγάλης σημαντικότητας. Με την ανάλυση χρονοσειρών, προβλέπουμε μελλοντικές τιμές των δεδομένων, βασιζόμενοι στις τιμές των δεδομένων και τις αλλαγές τους στο κοντινό παρελθόν. Ένα παράδειγμα της τεχνικής ανάλυσης χρονοσειρών είναι το πόσα οχήματα θα περάσουν μέσα από την πόλη και πόσα από την περιφερειακή οδό στο χρονικό διάστημα 14.00-15.00.

## **Παράρτημα Β Εργαλεία ανάλυσης μεγάλων δεδομένων**

### **1. Μεγάλο τραπέζι (Big table)**

Η τεχνολογία Μεγάλο τραπέζι (Big table), αποτελεί ένα σύστημα αποθήκευσης και διαχείρισης κατανεμημένων δεδομένων μεγάλου μεγέθους. Κάποια προγράμματα όπως τα GoogleEarth, GoogleFinance και το ιστορικό λήψεων και ιστοσελίδων του ιστοχώρου Google διαθέτουν στην τεχνολογία του Μεγάλου τραπεζιού, ένα μεγάλο όγκο δεδομένων και απαιτούν την ταχύτερη διαχείριση τους.

Το μοντέλο της τεχνολογίας αυτής, πραγματοποιεί αλλαγή και έλεγχο της διάταξης και της μορφής των δεδομένων. Με αυτή την τεχνολογία επιτυγχάνεται ανάλυση μεγάλων δεδομένων από διαφορετικές πηγές, ακόμα και σε περιπτώσεις αύξησης του όγκου, με υψηλή απόδοση του συστήματος και συνεχή διαθεσιμότητα των δεδομένων [59].

### **2. Επιχειρηματική ευφυΐα (Business intelligence)**

Η επιχειρηματική ευφυΐα αποτελεί μια λογισμικό το οποίο λαμβάνει και αναλύει τα μεγάλα σύνολα δεδομένων παρουσιάζοντας τα αποτελέσματα σε πίνακες με ενδείξεις των μετρήσεων απόδοσης του συστήματος. Με τα εργαλεία που διαθέτει η τεχνική, επιτυγχάνεται ο έλεγχος βάσεων δεδομένων, οι οποίες, συντάχθηκαν στο παρελθόν ή συντάσσονται τώρα και ακολούθως η σύνταξη τυποποιημένων αναφορών. Σε κάποιες τεχνολογίες ανάλυσης μεγάλων δεδομένων (Hadoop) χρησιμοποιείται το λογισμικό επιχειρηματικής ευφυΐας [59].

### **3. Υπολογιστικό σύννεφο (Cloud computing)**

Το υπολογιστικό σύννεφο αποτελεί μια εφαρμογή διαδικτύου, στην οποία, μελετώνται υψηλά εκτεταμένοι υπολογιστικοί πόροι και διαμορφώνονται ως ένα καταναμημένο σύστημα.

#### 4. Κασσάνδρα (Cassandra)

Η εφαρμογή Κασσάνδρα (Cassandra), αποτελεί ένα ανοιχτό σύστημα/ πηγή διαχείρισης δεδομένων (open source data base). Ανοιχτό σύστημα διαχείρισης δεδομένων σημαίνει ότι, όποιος επιλέξει να χρησιμοποιήσει τέτοιου είδους σύστημα διαχείρισης δεδομένων, του δίνεται η δυνατότητα να τροποποιήσει το λογισμικό του συστήματος ανάλογα με τους στόχους τους οποίους έχει θέσει [62]. Η εφαρμογή αυτή λειτουργείται στο σύστημα κατανομής αρχείων της τεχνολογίας Hadoop [63].

#### 5. Αποθήκη δεδομένων (Data Warehouse)

Η τεχνολογία της αποθήκης δεδομένων (Data Warehouse), διαθέτει βελτιστοποιημένες βάσεις δεδομένων, οι οποίες, είναι δομημένες ως προς τη μορφή και τον τύπο. Στην τεχνική της αποθήκης δεδομένων, οι πληροφορίες εξάγονται από το σύνολο των δεδομένων, μετασχηματίζονται σε συγκεκριμένη μορφή και τοποθετούνται σε ένα συγκεκριμένο χώρο της βάσης δεδομένων.

#### 6. Αγορά δεδομένων (Data mart)

Η αγορά δεδομένων (Data mart) αποτελεί χώρους αποθήκευσης των δεδομένων, οι οποίοι, παρέχονται στους χρήστες της εφαρμογής. Η τεχνική χρησιμοποιεί τα εργαλεία της τεχνικής επιχειρηματικής ευφυΐας.

#### 7. Καταναμημένο σύστημα (Distributed system)

Η τεχνολογία του κατακεκομημένου συστήματος (Distributed system) λειτουργεί μια ομάδα υπολογιστών, τους οποίους, θεωρεί ως κόμβους των εργασιών. Διαχωρίζει τις λειτουργίες ανάλυσης των δεδομένων στους κόμβους και με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνει μεγαλύτερη επίδοση του συστήματος με χαμηλότερο κόστος, μεγαλύτερη αξιοπιστία των αποτελεσμάτων και ευκολότερη επεκτασιμότητα του συστήματος μέσω προσθήκης περισσότερων κόμβων.

#### 8. Δυναμό (Dynamo)

Η τεχνολογία ανάλυσης δυναμό (Dynamo), αποτελεί ένα κατακεκομημένο σύστημα, δηλαδή, σύστημα του οποίου τα συστατικά βρίσκονται σε διαδικτυωμένους υπολογιστές, οι οποίοι, επικοινωνούν μεταξύ τους για να συντονίσουν τη δράση του με ανταλλαγή μηνυμάτων.

#### 9. Σύστημα αρχειοθέτησης της εταιρείας Google (Google File System)

Με την τεχνολογία αυτή διαχειρίζονται και διανέμονται τα αρχεία της εταιρείας Google. Η τεχνολογία συστήματος αρχειοθέτησης της Google, αποτέλεσε τον πρόδρομο σχεδιασμού της τεχνολογίας ανάλυσης μεγάλων δεδομένων Hadoop από την εταιρεία Apache Software Foundation.

#### 10. Εξαγωγή, Μετασχηματισμός, Φόρτωση (Extract Transform Load)

Το λογισμικό αυτής της τεχνολογίας, διαθέτει εργαλεία ανάλυσης, τα οποία, όπως υποδηλώνει και η ονομασία της τεχνολογίας, εξάγουν χρήσιμη πληροφορία από το σύνολο των δεδομένων, την τροποποιούν ως προς τις επιλογές του χειριστή του λογισμικού και την τοποθετούν σε μια νέα βάση δεδομένων.

#### 11. Μεταδεδομένα



Τα μεταδεδομένα, αποτελούν μία τεχνική, η οποία, επεξεργάζεται τα δεδομένα και εξάγει από αυτά κωδικοποιημένα δεδομένα τα οποία χαρακτηρίζουν ομάδες δεδομένων μέσα σε ένα σύνολο.

## 12. Hadoop

Η τεχνολογία Hadoop αποτελεί ένα ανοιχτό σύστημα διαχείρισης δεδομένων, το οποίο, λαμβάνει τεράστια σύνολα δεδομένων και τα διαχωρίζει σε κόμβους και υπολογιστικά προγράμματα, στα οποία, αναθέτει συγκεκριμένες εργασίες. Η ανάπτυξη της τεχνικής Hadoop, ήταν εμπνευσμένη από την τεχνική MapReduce. Το βασικό πλαίσιο Hadoop αποτελείται από τις ακόλουθες ενότητες [63]:

- 12.1. Hadoop Common, η οποία, περιέχει βιβλιοθήκες και βοηθητικά προγράμματα που απαιτούνται από τις άλλες μονάδες του πλαισίου Hadoop.
- 12.2. HDFS (Hadoop Distributed File System), το οποίο, αποτελεί ένα σύστημα κατανομής αρχείων των βασικών λειτουργιών του πλαισίου Hadoop.
- 12.3. Hadoop Yarn, η οποία, αποτελεί μία πλατφόρμα διαχείρισης των υπολογιστικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται, υπεύθυνη για το διαχωρισμό των δεδομένων σε συμπλέγματα και τη χρήση τους για τον προγραμματισμό των εφαρμογών.
- 12.4. Hadoop MapReduce, το οποίο, αποτελεί ένα μοντέλο προγραμματισμού χρήσιμο για την επεξεργασία δεδομένων μεγάλης κλίμακας.

Κάθε ενότητα εκτελεί μια καθορισμένη λειτουργία. Οι αλγόριθμοι επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία Hadoop αλλά και σε πολλές άλλες τεχνολογίες ανάλυσης μεγάλων δεδομένων είναι οι MapReduce, Hive, Pig,

Spark, Storm, HBase, Tez, Kafka, HCatalog, Slider, Solr, Mahout και Accumulo οι οποίοι περιγράφονται ακολούθως.

### 13. Apache Hive

Ο αλγόριθμος Hive λαμβάνει, επεξεργάζεται, ελέγχει και αναλύει τα δεδομένα. Ακολούθως, συνδυάζει και μετατρέπει τα δεδομένα σε πληροφορίες οι οποίες είναι μεγάλης σημαντικότητας στο παρόν και το μέλλον των διαδικασιών μεταφοράς.

### 14. Apache Pig

Η Pig αποτελεί μία πλατφόρμα στην οποία σχεδιάζονται τα προγράμματα MapReduce. Η γλώσσα προγραμματισμού της πλατφόρμας ονομάζεται Pig Latin, η οποία, μπορεί να αναγνωρίσει και άλλες γλώσσες προγραμματισμού και ακολούθως να τις μετατρέψει σε μορφή Pig Latin [64].

### 15. MapReduce

Στην τεχνολογία MapReduce, η οποία, αποτελεί ανοιχτό σύστημα δεδομένων, εκτελούνται δύο εργασίες. Η πρώτη εργασία είναι ο σχεδιασμός του χάρτη (Map) κατά τον οποίο λαμβάνεται ένα σύνολο δεδομένων και μετατρέπεται σε άλλα υποσύνολα δεδομένων, όπου, τα δεδομένα διαχωρίζονται σε ζευγάρια «κλειδιού-τιμής» (key- value). Τη δεύτερη εργασία αποτελεί η μείωση των εργασιών (Reduce), στην οποία, λαμβάνονται τα αποτελέσματα της εργασίας σχεδιασμού του χάρτη, εξετάζεται κάθε ζεύγος και ομαδοποιούνται τα ζεύγη με κοινό «κλειδί». Η τεχνολογία MapReduce εφαρμόζεται στην τεχνολογία Hadoop.

### 16. Apache Spark

Το Apache Spark, αποτελεί ένα ανοιχτό σύστημα διαχείρισης και ανάλυσης συμπλέγματος δεδομένων, στο οποίο, οι δομές των δεδομένων αποτελούν πρότυπα που μπορεί να εγκαταστήσει ο προγραμματιστής/διαχειριστής.

#### 17. Apache Storm

Το ApacheStorm αποτελεί ένα κατανεμημένο υπολογιστικό σύστημα δεδομένων πραγματικού χρόνου, το οποίο, είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού Clojure και χρησιμοποιείται για την επεξεργασία μεγάλων ροών δεδομένων.

#### 18. Apache HBase

Η τεχνική ανάλυσης μεγάλων δεδομένων HBase, αποτελεί ένα ανοιχτό σύστημα διαχείρισης μη δομημένων ερωτημάτων δεδομένων (NoSQL- No Structured Query Language). Για το σχεδιασμό του, χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία του Μεγάλου τραπέζιού (Big table). Παρέχει ένα τρόπο αποθήκευσης των μεγάλων δεδομένων, ο οποίος, παρουσιάζει κάποια ανοχή στα σφάλματα.

#### 19. Apache Tez

Η τεχνική Tez, αποσκοπεί στο σχεδιασμό ενός πλαισίου, το οποίο, επιτρέπει σε ένα περίπλοκο και μη κυκλικό γράφημα την επεξεργασία των δεδομένων.

#### 20. Apache Kafka

Ο αλγόριθμος Kafka, είναι ένα ταχύτατο και επεκτάσιμο σύστημα ανταλλαγής δεδομένων το οποίο προτιμάται για την υψηλή απόδοση του, την ταχύτερη ανταλλαγή και αναπαραγωγή των δεδομένων καθώς και για την ανοχή σφαλμάτων που παρουσιάζει.

#### 21. Apache HCatalog

Η HCatalog, αποτελεί ένα σύστημα διαχείρισης πινάκων και μεταδεδομένων που βοηθά τα συστήματα επεξεργασίας των δεδομένων να κατανοήσουν την δομή και τη θέση των δεδομένων, τα οποία, είναι αποθηκευμένα στην τεχνολογία Apache Hadoop.

## 22. Apache Slider

Το Slider αποτελεί ένα πλαίσιο YARN, μέσα στο οποίο αναπτύσσονται εφαρμογές YARN. Αξιοποιεί τις δυνατότητες διαχείρισης YARN για να αναπτύσει τις εφαρμογές, να τις ελέγχει και να τις αυξομειώνει ανάλογα με τις ρυθμίσεις του προγραμματιστή, ενώ αυτές παράλληλα, λειτουργούν.

## 23. Apache Solr

Η πλατφόρμα ανοικτού κώδικα Solr, αποτελεί μηχανή αναζήτησης των δεδομένων τα οποία είναι αποθηκευμένα σε μια βάση δεδομένων του Hadoop.

## 24. Apache Mahout

Η τεχνική Mahout διαθέτει επεκτάσιμους αλγόριθμους μηχανικής μάθησης, οι οποίοι, βοηθούν στην ομαδοποίηση και την ταξινόμηση των δεδομένων.

## 25. Apache Accumulo

Η τεχνική Accumulo, αποτελεί ένα σύστημα αποθήκευσης και ανάκτησης των δεδομένων, με έλεγχο πρόσβασης στα διάφορα επίπεδα της βάσης δεδομένων.

## 26. Τεχνική R

Η τεχνική R, είναι μία ανοικτή γλώσσα και λογισμικό διαχείρισης δεδομένων, το οποίο, εκτελεί στατιστικούς υπολογισμούς και παρουσιάζει τα αποτελέσματα

γραφικά. Η τεχνική αυτή, χρησιμοποιείται ευρέως ως πρότυπο σε πολλά λογισμικά στατιστικής.

## 27. Γλώσσα προγραμματισμού SQL

Το ακρόνυμο SQL (Structured Query Language), σημαίνει γλώσσα εξέτασης δομημένων ερωτημάτων. Είναι μια γλώσσα προγραμματισμού, η οποία χρησιμοποιείται στην τεχνολογία βάσης συσχέτισης δεδομένων. Ελέγχει τα εισερχόμενα δεδομένα βασισμένη στις ενημερώσεις με τις οποίες τροποποιείται και διαγράφει αυτά τα οποία δε χρήζουν σημαντικότητας και περαιτέρω ανάλυσης. Τα υπόλοιπα δεδομένα τα τοποθετεί σε μια άλλη βάση δεδομένων.

## 28. Βάση συσχέτισης δεδομένων (Relational database)

Το σύστημα αυτό, διαθέτει ειδικούς πίνακες, όπου, τα δομημένα δεδομένα διανέμονται σε αυτούς ανάλογα με τη δομή και το περιεχόμενό τους. Η γλώσσα SQL χρησιμοποιείται στη βάση συσχέτισης δεδομένων για τη διαχείριση των δεδομένων.

## 29. Ημιδομημένα δεδομένα

Τα ημιδομημένα δεδομένα, τα οποία είναι δεδομένα που δε συμμορφώνονται με μία συγκεκριμένη διάταξη και δομή, ελέγχονται με βάση δείκτες που τα χαρακτηρίζουν και τοποθετούνται σε ξεχωριστούς φακέλους μέσα σε μια βάση δεδομένων. Παραδείγματα των φακέλων ταξινόμησης, αποτελούν ψευδογλώσσες που περιλαμβάνουν χαρακτηριστικές ετικέτες όπως XML (eXtensive Markup Language) ή HTML (Hyper Text Markup Language), οι οποίες, χρησιμοποιούνται στο παγκόσμιο διαδίκτυο.

## 30. Δομημένα δεδομένα

Η τεχνολογία αυτή, αποτελεί έναν αλγόριθμο, ο οποίος, επεξεργάζεται και διαχωρίζει τα δεδομένα που έχουν καθορισμένη διάταξη και δομή. Παράδειγμα τεχνολογίας δομημένων δεδομένων αποτελεί, η τεχνολογία βάσης συσχέτισης δεδομένων.

### 31. Αδόμητα δεδομένα

Η επεξεργασία και η ανάλυση αδόμητων δεδομένων αποτελεί μία δύσκολη πρόκληση στον τομέα ανάλυσης μεγάλων δεδομένων. Τα τελευταία χρόνια, ερευνάται η μέθοδος, με την οποία, θα επιτευχθεί η ανάλυση δεδομένων με μη καθορισμένη διάταξη και δομή. Στην μεθοδολογία αυτή, λειτουργούνται παράλληλα πολλές τεχνολογίες ανάλυσης βάσεων δεδομένων, όπως για παράδειγμα, της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, των μεταδεδομένων, της αναγνώρισης μοτίβου, των ημιδομημένων δεδομένων.

### 32. Επεξεργασία ροών (Stream processing)

Η τεχνολογία επεξεργασίας ροών, αποτελείται από αλγορίθμους, ικανούς να επεξεργάζονται μεγάλες ροές δεδομένων πραγματικού χρόνου. Οι αλγόριθμοι επεξεργασίας ροών, μπορεί να είναι για παράδειγμα, αλγόριθμοι αναγνώρισης και ταυτοποίησης ραδιοσυχνοτήτων (Radio Frequency IDentification), ανίχνευσης απάτης και ελέγχου της διαδικασίας.

### 33. Οπτικοποίηση (Visualization)

Η τεχνική οπτικοποίησης, αποτελείται από τεχνολογίες, οι οποίες, είναι προγραμματισμένες να αντιλαμβάνονται εικόνες και διαγράμματα μετά την επεξεργασία των συλλεχθέντων δεδομένων και να συνθέτουν ως αποτέλεσμα ανάλυσης κάποια σήματα όπως σχήματα, εικόνες και διαγράμματα που παρέχουν

μεγάλο ποσοστό πληροφορίας. Τα σχήματα και οι εικόνες που χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία αυτή, ανήκουν σε μια βάση δεδομένων και είναι κατανοητά από όλους. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης οπτικοποίησης, παρέχουν σημαντικό ποσοστό γνώσης των συνθηκών στο οδικό δίκτυο.

## Παράρτημα Γ Ερωτήματα αναφοράς LUBM

Ακολούθως, πραγματοποιείται αναφορά, περιγραφή και απεικόνιση των ερωτημάτων, τα οποία, επεξεργάζονται σε ψευδογλώσσα SPARQL, σύμφωνα με την ομάδα αναφοράς LUBM (Lehigh University Benchmark).

### 1. Q1 (Query 1-Ερώτημα 1)

Στο Ερώτημα Q1 πραγματοποιείται επεξεργασία ενός πόρου και της ιδιότητας του, χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν πληροφορία ιεράρχησης ή συμπεράσματος.

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX ub: <http://www.lehigh.edu/~zhp2/2004/0401/univ-bench.owl#>
SELECT ?X
WHERE
{ ?X rdf:type ub:GraduateStudent .
  ?X ub:takesCourse
  http://www.Department0.University0.edu/GraduateCourse0 }
```

**query1**

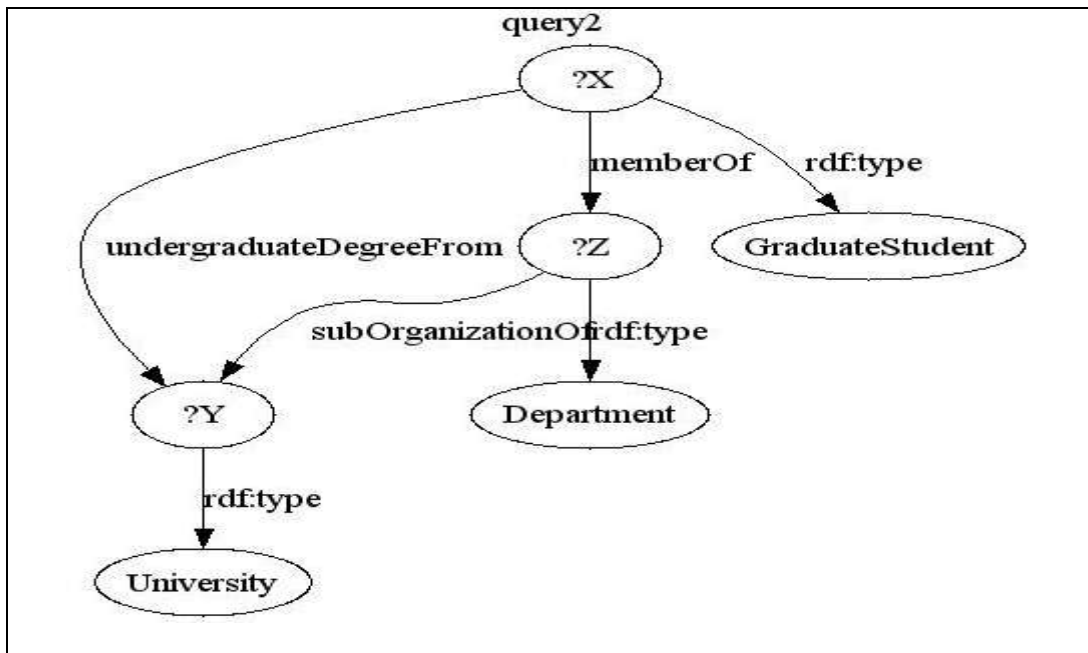
```
graph TD
  X((?X)) -- takesCourse --> UC0(Univ 0 Course 0)
  X -- rdf:type --> GS(GraduateStudent)
```

### 2. Q2 (Query 2-Ερώτημα 2)

Στο Ερώτημα Q2 πραγματοποιείται επεξεργασία τριών πόρων και των αντίστοιχων ιδιοτήτων τους.

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX ub: <http://www.lehigh.edu/~zhp2/2004/0401/univ-bench.owl#>
SELECT ?X, ?Y, ?Z
WHERE
{ ?X rdf:type ub:GraduateStudent .
  ?Y rdf:type ub:University .
  ?Z rdf:type ub:Department .
  ?X ub:memberOf ?Z .
  ?Z ub:subOrganizationOf ?Y .
  ?X ub:undergraduateDegreeFrom ?Y }
```



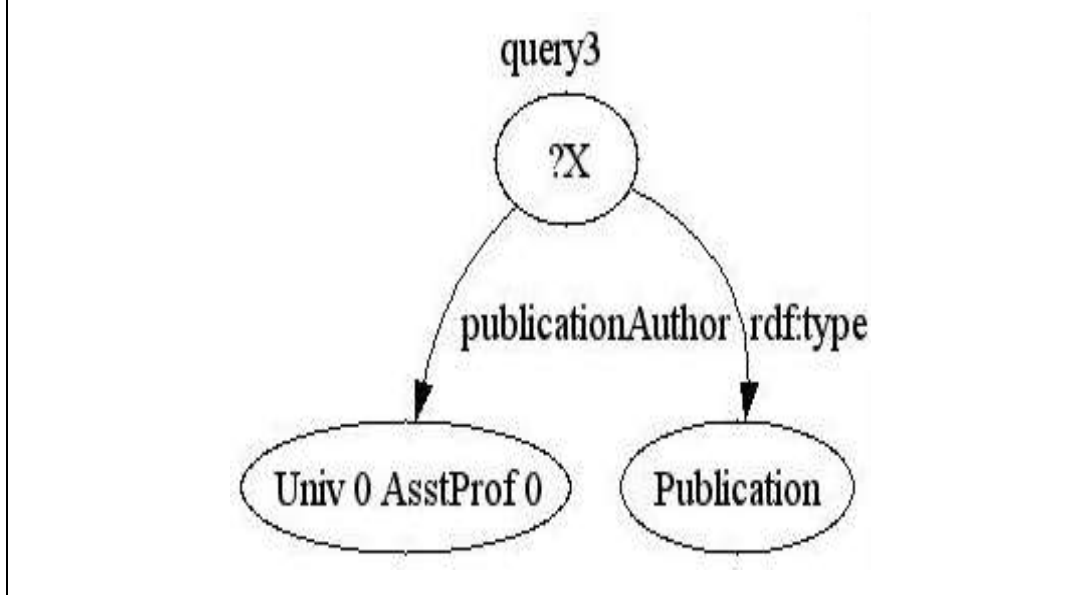


### 3. Q3 (Query 3-Ερώτημα 3)

Στο Ερώτημα Q3 πραγματοποιείται η ίδια επεξεργασία του ερωτήματος Q1, αλλά, για την ιδιότητα του πόρου λαμβάνεται υπόψιν η ιεράρχηση των δεδομένων και παρέχεται μεγαλύτερη πληροφόρηση.

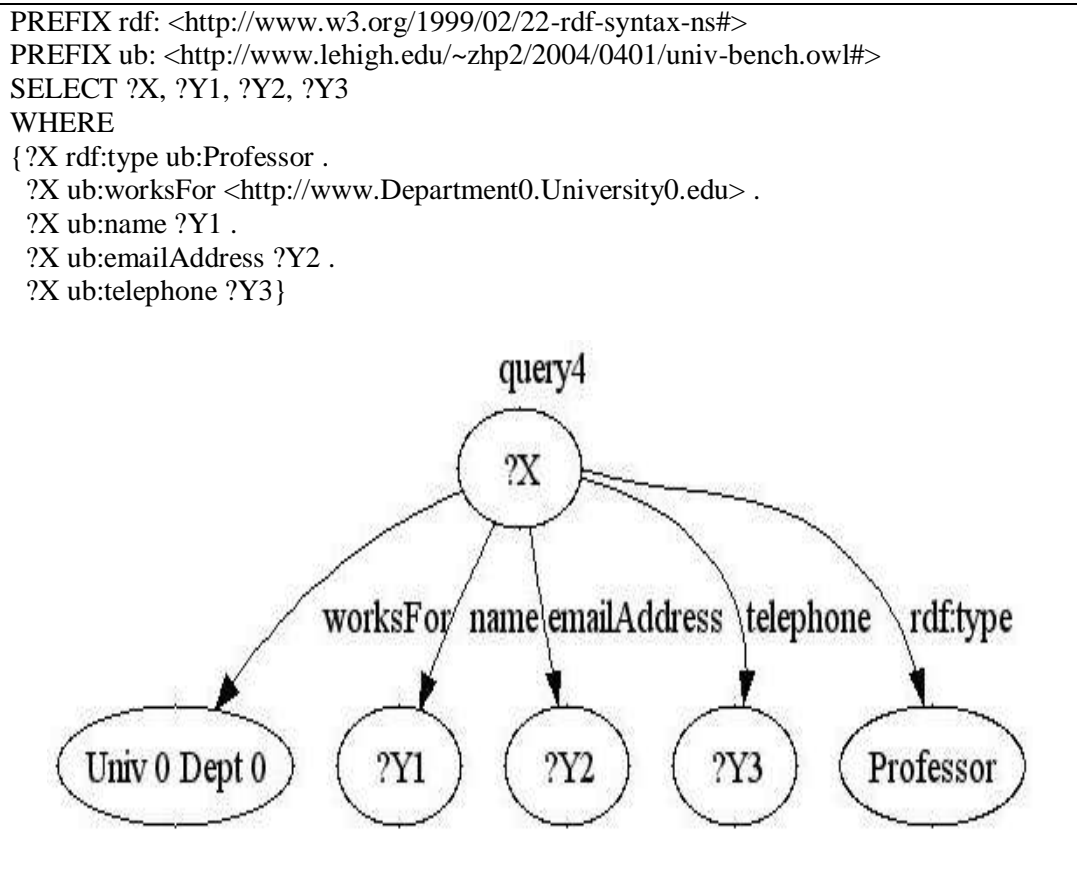
```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX ub: <http://www.lehigh.edu/~zhp2/2004/0401/univ-bench.owl#>
SELECT ?X
WHERE
{ ?X rdf:type ub:Publication .
  ?X ub:publicationAuthor
  http://www.Department0.University0.edu/AssistantProfessor0 }
  
```



#### 4. Q4 (Query 4-Ερώτημα 4)

Στο Ερώτημα Q4 πραγματοποιείται η σύνδεση ενός πόρου και των τμημάτων από τα οποία αποτελείται.



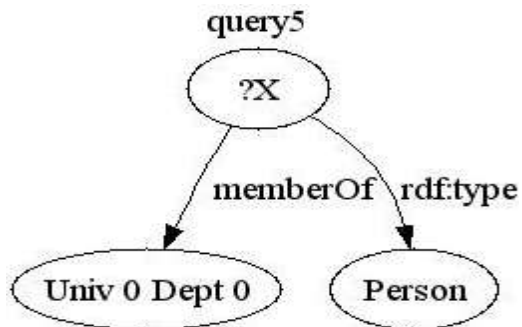
#### 5. Q5 (Query 5-Ερώτημα 5)

Στο Ερώτημα Q5 πραγματοποιείται η σύνδεση ενός πόρου με τα τμήματα του και με τις ιδιότητες των τμημάτων του. Εδώ παρατηρείται η ιεράρχηση των διαδικασιών που πραγματοποιούνται μεταξύ πόρου και τμημάτων του και μεταξύ των τμημάτων του.

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX ub: <http://www.lehigh.edu/~zhp2/2004/0401/univ-bench.owl#>
SELECT ?X
WHERE
{?X rdf:type ub:Person .
  ?X ub:memberOf <http://www.Department0.University0.edu>}

```



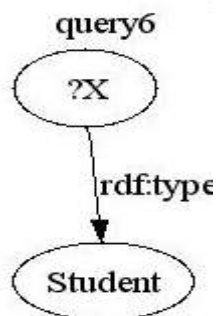
#### 6. Q6 (Query 6-Ερώτημα 6)

Το ερώτημα Q6 επεξεργάζεται έναν πόρο, αλλά, προϋποθέτει την ρητή αλλά και τη σιωπηρή σχέση του πόρου με το τμήμα του.

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX ub: <http://www.lehigh.edu/~zhp2/2004/0401/univ-bench.owl#>
SELECT ?X WHERE {?X rdf:type ub:Student}

```



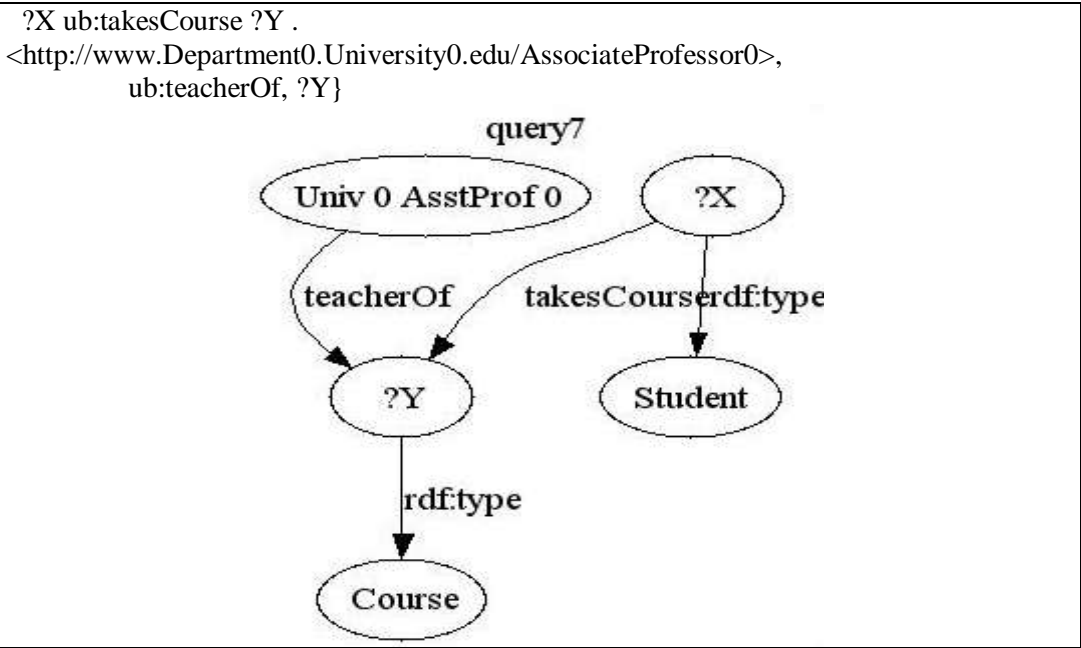
#### 7. Q7 (Query 7-Ερώτημα 7)

Το ερώτημα Q7 είναι παρόμοιο με το ερώτημα Q6, αλλά, παρότι έχουμε ένα πόρο έχουμε περισσότερα τμήματα του με τις αντίστοιχες ιδιότητες.

```

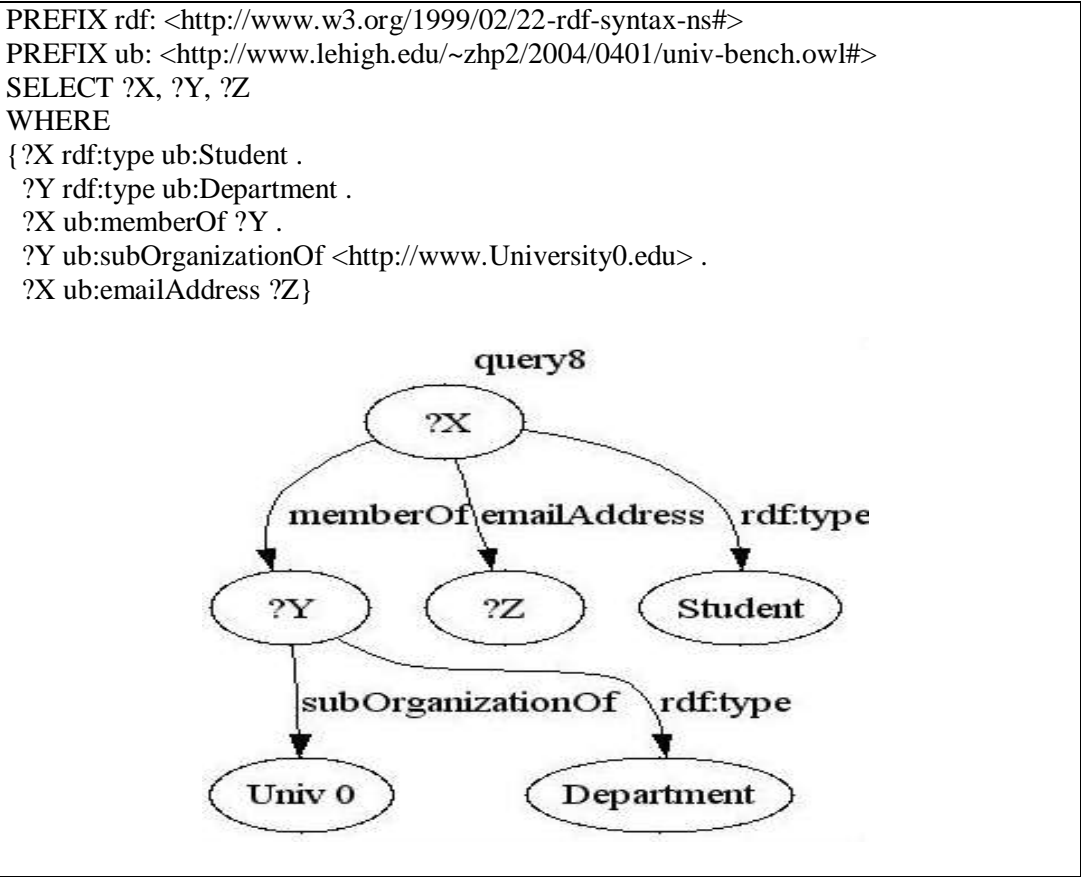
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX ub: <http://www.lehigh.edu/~zhp2/2004/0401/univ-bench.owl#>
SELECT ?X, ?Y
WHERE
{?X rdf:type ub:Student .
  ?Y rdf:type ub:Course .
}

```



8. Q8 (Query 8-Ερώτημα 8)

Το ερώτημα Q8 είναι παρόμοιο με το ερώτημα Q7, αλλά, πιο πολύπλοκο προσθέτοντας ένα ακόμα τμήμα με την ιδιότητα του.



## 9. Q9 (Query 9-Ερώτημα 9)

Το ερώτημα Q9 είναι παρόμοιο με το ερώτημα Q2, αλλά, με περισσότερα τμήματα και ιδιότητες. Παρουσιάζεται ένα τριγωνικό μοτίβο σύνδεσης.

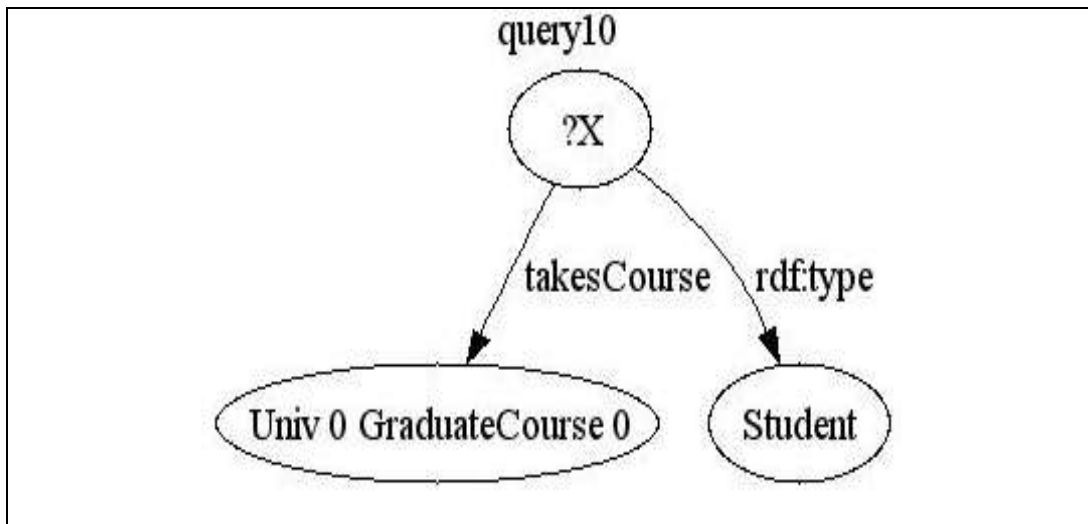
```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX ub: <http://www.lehigh.edu/~zhp2/2004/0401/univ-bench.owl#>
SELECT ?X, ?Y, ?Z
WHERE
{ ?X rdf:type ub:Student .
  ?Y rdf:type ub:Faculty .
  ?Z rdf:type ub:Course .
  ?X ub:advisor ?Y .
  ?Y ub:teacherOf ?Z .
  ?X ub:takesCourse ?Z }
```

The diagram illustrates the query graph for Q9. It features six nodes: ?X, ?Y, ?Z, Student, Faculty, and Course. The nodes are connected by directed edges representing RDF properties. The edges are: ?X to ?Y (labeled 'advisor'), ?X to Student (labeled 'rdf:type'), ?X to ?Z (labeled 'takesCourse'), ?Y to Faculty (labeled 'rdf:type'), ?Y to ?Z (labeled 'teacherOf'), and ?Z to Course (labeled 'rdf:type'). The graph is titled 'query9'.

## 10. Q10 (Query 10-Ερώτημα 10)

Το ερώτημα Q10 είναι παρόμοιο με τα Q6, Q7, Q8, Q9, αλλά, διαφέρει στο ότι, απαιτεί τη ρητή σύνδεση του πόρου και του τμήματος του.

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX ub: <http://www.lehigh.edu/~zhp2/2004/0401/univ-bench.owl#>
SELECT ?X
WHERE
{ ?X rdf:type ub:Student .
  ?X ub:takesCourse
  <http://www.Department0.University0.edu/GraduateCourse0> }
```



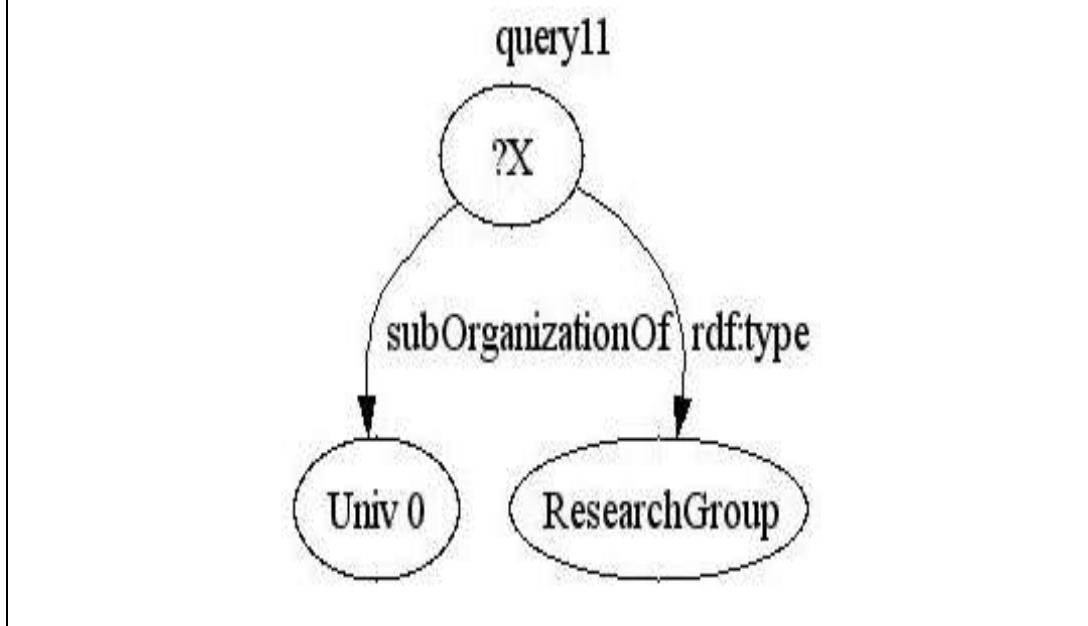
11. Q11 (Query 11-Ερώτημα 11)

Στο ερώτημα Q11, οι ιδιότητες ενός πόρου περιγράφονται από μικρή είσοδο δεδομένων και ως μεταβατικές, δηλαδή, οδηγούν σε ένα στόχο, στον οποίο, ολοκληρώνονται ή συμπληρώνονται από αυτόν.

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX ub: <http://www.lehigh.edu/~zhp2/2004/0401/univ-bench.owl#>
SELECT ?X
WHERE
{?X rdf:type ub:ResearchGroup .

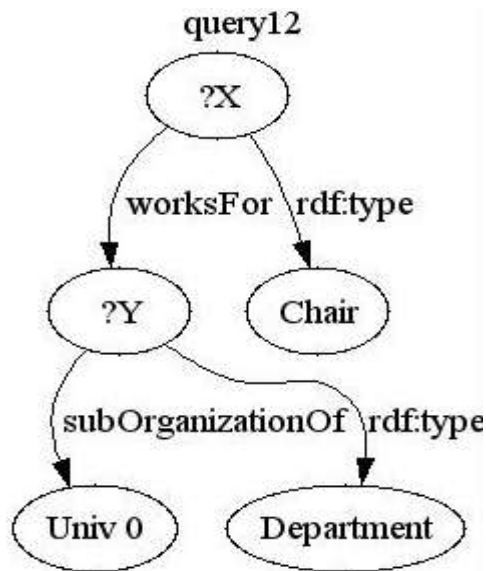
  ?X ub:subOrganizationOf <http://www.University0.edu>}
  
```



## 12. Q12 (Query 12-Ερώτημα 12)

Στο ερώτημα Q12, πραγματοποιείται η σύνδεση των δεδομένων με το υποσύνολο και με το σύνολο στο οποίο ανήκουν.

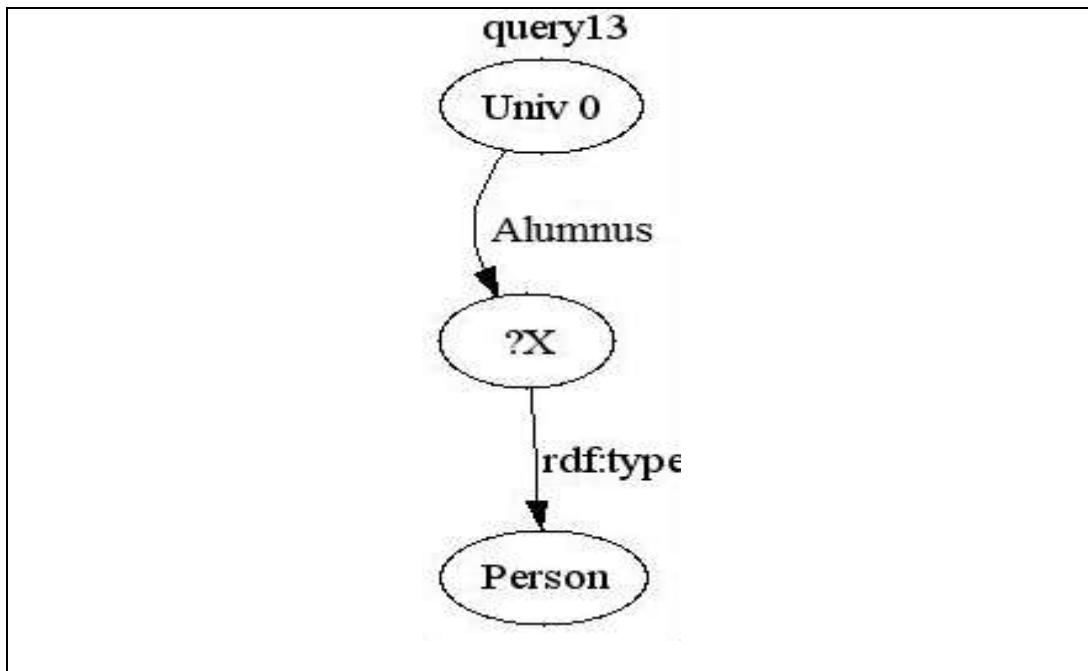
```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX ub: <http://www.lehigh.edu/~zhp2/2004/0401/univ-bench.owl#>
SELECT ?X, ?Y
WHERE
{?X rdf:type ub:Chair .
 ?Y rdf:type ub:Department .
 ?X ub:worksFor ?Y .
 ?Y ub:subOrganizationOf <http://www.University0.edu>}
```



## 13. Q13 (Query 13-Ερώτημα 13)

Στο ερώτημα Q13 πραγματοποιείται η σύνδεση των δεδομένων μέσα από υποιδιότητες οι οποίες περιγράφουν την κύρια ιδιότητα συσχέτισης.

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX ub: <http://www.lehigh.edu/~zhp2/2004/0401/univ-bench.owl#>
SELECT ?X
WHERE
{?X rdf:type ub:Person .
 <http://www.University0.edu> ub:hasAlumnus ?X}
```



14. Q14 (Query 14-Ερώτημα 14)

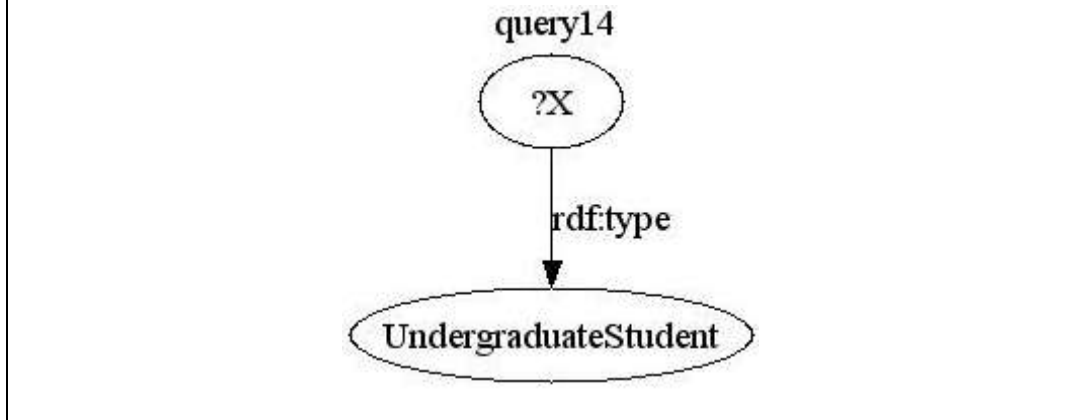
Στο ερώτημα Q14, το οποίο, είναι το πιο απλό, λαμβάνονται τα δεδομένα που ο όγκος τους είναι πολύ μεγάλος και δε χρειάζεται να φιλτράρουμε το σύνολο τους, ώστε, να διαχωρίσουμε και να χρησιμοποιήσουμε μόνο συγκεκριμένα, απαραίτητα για τη μελέτη ενός προβλήματος, δεδομένα.

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX ub: <http://www.lehigh.edu/~zhp2/2004/0401/univ-bench.owl#>
SELECT ?X
  
```

```

WHERE { ?X rdf:type ub:UndergraduateStudent }
  
```





Για το λόγο του ότι στη μελέτη που πραγματοποιείται υιοθετήθηκε η χρήση μόνο δεδομένων τριπλού μοτίβο (RDF) για την επιτυχή σύνδεση των δεδομένων, χρησιμοποιούνται μόνο τα ερωτήματα Q1, Q2, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9, Q10 και Q14, διότι, τα ερωτήματα Q3, Q4, Q11, Q12 και Q13 απαιτούν πραγματοποίηση συλλογιστικής σε ψευδογλώσσα OWL (Web Ontology Language) ή βασίζονται σε στατικά δεδομένα.