



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

**ΤΜΗΜΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΔΙΚΤΥΟΚΕΝΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΨΗΛΩΝ
ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ, ΣΥΜΒΑΤΩΝ ΜΕ
ΠΡΟΤΥΠΟ 3GPP LTE**

Επιβλέπων: κος ΔΕΜΕΣΤΙΧΑΣ Π.

**ΚΟΥΤΡΑ ΒΑΡΒΑΡΑ
Α.Μ. :ΜΕ/07091**

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2009

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ	6
1.1 B3G World.....	6
1.2 Έρευνα σε περιβάλλοντα ασύρματων επικοινωνιών B3G.....	8
1.3 Ανάγκη ανάπτυξης B3G δικτύων	10
1.4 Γνωσιακά Δίκτυα Επικοινωνιών Ασύρματης Πρόσβασης	12
1.5 Long Term Evolution - 3GPP LTE	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ.....	17
2.1 Διαχείριση Μεταφορών	17
2.2 Ευρωπαϊκή Έρευνα.....	17
2.2.1 Ασφαλή μεταφορά	18
2.2.2 Έλεγχος κυκλοφορίας.....	19
2.2.3 Συστήματα Διαχείρισης Μεταφορών	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ CARPOOLING	22
3.1 Carpooling.....	22
3.1.1 Η ιστορία του carpooling στην Ελλάδα	22
3.1.2 Ανάγκη για Carpooling	24
3.1.3 Carpooling Transportation Management System.....	24
3.2 Περιγραφή Συστήματος	24
3.2.1 Παράμετροι Συστήματος.....	25
3.2.2 Παράμετροι για το προφίλ του χρήστη	25
3.2.3 Παράμετροι Υψηρεσιών	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: BAYESIAN NETWORKS	28
4.1 Ορισμός	28
4.1.1 Δημιουργία ενός Bayesian Network	30
4.2 Εκμάθηση Δομής ενός Bayesian Network.....	30
4.3 Εκμάθηση Παραμέτρων.....	31
4.4 Εφαρμογές ενός "Bayesian" Δικτύου.....	31
4.4.1 Υπολογισμός Απόδοσης (Ανα)Διάρθρωσης Δικτύου	32
4.4.2 Δημιουργία Προφίλ Χρήστη	33
4.5 Bayesian Metanetworks	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΓΝΩΣΙΑΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ.....	37
ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ.....	37
ΜΕΣΩ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ CAR POOLING	37
5.1 Μεθοδολογία.....	37
5.2 Πλαίσιο λειτουργίας και υψηλό επίπεδο περιγραφής	38
5.3 Τυπική Περιγραφή.....	42
5.3.1 Είσοδοι.....	42
5.3.2 Στόχος και λύση.....	44
5.4 Αποτελέσματα.....	46
5.4.1 Σενάριο 1	46
5.4.2 Σενάριο 2	51
5.4.3 Σενάριο 3	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Συμπεράσματα.....	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	60

Λίστα Σχημάτων

Σχήμα 1. Το όραμα B3G.....	9
Σχήμα 2. Λειτουργία cognitive δικτύων	13
Σχήμα 3. Αρχιτεκτονική διαχείρισης B3G υποδομής.....	14
Σχήμα 4. LTE Δίκτυο.....	16
Σχήμα 5. Bayesian Network.....	29
Σχήμα 6. Bayesian Network για εφαρμογή μοντελοποίησης	32
Σχήμα 7. The two-level Bayesian C-Metanetwork for managing conditional dependencies.....	35
Σχήμα 8. The two-level Bayesian R-Metanetwork for modeling relevant feature selection	36
Σχήμα 9. Co-CAP context of operation	39
Σχήμα 10. (a) Context information, (b) personal profile parameters, (c) service parameters	40
Σχήμα 11. Co-CAP functionality description	41
Σχήμα 12. Scenario 1 – (a) parameters and respective weights, (b) parameter values collected through the evaluation procedure, for the 3 drivers	47
Σχήμα 13. Scenario 1 – (a) conditional probabilities for parameter “safety”, (b) conditional probabilities for parameter “cost”, (c) conditional probabilities for parameter “driving skills”	50
Σχήμα 14. Scenario 1 - (a) probability density function values for the 3 drivers ($f(\tilde{x}, i)$), (b) OF values of the 3 drivers	50
Σχήμα 15. Scenario 2 – (a) parameters and respective weights, (b) parameter values collected through the evaluation procedure, for the 3 drivers	52
Σχήμα 16. Scenario 2 - (a) conditional probabilities for parameter “safety”, (b) conditional probabilities for parameter “cost”, (c) conditional probabilities for parameter “driving skills”	54
Σχήμα 17. Scenario 2 - (a) probability density function values for the 3 drivers ($f(\tilde{x}, i)$), (b) OF values of the 3 drivers	55
Σχήμα 18. Scenario 3 - parameter values collected through the evaluation procedure for the 3 drivers, split in three phases, namely (1 st , 2 nd and 3 rd)	56
Σχήμα 19. Scenario 3 – (a) conditional probabilities of parameter “driving skills” of the 2 nd driver, (b) OF values of the 3 drivers	57

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κόσμος των ασύρματων επικοινωνιών σήμερα στοχεύει να εξελιχθεί και να μεταβεί σε μία εποχή συστημάτων πέρα της 3ης γενιάς (B3G). Η εποχή B3G χαρακτηρίζεται από την παροχή νέων υπηρεσιών και εφαρμογών προσαρμοσμένων στις ανάγκες των χρηστών, μέσω πολλαπλών τεχνολογιών ασύρματης πρόσβασης (Radio Access Technologies), που αξιοποιούν τη γνώση και την εμπειρία, ώστε τελικά να γίνουν γνωσιακές. Τα γνωσιακά ασύρματα δίκτυα συναντούν πολλές εφαρμογές στον τομέα της διαχείρισης μεταφορών σε πραγματικό χρόνο, κάτι το οποίο προσελκύει όλο και περισσότερο ενδιαφέρον, με την έννοια της ανάπτυξης ευφυή συστημάτων μεταφορών (Intelligent Transportation Systems - ITS), όπως είναι για παράδειγμα τα συστήματα για την αύξηση της αποτελεσματικότητας των μεταφορών. Μια τέτοια εφαρμογή έγκειται στην έννοια «της συγκέντρωσης αυτοκινήτων» (car pooling), δηλαδή στη κοινή χρήση ενός οχήματος προς ένα κοινό προορισμό, με βάση τις προκαθορισμένες συμφωνίες. Ο στόχος του παρόντος κειμένου είναι να εφαρμόσει γνωσιακές αρχές δικτύωσης σε λειτουργίες διαχείρισης που απευθύνονται σε μια εφαρμογή «car pooling». Η γνώση που απαιτείται παράγεται μέσω της εκμετάλλευσης των Bayesian δικτύων και μέσω των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης αποδεικνύεται η αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων λειτουργιών. Στη συνέχεια θα ακολουθήσει μία σύντομη περιγραφή του περιεχομένου των κεφαλαίων του συγκεκριμένου κειμένου.

Στο 1ο κεφάλαιο παρουσιάζονται αρχικά οι τάσεις που αφορούν τον κόσμο των ασυρμάτων επικοινωνιών από το παρελθόν, το παρόν και το μέλλον. Στη συνέχεια αναφέρεται η έννοια των «δυναμικά αναδιαρθρούμενων» (reconfigurable) δικτύων, τα οποία διαθέτουν μηχανισμούς αλλαγής διαφόρων λειτουργικών τους παραμέτρων, με στόχο τη βέλτιστη ικανοποίηση και εξυπηρέτηση των χρηστών. Παράλληλα, μελετώνται οι επιπτώσεις από την εισαγωγή των συγκεκριμένων δικτύων στον κόσμο των επικοινωνιών ενώ μελετάται και η μετάβαση προς τα γνωσιακά δίκτυα ("cognitive networks"), τα οποία διαθέτουν την ικανότητα απόκτησης γνώσης από αλληλεπιδράσεις του παρελθόντος με το περιβάλλον και έτσι προσαρμόζουν τη μελλοντική τους συμπεριφορά με βάση αυτή τη γνώση.

Στο 2ο κεφάλαιο αναφέρεται η εφαρμογή των συστημάτων διαχείρισης μεταφορών και ο τρόπος χρήσης τους. Επιπλέον γίνεται αναφορά σχετικά με την επίλυση των προβλημάτων που επιλύουν στο χώρο των μεταφορών καθώς και τις επιπτώσεις που επιφέρουν.

Στο 3ο κεφάλαιο παρουσιάζεται η λειτουργία και χρήση των «Bayesian» δικτύων. Οι προσφερόμενες υπηρεσίες στο χρήστη έχουν ως στόχο να ικανοποιήσουν σε ένα μεγάλο βαθμό τις απαιτήσεις του. Συνεπώς, η μεγιστοποίηση της ικανοποίησης ενός χρήστη είναι πολύ σημαντική. Σε

κάθε χρήστη αντιστοιχεί ένα συγκεκριμένο προφίλ το οποίο διαμορφώνεται από τις ανάγκες, τις προτιμήσεις και τις συνήθειες που έχει. Επομένως, η γνώση του προφίλ των χρηστών είναι απαραίτητη έτσι ώστε το σύστημα να μπορεί να ανταποκριθεί με το καλύτερο τρόπο στις απαιτήσεις του χρήστη. Ένα σημαντικό εργαλείο για την εύρεση και δημιουργία του προφίλ κάποιου χρήστη αποτελεί η χρήση των «Bayesian» δικτύων.

Στο 4ο κεφάλαιο παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία υψηλού επιπέδου για τη λειτουργία του συστήματος "Cognitive Car Pooling Management Functionality" (Co-Cap) το οποίο επιλέγει τους συνδυασμούς που υπόσχονται (με πιθανολογικό τρόπο) την ικανοποίηση των προτιμήσεων των οδηγών και των επιβατών (αποδίδοντας ορισμένα βάρη στις παραμέτρους), λαμβάνοντας υπόψη προηγούμενη γνώση. Έπειτα, ακολουθεί η μαθηματική υλοποίηση του συστήματος και παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα της προσομοίωσης για την προβολή της αποτελεσματικότητας του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

1.1 B3G World

Προκειμένου να επιτευχθούν και να ικανοποιηθούν οι ανάγκες ενός χρήστη τα συστήματα τηλεπικοινωνιών είναι επιθυμητό να υποστούν κάποιες ριζικές αλλαγές στον τρόπο δομής και λειτουργίας τους. Οι ασύρματες επικοινωνίες που βρίσκονται στο προσκήνιο της τεχνολογικής επανάστασης συμπεριλαμβάνουν ένα σύνολο ασύρματων τεχνολογιών πρόσβασης (RAT- Radio Access Technology). Οι τεχνολογίες RAT έχουν ως στόχο να μετασχηματιστούν σε μια παγκόσμια υποδομή η οποία ονομάζεται υποδομή ασύρματης πρόσβασης πέρα από την τρίτη γενιά (Beyond the 3rd Generation-B3G). Η υποδομή αυτή έχει ως στόχο να αυξήσει την εκμετάλλευση των διαθέσιμων τεχνολογιών και να προσφέρει στους χρήστες επαναστατικές και εξειδικευμένες υπηρεσίες με ένα οικονομικά και αποδοτικό τρόπο. Η υλοποίηση της παραπάνω υποδομής μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω ενός χειριστή δικτύου (NO-Network Operator) ο οποίος θα βασίζεται στις διαφορετικές τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης, πετυχαίνοντας τα απαιτούμενα επίπεδα χωρητικότητας και ποιότητας υπηρεσιών.

Η αντίληψη ενός B3G συστήματος μπορεί να γίνει κατανοητή μέσω γνωσιακών (προσαρμοζόμενα, αναδιαρθρώμενα) δικτύων σε συνδυασμό με τη συνεργασία αυτών των δικτύων. Τα γνωσιακά δίκτυα (cognitive networks) έχουν τη δυνατότητα της αυτο-διάρθρωσης (self-configuration) για την αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας, με στόχο τη βέλτιστη παροχή υπηρεσιών στο χρήστη. Επίσης, η δυνατότητα αναδιάρθρωσης που τα διακρίνει συμβάλλει στην ικανοποίηση του χρήστη μέσω των τεχνικών βελτιστοποιήσεων και διορθώσεων που επιτυγχάνει. Η προσέγγιση της αναδιάρθρωσης αποτελεί μία εξέλιξη του SDR (Software Defined Radio) και προϋποθέτει ότι τα τερματικά και τα στοιχεία δικτύου (υλικός εξοπλισμός, transceivers) μπορούν δυναμικά να προσαρμόζονται και να αλλάζουν τις τεχνολογίες RAT που χειρίζονται καθώς και το φάσμα που χρησιμοποιούν, με στόχο τη βελτίωση του επιπέδου χωρητικότητας και της ποιότητας των υπηρεσιών.

Η επιλογή των καλύτερων διαθέσιμων τεχνολογιών ασύρματης πρόσβασης και δικτύων αποτελεί βασικό θέμα των B3G συστημάτων. Σε ότι αφορά τις τεχνολογίες RAT είναι δυνατό μέσω των συγκεκριμένων πλατφόρμων αναδιάρθρωσης να ενσωματώνονται στην ίδια πλατφόρμα δικτύου διαφορετικές τεχνολογίες RAT. Υπάρχουν τρία είδη πλατφόρμων:

- Η πλατφόρμα η οποία διατηρεί την τεχνολογία RAT και αλλάζει το διαθέσιμο φάσμα. Σε αυτή τη περίπτωση το αρχικό σύστημα λειτουργεί υπό τις συνθήκες του νέου φάσματος.
- Η πλατφόρμα η οποία αλλάζει την τεχνολογία RAT και διατηρεί το διαθέσιμο φάσμα. Σε αυτή τη περίπτωση το νέο σύστημα λειτουργεί υπό τις συνθήκες του παλαιού φάσματος.

- Η πλατφόρμα η οποία αλλάζει την τεχνολογία RAT καθώς και το διαθέσιμο φάσμα. Σε αυτή τη περίπτωση πραγματοποιείται από το σύστημα μια διαδικασία προσέγγισης φάσματος. Από την άλλη, η διαχείριση των λειτουργιών (management functionality) παίζει σημαντικό ρόλο στην κατανόηση και μελέτη των γνωστικών δικτύων ασύρματης πρόσβασης και συμβάλλει στην εύρεση των καλύτερων αναδιαρθρώσεων. Η διαχείριση λειτουργιών περιλαμβάνει τη διαχείριση πόρων ενός γνωστικού ασύρματου δικτύου, τη διαχείριση και τον έλεγχο του εξοπλισμού ενός δικτύου καθώς και τη διαχείριση τερματικών (μέσω συνεργασίας με το δίκτυο).

Το μελλοντικό όραμα των B3G συστημάτων είναι η δυνατότητα σύνδεσης πολλών δικτύων ασύρματης πρόσβασης μέσω ενός IP δικτύου. Ένα τέτοιο σύστημα θα αποτελείται από ασύρματα τοπικά δίκτυα WLAN (Wireless Local Area Network), ασύρματα μητροπολιτικά δίκτυα WMAN (Wireless Metropolitan Area Network) καθώς και από ασύρματα δίκτυα ευρείας περιοχής WWAN (Wireless Wide Area Network). Επιπλέον, θα έχει τη δυνατότητα να παρέχει υπηρεσίες ασύρματου Internet μέσω του δικτύου Wi-Max (Worldwide Interoperability of Microwave Access), υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας καθώς και ψηφιακή μετάδοση βίντεο [1][2].

Το B3G σύστημα αποτελείται από διαφορετικά ασύρματα δίκτυα τα οποία υποστηρίζονται όλα από ένα IP δίκτυο. Βασικό χαρακτηριστικό αποτελεί η διαφάνεια του συστήματος, η επίτευξη δηλαδή της εικόνας ενός ενιαίου συστήματος για τους χρήστες. Μέσα από τη διαφάνεια του συστήματος καθοδηγούνται οι προηγμένες υπηρεσίες που προσφέρονται, παρέχοντας συνεχή συνδεσιμότητα μεταξύ τους καθώς και την προσαρμογή τους στις περιβαλλοντικές συνθήκες και στις ανάγκες του χρήστη. Μέσω ενός τέτοιου συστήματος παρέχονται μεγαλύτεροι ρυθμοί μετάδοσης από προηγούμενα συστήματα (2G, 2.5G, 3G), που φτάνουν έως και τα 100 Mbps ενώ το εύρος ζώνης μπορεί να εκτείνεται από 2 έως 40 GHz. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί η παγκόσμια κάλυψη που προσφέρεται καθώς και η υποστήριξη των κινούμενων χρηστών από τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Στη συνέχεια αναλύονται οι κατηγορίες στις οποίες ανήκουν οι προοδευτικές υπηρεσίες διαδικτύου, ενώ ταυτόχρονα αρκετές από αυτές είναι δυνατό να ενυπάρχουν σε περισσότερες από μία κατηγορίες.

Τα δίκτυα επόμενης γενιάς συνδυάζουν πολλαπλές ασύρματες τεχνολογίες με στόχο να επιφέρουν οφέλη μέσα από τα πλεονεκτήματα και τις προδιαγραφές που παρουσιάζουν. Η αύξηση των υπολογιστικών και επικοινωνιακών ικανοτήτων των φορητών συσκευών διευκολύνουν την ευρεία ανάπτυξη του δικτυακού περιβάλλοντος όπου οι συσκευές επόμενης γενιάς διατηρούν ξεχωριστές ασύρματες διεπαφές, καθώς κατέχουν την ικανότητα να εναλλάσσουν τη μία ασύρματη διεπαφή με μία άλλη. Οι ενεργοί χρήστες θα επωφεληθούν από τα συγκεκριμένα δίκτυα αυξάνοντας τον αριθμό των παρόχων υπηρεσιών.

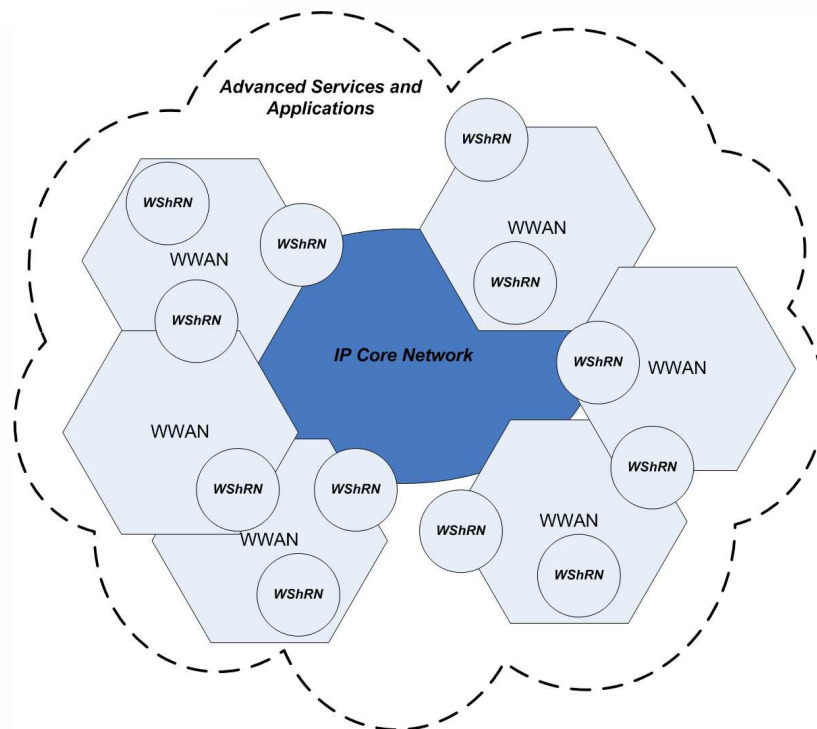
Στην πραγματικότητα, η «επαφή» με τα δίκτυα B3G δημιουργεί καινούριες προκλήσεις και ζητήματα στην ανάπτυξη των καταμετρημένων συστημάτων. Σύμφωνα λοιπόν με αυτή την τοποθέτηση ένα προσανατολισμένο ενδιάμεσο λογισμικό (middleware) θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να ανταπεξέλθει και να αντιμετωπίσει τη συνθετότητα που προκαλείται από την πολλαπλότητα των ασύρματων τεχνολογιών. Το συγκεκριμένο λογισμικό θα πρέπει σε πρώτη φάση να είναι ικανό να «αιχμαλωτίζει» τα διάφορα δίκτυα και να παρακολουθεί τη κατάσταση τους (όπως για παράδειγμα τη συνδεσιμότητα και την ποιότητα των υπηρεσιών που παρέχουν). Σε επόμενο βήμα είναι απαραίτητο να μπορεί να συνοψίζει τις ιδιότητες τους (προσβασιμότητα, ικανότητες) ώστε να επιτρέπει στους χρήστες να εκμεταλλεύονται ολοκληρωτικά την ανομοιότητα των δικτύων χωρίς να στηρίζονται σε οποιαδήποτε γνώση ή υποδομή.

1.2 Έρευνα σε περιβάλλοντα ασύρματων επικοινωνιών B3G

Καθώς η παγκοσμιοποίηση επιφέρει την ανάγκη για αντιμετώπιση διάφορων ζητημάτων που αφορούν τις ασύρματες επικοινωνίες, οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών που δημιουργούνται από το σύστημα των επικοινωνιών απαιτούν σημαντική προσπάθεια έρευνας και ανάπτυξης. Η συγκεκριμένη προσπάθεια έχει ως αποτέλεσμα μια ισχυρή, υψηλής ταχύτητας υποδομή που προσφέρει πολύπλευρες ψηφιακές λύσεις για την κοινωνία της πληροφορίας. Στόχος της είναι η ικανοποίηση του χρήστη και η παροχή συνεχούς συνδεσιμότητας σε αυτόν, οπουδήποτε και οποτεδήποτε, με ένα αρκετά οικονομικό τρόπο. Στο πλαίσιο αυτό, η εστίαση πραγματοποιείται στην τεχνολογική συνεργασία και τη συνύπαρξη των προτύπων τεχνολογιών ασύρματης πρόσβασης (Radio Access Technology - RAT) [3][4] με τα ήδη αναδυόμενα που υπάρχουν σήμερα. Ο σημερινός κόσμος των ασύρματων τηλεπικοινωνιών χαρακτηρίζεται από μία πληθώρα τεχνολογιών, οι οποίες μπορούν γενικά να ταξινομηθούν σε δύο μεγάλες οικογένειες που είναι οι ακόλουθες:

- Η οικογένεια των ασύρματων τεχνολογιών ευρείας περιοχής (Wireless Wide Area Networks - WWANs), που περιλαμβάνει τις κινητές επικοινωνίες 2G/2.5G/3G, την οικογένεια πρωτοκόλλων IEEE 802.16, το πρωτόκολλο WiMAX και τις τεχνολογίες εκπομπής (broadcasting technologies), και
- Η οικογένεια ασύρματων τεχνολογιών περιορισμένης κλίμακας (Wireless Short Range Networks - WShRN), που περιλαμβάνει ασύρματα τοπικά και προσωπικά δίκτυα (Wireless Local Area Networks – WLANs / Wireless Personal Area Networks - WPANs), καθώς και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (Wireless Sensor Networks).

Αυτή η κατάσταση απεικονίζεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Το όραμα B3G

Στην εποχή των B3G οι πάροχοι δικτύου (Network Operators - NOS) θα πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν την αύξηση της πολυπλοκότητας που υπάρχει. Η περάτωση του οράματος B3G θα μπορούσε να τους βοηθήσει σε σημαντικό βαθμό μέσω των εναλλακτικών λύσεων που θεωρητικά μπορεί να παρέχει, σε περιπτώσεις που κάποιος πάροχος αδυνατεί να εξυπηρετήσει τους χρήστες του. Η πολυπλοκότητα που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι πάροχοι προέρχεται από δύο κύριες πηγές που είναι:

- Η αναπόφευκτη ετερογένεια του δικτύου και η υποδομή του τερματικού
- Οι απαιτήσεις των χρηστών που συνδέονται με την B3G εποχή με προηγμένες υπηρεσίες / εφαρμογές, παρέχονται αδιάλειπτα και με συνεχή τρόπο.

Για την επίτευξη αυτών των στόχων, οι πάροχοι πρέπει να αναπτύξουν περίπλοκες τοπολογίες δικτύου για την ανομοιογενή φύση. Οι διάφορες τεχνολογίες είναι επιθυμητό να συνυπάρχουν, και να είναι συμπληρωματικά (και αποτελεσματικά) αξιοποιήσιμες. Κάθε μία από τις τεχνολογίες RAT έχει διαφορετικές δυνατότητες, όσον αφορά τη χωρητικότητα, την κάλυψη, την υποστήριξη της κινητικότητας και το κόστος. Ως εκ τούτου, κάθε τεχνολογία είναι πιο κατάλληλη για τον χειρισμό ορισμένων καταστάσεων. Σύμφωνα με αυτή την άποψη, οι πάροχοι θα πρέπει να βασίζονται σε διαφορετικές τεχνολογίες και στις εναλλακτικές λύσεις που προσφέρουν, με στόχο την αύξηση της ικανοποίησης του πελάτη, και την επίτευξη των απαιτούμενων επιπέδων ποιότητας υπηρεσιών

(Quality of Service – QoS), με αποδοτικό οικονομικά τρόπο. Η έννοια της ποιότητας υπηρεσιών αναφέρεται στην απόδοση (όπως, ρυθμός μετάδοσης, καθυστέρηση), τη διαθεσιμότητα (όπως, χαμηλή πιθανότητα επιτυχίας), την αξιοπιστία (όπως, χαμηλή πτώση ή μεταβίβαση πιθανότητας επιτυχίας), καθώς επίσης και την ασφάλεια.

Μια επιλογή για το χειρισμό τέτοιου είδους περίπλοκων καταστάσεων είναι ο σχεδιασμός των ασύρματων υποδομών B3G, με την αξιοποίηση των δυνατοτήτων της «γνωσιακής δικτύωσης». Σε γενικές γραμμές, τα γνωσιακά συστήματα διαθέτουν την ικανότητα να διατηρούν τη γνώση από προηγούμενες αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον και να καθορίζουν τη συμπεριφορά τους ανάλογα με τη γνώση αυτή, καθώς επίσης να ικανοποιούν και άλλους στόχους και πολιτικές, έτσι ώστε να προσαρμοστούν σε εξωτερικά ερεθίσματα και να βελτιώσουν τις επιδόσεις τους. Στην περίπτωση των γνωσιακών δικτύων, ο ορισμός αυτός μπορεί να μεταφραστεί ως την ικανότητα που υπάρχει για τη δυναμική επιλογή της διάρθρωσης των δικτύων, μέσω της διαχείρισης των λειτουργιών. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να ληφθούν υπόψη το πλαίσιο της λειτουργίας τους (απαιτήσεις και χαρακτηριστικά περιβάλλοντος), οι στόχοι και οι πολιτικές, (που αντιστοιχούν σε βασικές αρχές), τα προφίλ (ικανότητες), και η μηχανική μάθηση (για την εκπροσώπηση και τη διαχείριση της γνώσης και εμπειρίας). Η έννοια της γνωσιακής λειτουργίας μπορεί να επεκταθεί σε πολλαπλά μέρη του επικοινωνιακού συστήματος, όπως για παράδειγμα σε τμήματα του δικτύου, σε σημεία πρόσβασης, ακόμη και σε τερματικά. Η απαιτούμενη λειτουργικότητα διαχείρισης μπορεί να περιλαμβάνει πολλούς συνεργαζόμενους μηχανισμούς, με την έννοια ότι οι διαφορετικές εκδόσεις της θα πρέπει να εφαρμόζονται οπουδήποτε εισάγεται η γνωσιακή λειτουργία. Στη συγκεκριμένη ενότητα, δίνεται έμφαση στον τρόπο διαχείρισης δικτύων και τερματικών σταθμών που λειτουργούν σύμφωνα με το παράδειγμα της γνωσιακής δικτύωσης. Οι βασικοί στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν είναι οι ακόλουθοι:

- Το κίνητρο για την ανάπτυξη των γνωσιακών τεχνολογιών δικτύων
- Οι νέες προδιαγραφές, έξυπνη διαχείριση των γνωσιακών λειτουργιών που εφαρμόζεται σε τμήματα του δικτύου (ημι-κατανεμημένη προσέγγιση), σε γνωσιακά σημεία πρόσβασης (πλήρως κατανεμημένη) και γνωσιακά ασύρματα τερματικά.

1.3 Ανάγκη ανάπτυξης B3G δικτύων

Η ανάπτυξη των B3G δικτύων μέσα από την ικανότητα δυναμικής αναδιάρθρωσης των τερματικών και των στοιχείων δικτύου θα επιφέρει πολλά και σημαντικά θετικά αποτελέσματα σε όλους τους τομείς δραστηριοτήτων στον κόσμο των ασύρματων επικοινωνιών. Οι εμπλεκόμενες οντότητες στις εκάστοτε αναδιαρθρώσεις θεωρείται ότι θα επηρεαστούν σημαντικά.

Η έννοια της δυναμικής αναδιάρθρωσης διευκολύνει τη χρήση νέου τύπου υπηρεσιών και τις δυνατότητες παγκόσμιας περιαγωγής, οι οποίες θα είναι εύκολο να επεκταθούν σε μεγάλο βαθμό, μέσω της προσαρμογής της λειτουργίας των τερματικών σε περιβάλλοντα επικοινωνιών τοπικού χαρακτήρα. Επιπλέον, η δυνατότητα απόκτησης και εγκατάστασης λογισμικού στα τερματικά θα παρέχει σημαντικές υπηρεσίες από τεχνολογική άποψη, που θα αποκτήσουν προσωπικό χαρακτήρα. Αυτό σημαίνει ότι θα διαμορφώνονται σύμφωνα με τις επιθυμίες και τις ανάγκες του κάθε χρήστη.

Οι πάροχοι δικτύων και υπηρεσιών θα αποκτήσουν εναλλακτικές επιλογές ώστε να πετύχουν τα επιθυμητά επίπεδα χωρητικότητας (capacity) των δικτύων καθώς και τα επιθυμητά επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας (Quality of Service – QoS). Επιπλέον, θα μπορούν να εισάγουν υπηρεσίες νέου τύπου, επί πληρωμή, με ένα τρόπο πιο εύκολο, που θα τους δίνει τη δυνατότητα να διαφοροποιούνται από τους ανταγωνιστές τους. Ακόμα, μέσω των αναδιρθρώσεων που θα πραγματοποιούνται στα τερματικά και στα στοιχεία δικτύου, οι πάροχοι θα έχουν στη διάθεσή τους περισσότερα στοιχεία που θα διευκολύνουν τις υπηρεσίες εξυπηρέτησης των πελατών τους. Τέλος, σημαντικό πλεονέκτημα που επιτυγχάνεται από το σχεδιασμό και την κατασκευή των αναδιρθρούμενων στοιχείων δικτύου αποτελεί η μείωση του κόστους κατασκευής, συντήρησης και διαχείρισης ενός δικτύου. Αυτό το γεγονός έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την τεράστια αύξηση των κερδών των παρόχων.

Επιπλέον, η έννοια της δυναμικής αναδιάρθρωσης συμβάλλει στην αύξηση της ευελιξίας των τερματικών, αφού προβλέπει τη δυναμική εγκατάσταση και απεγκατάσταση λογισμικού. Αυτό σημαίνει επιτάχυνση των διαδικασιών για την εισαγωγή ενός νέου προϊόντος στην αγορά και συνεπώς, μείωση του απαιτούμενου χρόνου εξέλιξης του.

Αντίστοιχα η δυναμική αναδιάρθρωση είναι πολύ σπουδαία σε επίπεδο εφαρμογών, με τη δυνατότητα απόκτησης και εγκατάστασης εφαρμογών στα τερματικά. Έτσι, οι πάροχοι υπηρεσιών θα μπορούν να έχουν τη δυνατότητα να εισάγουν οποιαδήποτε χρονική στιγμή και με ευκολία υπηρεσίες που θα είναι καινοτόμες από τεχνολογική άποψη, χωρίς να απαιτείται να προβλέψουν όλα τα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να διαθέτουν οι υπηρεσίες, κάτι το οποίο πρέπει να συμβαίνει σήμερα.

Τέλος, για να είναι εφικτή η δημιουργία και ανάπτυξη των B3G δικτύων πρέπει να αναλυθούν σημαντικά θέματα, όπως είναι η διαχείριση φάσματος, η λήψη αποφάσεων για την προτυποποίηση και διαθεσιμότητα του φάσματος, τεχνολογικές καινοτομίες αλλά και η επεξεργασία σήματος. Σημαντικά προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν είναι τα ακόλουθα:

- Χαμηλότερα σημεία τιμών: Οι επιχειρηματικοί οραματιστές θα πρέπει να δημιουργήσουν οικονομικά μοντέλα πριν ξεκινήσουν το 4G hype στις ίδιες γραμμές με το 3G hype. Θα πρέπει να καταλάβουν ότι οι τέταρτης γενιάς εφαρμογές δεδομένων (streaming video)

πρέπει να συναγωνιστούν με χαμηλού κόστους ενσύρματες εφαρμογές. Οι χρήστες θα πληρώνουν μόνο ένα ασφάλιστρο και όχι πολλαπλά για περισσότερες ασύρματες εφαρμογές.

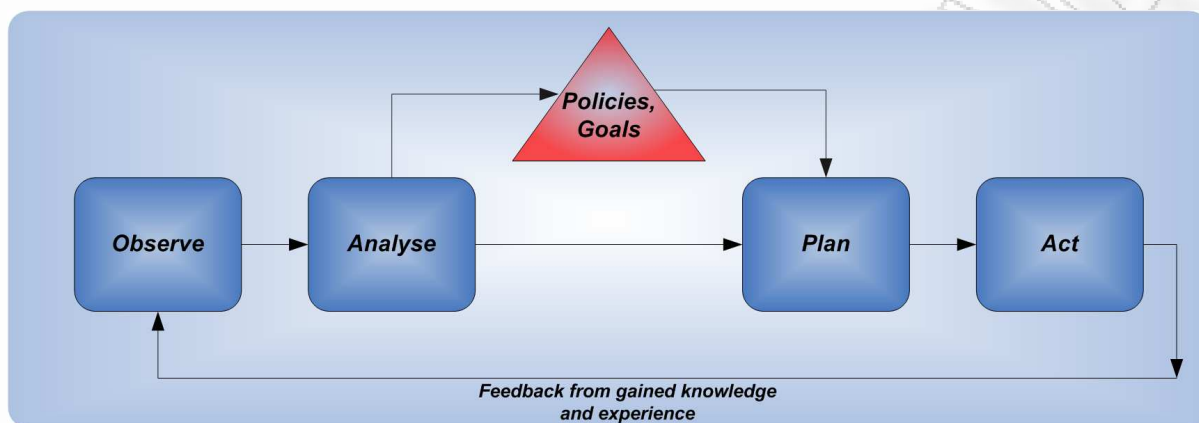
- Μεγαλύτερος συντονισμός μεταξύ των διαχειριστών φάσματος σε όλο το κόσμο: Ο κύριος στόχος για τη σωστή διαχείριση του φάσματος θα πρέπει να καθοδηγεί τους ερευνητές δείχνοντας τους ποια ομάδα συχνοτήτων πρέπει να χρησιμοποιούν τα συγκεκριμένα δίκτυα. Καθώς το ενδιαφέρον του κοινού, το ενδιαφέρον για την εθνική ασφάλεια και το οικονομικό ενδιαφέρον διακυβεύονται, η καθοδήγηση αυτή είναι απαραίτητο να γίνει από τους διαχειριστές, όπου σε κατάλληλο χρόνο η κάθε βιομηχανία θα δημιουργεί τους δικούς της μηχανισμούς ρύθμισης (διαχείρισης) φάσματος.
- Περισσότερη Ακαδημαϊκή Έρευνα: Τα πανεπιστήμια θα πρέπει να ξεδεύουν αρκετή προσπάθεια στην επίλυση βασικών προβλημάτων που σχετίζονται με τις ασύρματες επικοινωνίες (ειδικά σε ότι αφορά την επεξεργασία σήματος και τις ευφυείς κεραιές).
- Προτυποποίηση: Η προτυποποίηση των ασύρματων δικτύων στα πλαίσια των τεχνικών διαμόρφωσης, της εναλλαγής διατάξεων και της περιαγωγής αποτελεί απόλυτη ανάγκη για την ανάπτυξη και εύρυθμη λειτουργία των δικτύων τέταρτης γενιάς.
- Ολοκλήρωση μέσω διαφορετικών δικτυακών τεχνολογιών: Οι σχεδιαστές δικτύων είναι επιθυμητό να στηρίζουν την αρχιτεκτονική τους σε υβριδικά δίκτυα που ολοκληρώνουν ασύρματες ευρείες περιοχές δικτύων, ασύρματα τοπικά δίκτυα (LANs) μαζί με βασισμένο σε ίνες δίκτυο κορμού. Σημαντικό μέρος αυτής της ολοκληρωμένης εφαρμογής θα πρέπει να αποτελούν τα ευρυζωνικά ασύρματα δίκτυα.

1.4 Γνωσιακά Δίκτυα Επικοινωνιών Ασύρματης Πρόσβασης

Ο ασύρματος κόσμος τελευταία κινείται πολύ πιο πέρα από τα συμβατικά συστήματα 2G/3G, με στόχο να παρέχει στους χρήστες αδιάλειπτη κινητικότητα, λαμβάνοντας υπόψη την συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση των χρηστών. Σημαντικός παράγοντας για την επιτυχία του παραπάνω στόχου, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί η έννοια των γνωσιακών δικτύων. Συγκεκριμένα «cognitive» μπορεί να ονομαστεί ένα σύστημα το οποίο διαθέτει τη δυνατότητα να γνωρίζει το βέλτιστο τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να ανταποκριθεί στις ανάγκες του εξωτερικού περιβάλλοντος. Η γνώση αυτή που διαθέτει προέρχεται από τη συνεχή ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ του συστήματος και του περιβάλλοντος, και σταδιακά μετατρέπεται σε εμπειρία και υποστηρίζεται από την ύπαρξη μηχανισμών λήψης αποφάσεων που έχουν τη δυνατότητα να μαθαίνουν τις αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν [5].

Τα γνωσιακά δίκτυα είναι εκείνα που έρχονται σε αντίθεση με τα προηγούμενα συστήματα, καθώς είναι σε θέση να προσαρμόζονται με τη λειτουργία τους (προληπτικά ή αντενεργά) και να ανταποκρίνονται σε εξωτερικά ερεθίσματα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διάθεση των μηχανισμών που

παρατηρούν τις εξωτερικές συνθήκες, διατηρούν πολύτιμες γνώσεις από τις αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον τους και έχουν τη δυνατότητα να σχεδιάσουν τις μελλοντικές ενέργειες αναλόγως [6][7]. Η λειτουργία τους μπορεί να απεικονιστεί ως ένας βρόχος ανάδρασης, όπως εμφανίζεται και στο Σχήμα 2.



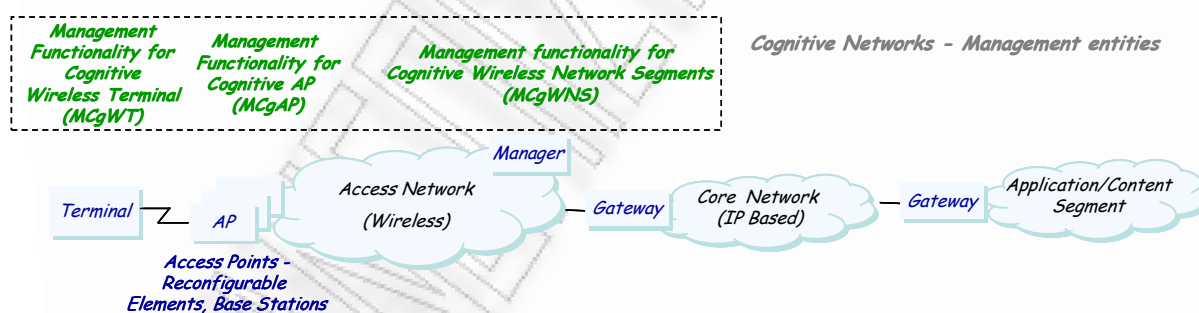
Σχήμα 2. Λειτουργία cognitive δικτύων

Βασικές αρχές λειτουργίας γνωστικών συστημάτων προβλέπουν ότι το δίκτυο συνεχώς παρατηρεί (παρακολουθήση) το περιβάλλον, αναζητώντας τις ενδεχόμενες αλλαγές που μπορεί να επηρεάσουν τη λειτουργία τους. Οι παρατηρήσεις αποτελούν τη βάση για την αρχικοποίηση που βασίζεται σε μηχανή έχοντας ως σκέψη τον έλεγχο για το αν η διαδικασία αναδιάρθρωσης θα πρέπει να επικληθεί. Μόλις ληφθεί η απόφαση, το δίκτυο ενεργεί αναλόγως. Αυτός ο βρόχος επαναλαμβάνεται μέσα σε μία διαδικασία μαθησιακής εκμάθησης, η οποία οδηγεί σε γνωσιακή λειτουργία. Ο βρόχος, ακολουθεί μια σειρά από στόχους, λαμβάνοντας υπόψη τις παρατηρήσεις κατά το σχεδιασμό των δράσεων.

Σε αυτό το σημείο μπορούν να προκύψουν διάφορα ερωτήματα, όπως για παράδειγμα: Ποιος είναι ο καλύτερος δυνατός τρόπος για τη διαχείριση των διαφορετικών οντοτήτων που αποτελούν μέρος του γνωστικού δικτύου; Η απάντηση στο ερώτημα αυτό μπορεί να είναι περίπλοκη. Συγκεκριμένα, τα ασύρματα δίκτυα πρόσβασης έχουν κλασικά σχεδιαστεί και αναπτυχθεί για την κάλυψη της ζήτησης της κίνησης των σχεδιασμένων υπηρεσιών σε μια στατική προσέγγιση μέσω της διαμόρφωσης των στοιχείων του δικτύου, λαμβάνοντας υπόψη τις ώρες που υπάρχει μεγάλη κίνηση σε κάθε γεωγραφική ζώνη. Ωστόσο, η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση, έθεσε επίσης την ανάγκη για την ανάπτυξη των νέων τεχνολογιών και των δικτύων τα οποία πρέπει να σχεδιάζονται και να διαχειρίζονται με το δυνατό βέλτιστο τρόπο. Επιπλέον, στην περίπτωση των γνωστικών δικτύων, οι νέες λειτουργίες θα πρέπει να σχεδιάζονται και να διαχειρίζονται αποτελεσματικά ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο δίκτυο, δεδομένου ότι θα πρέπει να προσαρμόζεται σε εξωτερικές απαιτήσεις που αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου και του χώρου.

Επιπλέον, δεδομένου ότι ένα γνωσιακό δίκτυο αποτελείται από πολυάριθμα στοιχεία και τερματικά που από τη φύση τους είναι εξαιρετικά ετερογενή, βρίσκονται σε διαφορετικούς χώρους, και ως εκ τούτου μια προσέγγιση κεντρικής διαχείρισης καθίσταται απαγορευτικά πολύπλοκη και ακατάλληλη. Συνεπώς, οι προσεγγίσεις κατακεντρωμένης διαχείρισης, που στηρίζονται σε σχετικές τεχνολογίες, όπως για παράδειγμα είναι η αυτονομία των υπολογιστών, βρίσκονται σήμερα στο επίκεντρο. Η προσέγγιση αυτή μπορεί να προσφέρει επεκτασιμότητα, σταθερότητα και καλή ικανότητα διάρθρωσης (η οποία παρέχει χαμηλή πολυπλοκότητα). Από την άποψη αυτή, η συγκεκριμένη ενότητα έχει ως στόχο να παρέχει απαντήσεις σε ζητήματα διαχείρισης (υποστήριξη) γνωσιακής λειτουργίας, χωρίζοντας τη διαδικασία διαχείρισης σε 3 συνεργατικά μέρη, όπως εμφανίζεται επίσης στο Σχήμα 3.

Το Σχήμα 3 απεικονίζει τη συνολική αρχιτεκτονική διαχείρισης της B3G υποδομής που λειτουργεί σύμφωνα με το παράδειγμα του γνωσιακού δικτύου. Οι οντότητες της συγκεκριμένης υποδομής είναι οργανωμένες με ένα ιεραρχικό τρόπο που αποτελείται από τρεις βαθμίδες που συνεργάζονται μεταξύ τους. Η οντότητα που ελέγχει συνολικά το γνωσιακό τμήμα του δικτύου αποτελείται από τους μηχανισμούς, όπου πρωταρχικός τους στόχος είναι ο συντονισμός με το δίκτυο κορμού, καθώς οι αποφάσεις για τη διαχείριση των οντοτήτων θα ευθύνονται για τα επιμέρους σημεία πρόσβασης (Access Points). Οι οντότητες αυτές αντιστοιχούν στη λειτουργία διαχείρισης που απευθύνονται στα σημεία πρόσβασης. Ας σημειωθεί ότι ένα τμήμα του δικτύου περιέχει πολλά στοιχεία, που θα μπορούσε να είναι σημεία πρόσβασης, σταθμοί βάσης ή άλλα αναδιαρθρώσιμα στοιχεία. Τέλος, η εικόνα παρουσιάζει επίσης τις οντότητες που στοχεύουν στη διαχείριση των γνωσιακών τερματικών.



Σχήμα 3. Αρχιτεκτονική διαχείρισης B3G υποδομής

1.5 Long Term Evolution - 3GPP LTE

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενες ενότητες, τα κινητά δίκτυα παρουσιάζουν δραματική βελτίωση και εξέλιξη στις τηλεπικοινωνίες τις τελευταίες δύο δεκαετίες και οι διαχειριστές αυτών επιδιώκουν να υπερισχύσουν στην βιομηχανία, προσφέροντας στους συνδρομητές τους ένα σύνολο

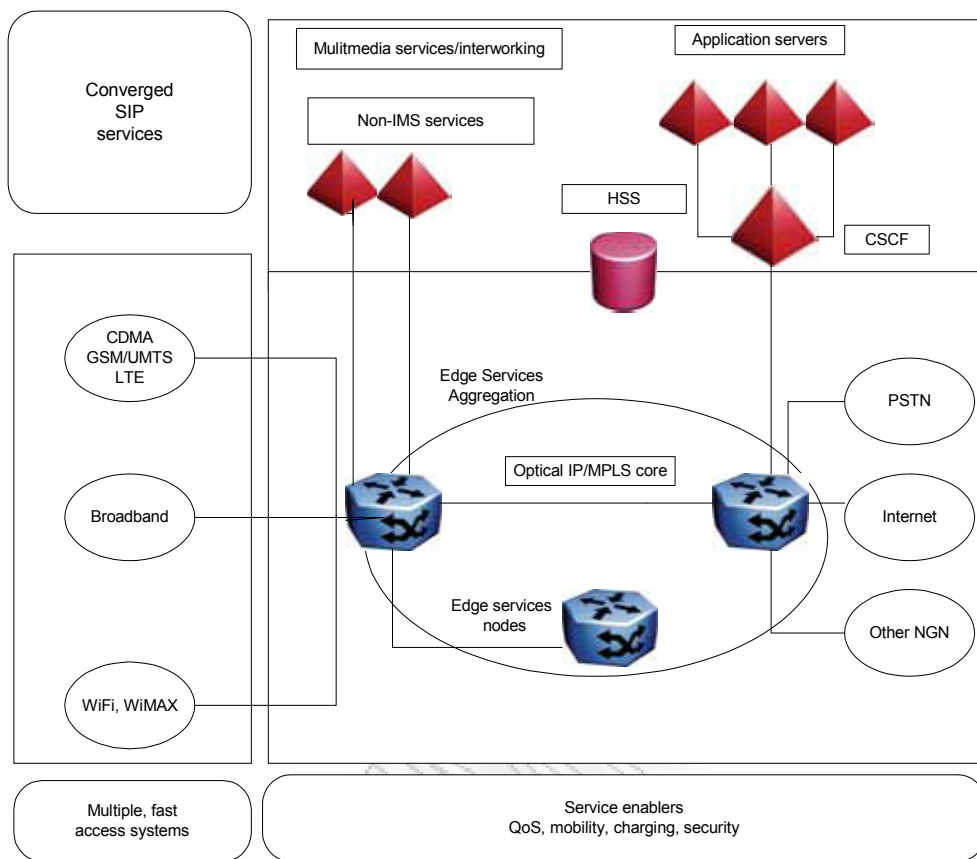
υπηρεσιών τόσο πλούσιο όσο και οι ανταγωνιστές τους (κυρίως σε υπηρεσίες φωνής), καθώς επίσης και μεγαλύτερη κινητικότητα.

Παρόλο που οι τεχνολογίες τρίτης γενιάς (3G) προσφέρουν σημαντικά υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης από τις τεχνολογίες δεύτερης γενιάς (2G), υπάρχει μεγαλύτερη ευκαιρία για τους διαχειριστές να επωφεληθούν από την αυξανόμενη ζήτηση της ασύρματης ευρυζωνικότητας πετυχαίνοντας και χαμηλές καθυστερήσεις και προσφέροντας υψηλές αποδόσεις (μεγάλοι ρυθμοί μετάδοσης). Συνεπώς, υπάρχει μία αυξανόμενη ανάγκη και ζήτηση από ένα κοινό πελατών για την παροχή τέτοιων υπηρεσιών και οι οποίοι μπορούν να ικανοποιηθούν μόνο με τη χρήση προηγμένων δικτύων. Τη λύση σε αυτό το ζήτημα δίνει το ονομαζόμενο δίκτυο LTE (3GPP Long Term evolution) το οποίο παρουσιάζεται στο Σχήμα 4. Με στόχο την επιτυχή εγκαθίδρυση και στερέωση του στις κινητές πτυχές των διαδικτυακών εφαρμογών, όπως είναι το VoIP (Voice over Internet Protocol), το video streaming, το mobile TV και τόσες άλλες, θεωρείται σημαντικό τα LTE δίκτυα να παρέχουν τη χωρητικότητα για να υποστηρίξουν τη μεγάλη ζήτηση για συνδεσιμότητα που επιθυμεί η καινούρια γενιά πελατών.

Οι ανταγωνιστικές τεχνολογίες ήδη αναδύονται για να κατευθύνουν την αυξανόμενη ασύρματη ευρυζωνικότητα. Επιπλέον, οι διαχειριστές (mobile) έχουν μία μοναδική ευκαιρία να αναπτύξουν και να εξελίσσουν τις υποδομές σε επόμενης γενιάς ασύρματα δίκτυα, να επωφεληθούν μέσα από αυτή τη μοναδική ευκαιρία, καθώς επίσης και να αυξήσουν το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην αγορά. Η απόφαση για το ποια τεχνολογία και πότε θα εξελιχθούν σε υψηλότερης απόδοσης δίκτυα επόμενης γενιάς είναι εκείνη η οποία και θα ενισχύσει την επαγγελματική τους επιτυχία.

Τα LTE δίκτυα περιλαμβάνουν το στήριγμα των δικτύων επόμενης γενιάς προσφέροντας τα ακόλουθα σημαντικά οφέλη:

- Ασύρματη ευρυζωνικότητα: Υψηλές αποδόσεις, μικρή καθυστέρηση σε πρόσβαση κινητών που βασίζονται σε τεχνολογίες OFDM/MIMO, αποδοτική παράδοση δεδομένων.
- Σύγκλιση τεχνολογίας και δικτύων: Απλές εφαρμογές που εξυπηρετούν τους πελάτες μέσω πολλαπλών δικτύων και συσκευών.
- Ευφυΐα από την πλευρά των υπηρεσιών: Υλοποιώντας πολιτικές εφαρμογής και αποφάσεις στην πλευρά του δικτύου, σε ένα εύκολα προσβάσιμο δίκτυο.
- Στροφή τεχνολογίας σε όλα τα πρωτόκολλα δικτύου: Απλοποιώντας και βελτιστοποιώντας τα δίκτυα, βελτιώνοντας την κλιμάκωση, αναπτύσσοντας την ευελιξία και πετυχαίνοντας αμετάβλητες (συνεπείς) πολιτικές εφαρμογής.
- Εμφωλευμένη Ασφάλεια: Μία πολυεπίπεδη προσέγγιση με στόχο την ασφάλεια είναι σημαντική για να διασφαλιστεί ότι η ασφάλεια είναι εσωτερική προς το δίκτυο και όχι μόνο επικεντρωμένη σε επιφανειακές ή σημειακές λύσεις.



Σχήμα 4. LTE Δίκτυο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

2.1 Διαχείριση Μεταφορών

Το σύστημα μεταφορών διαδραματίζει κύριο ρόλο στη μεταφορά ανθρώπων και αγαθών σε τοπικό, περιφερειακό, εθνικό, ευρωπαϊκό και διεθνές πλαίσιο. Ταυτόχρονα, είναι ουσιώδους σημασίας για την ευημερία της χώρας και συνδέεται στενά με την οικονομική ανάπτυξη. Ωστόσο, πρέπει να βρεθούν τρόποι για να αμβλύνουν τις αρνητικές επιπτώσεις και τις συνέπειες της αύξησης της κινητικότητας σε σχέση με το περιβάλλον, τη χρήση ενέργειας, την ασφάλεια καθώς και την ασφάλεια της δημόσιας υγείας. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, ο κλάδος των μεταφορών έχει αλλάξει σύμφωνα με τα αποτελέσματα της εσωτερικής αγοράς και της παγκοσμιοποίησης. Οι μεταφορές κερδίζουν όλο και υψηλής τεχνολογίας βιομηχανία, μέσα από την έρευνα και τη καινοτομία που εμφανίζουν ιδιαίτερη σημασία για την περαιτέρω ανάπτυξη, ενώ ταυτόχρονα ευνοούν την ευρωπαϊκή ανταγωνιστικότητα στα περιβαλλοντικά και κοινωνικά θέματα.

2.2 Ευρωπαϊκή Έρευνα

Κατά τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια, οι ερευνητικές προσπάθειες στον τομέα των μεταφορών έχουν εξελιχθεί σημαντικά σε διεθνές, ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο. Η επικέντρωση της έρευνας σε όλους τους τομείς της αυτοκινητοβιομηχανίας και των μεταφορών έχει γίνει η εφαρμογή τεχνολογικών και επιχειρησιακών εξελίξεων, που θα επιτρέψουν την ασφαλέστερη, άνετη και αποδοτική από πλευράς κόστους κινητικότητα των ανθρώπων και αγαθών τόσο από ιδιωτικά όσο και δημόσια μέσα μεταφοράς, ενώ παράλληλα σέβεται το περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους. Σχετικά με αυτό, έχει πραγματοποιηθεί η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος ευφυών μεταφορών, η οποία μπορεί να αποδειχθεί αποτελεσματική όσον αφορά την ασφάλεια, την αποτελεσματικότητα, το κόστος και τις επιλογές που παρέχονται στο κοινό σχετικά με την κινητικότητα τους.

Ο βασικός στόχος των δραστηριοτήτων που πραγματοποιήθηκαν ήταν η προώθηση της οδικής ασφάλειας μέσω της χρήσης των νέων τεχνολογιών (e-safety). Οι κύριοι στόχοι αντικατοπτρίζονταν στις ακόλουθες ερευνητικές πρωτοβουλίες:

- Δημιουργία προηγμένων εφαρμογών οχήματος για την πρόληψη των ατυχημάτων
- Η δημιουργία διαύλων επικοινωνίας μεταξύ των αυτοκινήτων για την αποκεντρωμένη διαχείριση της κυκλοφορίας
- «Έξυπνη» επικοινωνία μεταξύ των οχημάτων και την υποδομή

- Η συνεργασία μεταξύ των οχημάτων και τις κινητές συσκευές (κινητά τηλέφωνα και PDA) με στόχο τη στήριξη του οδηγού ή κάθε άλλου χρήστη με ένα ενιαίο και δυναμικό τρόπο
- Η ανάπτυξη ενός ενοποιημένου συστήματος επιβολής τελών για τους χρήστες του οδικού δικτύου και συλλογή των ηλεκτρονικών διοδίων στην Ευρώπη, μέσω της χρήσης δορυφορικών τεχνολογιών GNSS

Οι βιομηχανίες στον τομέα των αυτοκινήτων ήταν οι βασικοί παράγοντες για την ταχεία πρόοδο. Με στόχο την ασφαλέστερη οδήγηση και την παροχή υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας προς τον οδηγό, οι αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν επικεντρωθεί στην ανάπτυξη των συστημάτων για την ολιστική διαχείριση των πληροφοριών που παρέχονται με το όχημα, στην πλοήγηση του οχήματος και στην επικοινωνία.

Οι εφαρμογές των ευφυών συστημάτων μεταφορών (ITS) έχουν αρχίσει πριν από 30 χρόνια, με στόχο, αρχικά, να αντιμετωπιστεί η ανάγκη για την αποτελεσματική διαχείριση των οδικών υποδομών και, ιδίως, του αστικού δικτύου, δηλαδή κόμβους και δρόμους με σήματα κυκλοφορίας [8]. Σταδιακά, όπως και οι ψηφιακές τεχνολογίες τηλεματικής βελτιώνονται ολοένα και περισσότερο, οι εφαρμογές των ευφυών συστημάτων μεταφορών επεκτείνονται σε όλα τα μεταφορικά μέσα και απευθύνονται σε ένα ευρύ φάσμα επιχειρησιακών λειτουργιών.

2.2.1 Ασφαλή μεταφορά

Κατά την τελευταία δεκαετία, οι τεχνολογικές εξελίξεις απευθύνονται κυρίως σε συστήματα παθητικής ασφάλειας που αφορούν τον άνθρωπο (κυρίως τον οδηγό), το όχημα και το περιβάλλον. Όσον αφορά τα συστήματα παθητικής ασφάλειας οχημάτων, η πιο σημαντική πρόοδος έχει πραγματοποιηθεί σε σχέση με την πληθώρα αερόσακων και τα προηγμένα συστήματα ζωνών ασφαλείας. Η ανάπτυξη χαρτών με λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τα οδικά χαρακτηριστικά, τη γεωμετρία και την κατάσταση των οδοστρωμάτων είναι πολύ δαπανηρή εάν εκτελούνται με τις παραδοσιακές μεθόδους. Ένας σημαντικός στόχος της έρευνας είναι η ανάπτυξη μεθόδων για την παραγωγή προηγμένων χαρτών η οποία θα είναι ημιαυτόματη και θα βασίζεται στην ανάλυση των διαδρομών των οχημάτων που συλλέχθηκαν μέσω GPS.

Δεδομένου του γεγονότος ότι η δυνατότητα εφαρμογής των μεγάλων προβλημάτων υποδομής είναι περιορισμένη (λόγω της περιορισμένης χρηματοδότησης και των τεχνικών περιορισμών), η ανάπτυξη ολοκληρωμένων εφαρμογών ευφυών συστημάτων μεταφορών ενθαρρύνεται από τις εθνικές και περιφερειακές κυβερνήσεις, τους φορείς εκμετάλλευσης των υποδομών και των δημοσίων αρχών. Η χρήση αισθητήρων για τη μέτρηση της κίνησης, την ανίχνευση των συμβάντων / ατυχημάτων και τη χρήση των «Variable Message & Directional Signs» (VMS / VDS) χρησιμοποιούνται ήδη στην Ευρώπη, σε μεγάλο βαθμό.

Σήμερα, η πλέον κυρίαρχη τάση είναι η ενσωμάτωση των υφιστάμενων ή η υπό εκτέλεση έργων σε ένα διαλειτουργικό πλαίσιο που θα επιτρέψει τη διασυνοριακή έκδοση των ευφυών συστημάτων μεταφορών. Ο βασικός σκοπός των ευφυών συστημάτων μεταφορών είναι η αύξηση της κινητικότητας αγαθών και ανθρώπων, με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι προς όφελος όλων των εμπλεκόμενων φορέων και του περιβάλλοντος. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στον τομέα της μεταφοράς επικίνδυνων εμπορευμάτων, όπου τα περιστατικά που συμβαίνουν λόγω της κίνησης έχουν πολλαπλές αρνητικές επιπτώσεις όσον αφορά την ασφάλεια (των οδηγών και άλλων εμπλεκόμενων), καθώς και την οικονομική κατάσταση, το προφίλ προώθησης και την μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων εταιρειών, αλλά και για το περιβάλλον.

2.2.2 Έλεγχος κυκλοφορίας

Η συνεχιζόμενη μεγάλη αύξηση της ιδιοκτησίας των αυτοκινήτων, έχει οδηγήσει στην καθημερινή εμφάνιση συμφόρησης χιλιάδων χιλιομέτρων σε όλο περίπου το μήκος του κόσμου. Πρόσφατα έχει διαπιστωθεί ότι η απλή επέκταση των υποδομών δεν μπορεί να παρέχει μια ολοκληρωμένη λύση για τα συγκεκριμένα προβλήματα διότι οφείλονται σε οικονομικούς και περιβαλλοντικούς λόγους, ή, στις μητροπολιτικές περιοχές, απλά λόγω έλλειψης χώρου. Αυτό που χρειάζεται επείγοντως είναι να αποκατασταθεί και να διατηρηθεί πλήρως η χρήση της χωρητικότητας των δρόμων. Σαφώς, το πέρασμα από χαοτικές σε βέλτιστες συνθήκες κυκλοφορίας είναι πιθανό μόνο εάν η σημερινή «αυτόματη» χρήση των οδικών υποδομών αντικατασταθεί από κατάλληλα μέτρα επιτήρησης και ελέγχου που θα αποσκοπούν στο όφελος όλων των χρηστών.

Παραδείγματα τέτοιων μέτρων είναι οι κατάλληλες ράμπες εισόδου, η πληροφόρηση των οδηγών σε πραγματικό χρόνο, η οδική καθοδήγηση καθώς και ο έλεγχος της ταχύτητας μέσω μεταβλητών μηνυμάτων στην περίπτωση των αστικών και υπεραστικών αυτοκινητοδρόμων. Η εφαρμογή αυτών των μέτρων σε όλο τον κόσμο και ιδιαίτερα στην Ευρώπη οδήγησε σε βελτίωση των συνθηκών κυκλοφορίας, με πολύ θετικές κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Τα τελευταία χρόνια, έχουν γίνει σημαντικές πρόοδοι - τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο - στον τομέα του ελέγχου της κυκλοφορίας. Νέες στρατηγικές και συστήματα ελέγχου της κυκλοφορίας, έχουν αναπτυχθεί και η εφαρμογή τους έχει δείξει μεγάλη βελτίωση από την άποψη της συμφόρησης και της μείωσης του χρόνου ταξιδιού, των καυσίμων και τη μείωση των εκπομπών (για παράδειγμα αερίων). Η έρευνα στον τομέα του ελέγχου της κυκλοφορίας, περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τα εξής:

- Τοπική και συντονισμένη λειτουργία ραμπών εισόδου. Οι ράμπες εισόδου, όταν εφαρμόζονται σωστά, είναι ένα από τα πιο δυναμικά αποτελεσματικά μέτρα ελέγχου που αποσκοπούν στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και την αύξηση της απόδοσης των αυτοκινητοδρόμων.

- Συστήματα καθοδήγησης. Τα δίκτυα κυκλοφορίας συνήθως περιλαμβάνουν ένα μεγάλο αριθμό ζευγαριών κόμβων-προορισμού, όπου κάθε ένας από αυτούς συνδέεται μέσω πολλαπλών οδών. Όλες οι εναλλακτικές διαδρομές για κάθε ζευγάρι κόμβου-προορισμού, οι οποίες χρησιμοποιούνται πραγματικά, θα πρέπει να έχουν ίσα ταξίδια με εκείνα των μη χρησιμοποιούμενων διαδρομών. Πιο σύγχρονα συστήματα καθοδήγησης αποσκοπούν στη δυναμική ισορροπία του χρήστη σε συνθήκες εντός της κίνησης δικτύων.
- Μεταβλητές ορίων ταχύτητας. Οι στρατηγικές μεταβλητών ορίων ταχύτητας (Variable Speed Limit - VSL) έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε δίκτυα αυτοκινητόδρομων, κυρίως για την αύξηση της ασφάλειας σε περίπτωση ατυχήματος. Επιπλέον, θεωρητική ανάλυση και έρευνες προσομοίωσης δείχνουν ότι οι στρατηγικές VSL θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθούν για την βελτίωση της απόδοσης αυτοκινητοδρόμου, όπως είναι για παράδειγμα η αποτελεσματικότητα της ροής της κυκλοφορίας.
- Έλεγχος Αστικής Κίνησης. Λόγω της επικείμενης κυκλοφοριακής συμφόρησης και της έλλειψης δυνατοτήτων για την επέκταση των υποδομών στα αστικά οδικά δίκτυα, η σημασία των αποτελεσματικών στρατηγικών ελέγχου του σήματος, ιδίως υπό τις κορεσμένες συνθήκες της κυκλοφορίας, δύσκολα μπορεί να γίνει εμφανής. Γενικά υπάρχει η άποψη ότι τα συστήματα πραγματικού χρόνου ανταποκρίνονται αυτόματα στις επικρατούσες συνθήκες της κυκλοφορίας και είναι ενδεχομένως πιο αποτελεσματικά.

2.2.3 Συστήματα Διαχείρισης Μεταφορών

Μέσα από τη προσέγγιση των Συστημάτων Διαχείρισης Μεταφορών (Transportation Management Systems - TSM) για το μετριασμό της κυκλοφοριακής συμφόρησης, στόχος είναι η προσπάθεια να δημιουργηθούν βελτιώσεις για την ενίσχυση της ικανότητας του υπάρχοντος συστήματος με ένα επιχειρησιακό χαρακτήρα. Μέσω της καλύτερης διαχείρισης και της λειτουργίας των υφιστάμενων εγκαταστάσεων μεταφοράς, οι τεχνικές αυτές είναι σχεδιασμένες για να συμβάλλουν στη βελτίωση της ροής της κυκλοφορίας, της ποιότητας του αέρα, της κυκλοφορίας των οχημάτων και των εμπορευμάτων, καθώς και την ενίσχυση της προσβασιμότητας και της ασφάλειας του συστήματος. Οι στρατηγικές των συστημάτων διαχείρισης μεταφορών είναι χαμηλού κόστους, και αρκετά αποτελεσματικές στη φύση, αλλά δεν περιορίζονται μόνο σε αυτά:

- Βελτίωση σήματος
- Προγράμματα απομάκρυνσης συμφόρησης αυτοκινητόδρομων
- Η συλλογή δεδομένων για την παρακολούθηση της απόδοσης του συστήματος
- Ειδικές εκδηλώσεις που αφορούν στρατηγικές διαχείρισης

Οι βελτιώσεις των σημάτων κυκλοφορίας περιλαμβάνουν στοιχεία όπως: βελτιστοποίησης σήματος χρονισμού, ανιχνευτών επισκευής / αντικατάστασης οχήματος, επικοινωνίας με ένα κεντρικό σύστημα, αλλαγών στην εκχώρηση λωρίδας καθώς και στοιχεία σήμανσης και φωτισμού.

Ο προσδιορισμός και η εξάλειψη της κυκλοφοριακής συμφόρησης μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τις συνθήκες ταξιδιού και την ενίσχυση της ικανότητας / χωρητικότητας του συστήματος, την αξιοπιστία και την ασφάλεια, ιδίως κατά τις περιόδους αιχμής. Τα έργα συστημάτων διαχείρισης μεταφορών μπορούν με τη σειρά τους να συμπληρώσουν τη σημαντική βελτίωση του δυναμικού και των υποδομών με την παροχή βελτιωμένης ροής κυκλοφορίας στις τοπικές οδούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ CARPOOLING

3.1 Carpooling

Το Carpooling (ομαδική μετακίνηση με ιδιωτικά αυτοκίνητα) είναι ένας όρος που έχει επικρατήσει διεθνώς για το «μοίρασμα» μιας διαδρομής με άλλους που κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση. Το Carpooling.gr είναι μια ανεξάρτητη πύλη που συνδέει τους ταξιδιώτες που κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση, φέρνει σε επαφή ανθρώπους που σχεδιάζουν να κάνουν την ίδια διαδρομή και θέλουν να μοιραστούν τα έξοδα τους.

Η ιδέα του "διαδικτυακού κέντρου ωτοστόπ" πρωτοεμφανίστηκε στην Γερμανία στα τέλη της δεκαετίας του 1990 από μια ομάδα φοιτητών. Η ιδέα είχε μεγάλη απήχηση στο ευρύ κοινό και αυτό είχε ως αποτέλεσμα σε αρκετές χώρες όπως είναι η Γερμανία, η Πολωνία, η Ιταλία να έχει μεγάλη ισχύ και οι ανεξάρτητες πύλες τύπου carpooling.gr, που λειτουργούν μέχρι σήμερα να γνωρίζουν μεγάλη επιτυχία.

3.1.1 Η ιστορία του carpooling στην Ελλάδα

Είναι μια ιδέα που ήρθε στην Ελλάδα γνωρίζοντας ότι στο εξωτερικό γνωρίζει μεγάλη επιτυχία και σε πολλές χώρες όπως στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και στη Γερμανία, εφαρμόζεται με συγκεκριμένες νομοθετικές διατάξεις. Στην Ευρώπη έχει αρχίσει και γίνεται κίνημα με αρκετούς υποστηρικτές, ενώ στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, σε πολλές Πολιτείες, έχουν δημιουργηθεί λωρίδες κυκλοφορίας (High Occupancy Vehicles - HOV) αποκλειστικά για αυτοκίνητα με πάνω από δύο ή τρεις επιβάτες.

Αύγουστος 2004: Ξεκίνησε να ωριμάζει η ιδέα για την δημιουργία της πρώτης ανεξάρτητης πύλης carpooling στην Ελλάδα από την ομάδα του carpooling.gr.

Δεκέμβριος 2005: Μετά από ένα χρόνο ερασιτεχνικής ενασχόλησης με την υλοποίηση της υπηρεσίας, βγαίνει στον αέρα η πρώτη διαδικτυακή πύλη, η αρχική της ονομασία: comewithme.gr.

Ιανουάριος 2006: Το carpooling.gr κάνει την εμφάνιση του στο Ελληνικό διαδίκτυο, η πρώτη έκδοση της υπηρεσίας προσέφερε πολλά στους χρήστες οι οποίοι το αγάπησαν από την αρχή της ύπαρξής του.

Ιούλιος 2006: Τα σχόλια και οι παρατηρήσεις των μελών του carpooling.gr βοήθησαν στο να ξεκινήσει η υλοποίηση της δεύτερης έκδοσης του carpooling.gr. Η δεύτερη έκδοση της εφαρμογής (carpooling.gr), θα λειτουργήσει στο διαδικτυακό ιστοτόπο με νέες υπηρεσίες (όπως για παράδειγμα Interactive maps, wish list).

Ιανουάριος 2007: Το carpooling.gr κλείνει το πρώτο χρόνο της ζωής του. Η ιδέα του carpooling και τα οφέλη που προσφέρει στην ανθρώπινη ζωή και στο περιβάλλον προκαλούν το ενδιαφέρον του τύπου και των μέσων μαζικής ενημέρωσης. Το carpooling γίνεται γνωστό και η ομάδα του carpooling.gr ξεκινάει μια νέα προσπάθεια με νέες ιδέες για τη συγκεκριμένη εφαρμογή.

Η εφαρμογή της ιδέας του Carpooling θα μπορούσε να βοηθήσει στην αντιμετώπιση πολλών προβλημάτων που σχετίζονται με την άσκοπη και υπερβολική χρήση του αυτοκινήτου. Για παράδειγμα όσον αφορά το κυκλοφοριακό, έχει βρεθεί ότι μια κανονική λωρίδα κυκλοφορίας σε έναν αυτοκινητόδρομο εξυπηρετεί το 21% των αυτοκινήτων, αλλά μόνο το 18% των επιβατών, ενώ η ειδική λωρίδα για τα αυτοκίνητα με πάνω από δύο επιβάτες, εξυπηρετεί το 16% των οχημάτων και το 27% των επιβατών όλου του αυτοκινητοδρόμου. Αναλογιστείτε λοιπόν τα οφέλη στο κυκλοφοριακό αν οι πολίτες μετακινούνταν προς την δουλειά και μοιράζονταν την διαδρομή με έναν ή και δύο συμπολίτες τους.

Επιπρόσθετα, παρόλα τα μέτρα που έχουν κατά καιρούς παρθεί το νέφος εξακολουθεί να αποτελεί σημαντικό πρόβλημα και η βασική αιτία είναι η αυξημένη κίνηση των οχημάτων, αφού ευθύνεται για το 62% των συνολικά εκπεμπόμενων υδρογονανθράκων, για το 63% των συνολικά εκπεμπόμενων οξειδίων του αζώτου και για το 80% του συνολικά εκπεμπόμενου μονοξειδίου του άνθρακα. Το κάθε όχημα σε σχέση με τα λεωφορεία εκπέμπει ανά μετακινούμενο επιβάτη έως και 40 φορές περισσότερους ρύπους. Ανάλογα, ίσως και πιο δελεαστικά για τους πολίτες, είναι τα οικονομικά οφέλη που αποκομίζει κάποιος από την εφαρμογή του Carpooling στις καθημερινές (και όχι μόνο) μετακινήσεις του, ιδιαίτερα στη σημερινή κοινωνία όπου η ολοένα αυξανόμενη τιμή των καυσίμων και των διοδίων αποτελεί ένα σημαντικό έξοδο για πολλούς πολίτες. Το carpooling, μάλιστα, αρχίζει να λαμβάνει μορφή μαζικού κινήματος, και τα πλεονεκτήματα που προσφέρει είναι πολλά [9][10]:

- Κάνει πιο ευχάριστη τη βαρετή διαδρομή προς τη δουλειά ή οποιοδήποτε προορισμό
- Μειώνει τα έξοδα για βενζίνη ή πάρκινγκ, αφού η «συμφωνία» συνήθως ορίζει ότι τα μοιράζονται οι συνταξιδιώτες
- Είναι ένας οικολογικός τρόπος μετακίνησης που συμβάλλει στην μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η κίνηση των οχημάτων είναι η βασική αιτία, αφού ευθύνεται για το 62% των συνολικά εκπεμπόμενων υδρογονανθράκων, για το 63% των συνολικά εκπεμπόμενων οξειδίων του αζώτου και για το 80% του συνολικά εκπεμπόμενου μονοξειδίου του άνθρακα
- Είναι ο πιο οικονομικός τρόπος ταξιδιού συγκρινόμενο με όλα τα συμβατά μέσα μαζικής μεταφοράς
- Εξοικονόμηση περισσότερων από τα μισά χρήματα που διατίθενται κάθε μήνα για βενζίνες (ή για ταξί)
- Γνωριμία με καινούριους ανθρώπους και απόκτηση νέων φίλων

3.1.2 Ανάγκη για Carpooling

Η προτεινόμενη πολιτική είναι μια νέα πρωτοβουλία που προωθεί τη βελτίωση των συνθηκών του περιβάλλοντος προσφέροντας τα ακόλουθα οφέλη.

Οικονομικά οφέλη: Μείωση του συνολικού κόστους κατασκευής κτιρίων - λιγότεροι χώροι στάθμευσης, παροχή φορολογικών παροχών στους χρήστες. Η μείωση κόστους κατασκευής προσφέρει ευκαιρίες για κατάλληλα πρόσθετα κεφάλαια για τη σχολική κοινότητα, επίπτωση στην κατανάλωση ενέργειας και το κόστος από τη μείωση του αριθμού των φώτων στα πάρκινγκ.

Κοινωνικά οφέλη: Μείωση του άγχους που συνδέεται με το χρόνο μετακίνησης, αύξηση της κοινωνικής αλληλεπίδρασης μεταξύ των χρηστών, μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης στη σχολική κοινότητα.

Περιβαλλοντικά οφέλη: Μείωση των εκπομπών αερίων από τα αυτοκίνητα - βελτίωση της ποιότητας του αέρα, μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, αύξηση της διαπερατής επιφάνειας αέρα για τη μείωση των υδάτων των συστημάτων διαχείρισης, μείωση θερμότητας στο νησί λόγω λιγότερο στεγανών επιφανειών.

3.1.3 Carpooling Transportation Management System

Η συνεχής ανάγκη για κινητικότητα έχει επιφέρει όχι μόνο σημαντικές ανέσεις / ευκολίες σε διάφορα ζητήματα των ανθρώπων, αλλά επιπλέον έχει προκαλέσει αύξηση της συμφόρησης στην κίνηση. Το συγκεκριμένο φαινόμενο οδηγεί τους κατοίκους μιας πόλης σε δυσάρεστες καταστάσεις με τα προβλήματα που δημιουργεί, ενώ παράλληλα υποβιβάζει το επίπεδο ποιότητας ζωής στις μεγάλες πόλεις ενώ συμβάλλει και στην αποξένωση των ανθρώπων. Η ιδέα του carpooling βασίζεται στον καθορισμό και στην ανάπτυξη ενός επικοινωνιακού καθοδηγούμενου συστήματος με στόχο τη συλλογική μεταφορά και μετακίνηση. Το σύστημα carpooling για τη διαχείριση της κίνησης είναι ικανό να προτείνει τη καλύτερη δυνατή, αξιόπιστη και ασφαλή επικοινωνία για συνδυασμούς (λαμβάνοντας υπόψη του τα προσωπικά χαρακτηριστικά, ενδιαφέροντα, τρόπους οδήγησης), και είναι βασισμένο στο προφίλ των χρηστών του και σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο πληροφοριών.

3.2 Περιγραφή Συστήματος

Η ανάγκη για διαμοιρασμό των οχημάτων παρέχεται μέσα από την εφαρμογή ενός carpooling συστήματος (όταν υπάρχει ενδιαφέρον για κοινό δρομολόγιο και ένα σύνολο συνδυασμένων παραμέτρων) μέσω της πρόσβασης σε κάποιο κινητό τηλέφωνο ή υπολογιστή του χρήστη. Ειδικότερα, όπως οποιοδήποτε σύστημα θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του τις προτιμήσεις του χρήστη και τις προσωπικές του ανάγκες, καθώς επίσης και τις αλλαγές αυτών με τη πάροδο του

χρόνου, με στόχο την προσαρμογή του σε αυτές μελετώντας όμως τις παλαιότερες προτιμήσεις τους. Συνεπώς, οι δύο σημαντικές απαιτήσεις του συγκεκριμένου συστήματος είναι α) η προσαρμοστικότητα, β) η εξατομίκευση, γ) η επέκταση και δ) η διαλειτουργικότητα, διότι συμβάλλουν στην αποδοτική αλληλεπίδραση του συστήματος με το χρήστη.

3.2.1 Παράμετροι Συστήματος

Το σύστημα Carpooling χρησιμοποιεί ως είσοδο σημαντικές παραμέτρους που αφορούν το προφίλ των χρηστών καθώς και παραμέτρους υπηρεσίας. Οι παραπάνω παράμετροι σε συνδυασμό με τα βάρη που αντιστοιχούν σε κάθε μία από αυτές καθώς και το κομμάτι που λαμβάνει τη σύνδεση των παραπάνω παραμέτρων αποτελούν τα στοιχεία του συστήματος που μελετάται.

3.2.2 Παράμετροι για το προφίλ του χρήστη

Αυτό το στοιχείο περιλαμβάνει όλα τα δεδομένα που σχετίζονται με το χρήστη και αποτελούν τις προσωπικές πληροφορίες και προτιμήσεις των χρηστών. Σε περίπτωση που κάποιος χρήστης πραγματοποιήσει είσοδο στο σύστημα, το συγκεκριμένο κομμάτι έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει την ταυτότητα του χρήστη και τα δεδομένα που χρησιμοποίησε για την εισαγωγή του. Οι παράμετροι που αφορούν το προφίλ του χρήστη διακρίνονται στα προσωπικά του δεδομένα καθώς επίσης και σε δεδομένα τα οποία σχετίζονται αποκλειστικά με το όχημα που επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί. Στη συνέχεια θα ακολουθήσει σχετική ανάλυση και επεξήγηση των συγκεκριμένων παραμέτρων.

Παράμετροι συστήματος: Στην περίπτωση που ο χρήστης του συστήματος είναι κάτοχος αυτοκινήτου οι παράμετροι του συστήματος περιέχουν πληροφορίες που αφορούν το όχημα το οποίο επιθυμεί να χρησιμοποιήσει ο χρήστης αλλά και τα χαρακτηριστικά του που το κάνουν μοναδικό και αναγνωρίσιμο στο άτομο που θα επιβιβασθεί σε αυτό. Αναλυτικότερα οι παραπάνω παράμετροι περιλαμβάνουν δεδομένα, όπως είναι ο αριθμός των πινακίδων κυκλοφορίας, το έτος κατασκευής του οχήματος, ο χρόνος απόκτησης του διπλώματος οδήγησης από το χρήστη (εμπειρία χρήστη), το μοντέλο του αυτοκινήτου, το είδος της ασφάλειας του οδηγού καθώς και η ημερομηνία λήξης της.

Παράμετροι χρήστη: Περιέχουν προσωπικές πληροφορίες για το χρήστη, όπως είναι η ηλικία, το φύλο, το επίπεδο μόρφωσης, η οικογενειακή κατάσταση, η επαγγελματική απασχόληση, η γλώσσα και η εθνικότητα του χρήστη, καθώς και το αν καπνίζει ή όχι [11]. Σημαντικές είναι επίσης οι πληροφορίες που σχετίζονται με την αφετηρία, το προορισμό και το κόστος του δρομολογίου αλλά και δεδομένα που σχετίζονται με τις ικανότητες οδήγησης του χρήστη (εμπειρία), την κοινωνική του συμπεριφορά και το «επαναλαμβανόμενο συνδυασμό».

- Ηλικία: Αποτελεί βασική παράμετρο για τη σωστή επιλογή του κατάλληλου συνεπιβάτη με το χρήστη, εφόσον έχουν περίπου την ίδια ηλικία.
- Φύλο: Η κατάσταση του φύλου του χρήστη σε αρκετές περιπτώσεις δεν παίζει ιδιαίτερο ρόλο, αλλά υπάρχουν καταστάσεις όπου όταν τα άτομα που βρίσκονται στο ίδιο όχημα είναι του ίδιου φύλου έχουν κοινά ενδιαφέροντα και αυτό είναι επιθυμητό να υπάρχει.
- Επίπεδο μόρφωσης: Με βάση αυτή την παράμετρο τα άτομα έχουν τη δυνατότητα να συζητήσουν διάφορα ενδιαφέροντα θέματα, με αποτέλεσμα η διαδρομή να γίνεται περισσότερο ευχάριστη.
- Οικογενειακή κατάσταση: Η οικογενειακή κατάσταση ενός ατόμου παίζει σημαντικό ρόλο για το καλύτερο συνδυασμό και ταίριασμα των χρηστών. Κάποια μητέρα για παράδειγμα, έχει περισσότερα κοινά ενδιαφέροντα εάν ταξιδέψει με τα παιδιά της ή με το σύζυγο της παρά με κάποιο άλλο άτομο, όπως είναι ένας μαθητής.
- Επαγγελματική απασχόληση: Αποτελεί ακόμη μία βασική παράμετρο που επηρεάζει το συνδυασμό των χρηστών και δημιουργεί μεγάλες πιθανότητες για επιτυχία του συστήματος, εφόσον τα άτομα ακολουθούν την ίδια διαδρομή αφού εργάζονται στον ίδιο χώρο.
- Κάπνισμα: Στην περίπτωση που ο χρήστης δεν είναι καπνιστής θα προτιμήσει να συνταξιδέψει με κάποιο άτομο που δε καπνίζει και αντίστοιχα όταν ο χρήστης καπνίζει θα επιλέξει ως συνεπιβάτη του κάποιο καπνιστή.
- Γλώσσα: Η γλώσσα που μιλάει ο χρήστης παίζει βασικό ρόλο για την εισαγωγή σε μεγαλύτερη ομάδα χρηστών και επομένως δημιουργεί περισσότερες ευκαιρίες για τον χρήστη και την εύρεση ενός κατάλληλου συνδυασμού και επιλογής.
- Εθνικότητα: Είναι μία παράμετρος που επηρεάζει το συνδυασμό των χρηστών και την αύξηση της πιθανότητας να έχουν ένα ευχάριστο ταξίδι.
- Αφετηρία και προορισμός: Ο χρήστης θα επιλέξει άτομα τα οποία επιθυμούν να ξεκινήσουν από το ίδιο σημείο αλλά επίσης και να αποβιβαστούν στο ίδιο σημείο με το χρήστη (τερματικό σημείο).
- Κόστος δρομολογίου: Σε περίπτωση που ο χρήστης δίνει ιδιαίτερη έμφαση στο ποσό που θα κοστίσει η διαδρομή τότε θα προσπαθήσει να επιλέξει άτομα που θα έχουν τον ίδιο στόχο.
- Ικανότητες οδήγησης: Η εμπειρία του χρήστη (οδηγού) παίζει βασικό ρόλο στο σωστό και επιτυχή συνδυασμό των χρηστών.

3.2.3 Παράμετροι Υπηρεσιών

Σε αυτό το κομμάτι αποθηκεύονται πληροφορίες που σχετίζονται με τις υπηρεσίες που προσφέρονται στο χρήστη. Συγκεκριμένα, είναι αρμόδιο για να καταγράφει τις πληροφορίες που αναφέρονται στις αιτήσεις υπηρεσιών, στις αιτήσεις υπηρεσιών που ικανοποιούνται αλλά και σε πληροφορίες για τους χρήστες που αποτελούν το carpooling σύστημα. Με άλλα λόγια κάθε φορά που κάποιος χρήστης πραγματοποιεί μία αίτηση προς το σύστημα για τη παροχή μιας υπηρεσίας, το συγκεκριμένο κομμάτι παραλαμβάνει και αποκωδικοποιεί την παρούσα αίτηση, αναγνωρίζοντας σημαντικές πληροφορίες (κωδικό χρήστη, σημείο αναχώρησης, σημείο προορισμού) και στη συνέχεια τις μεταφέρει στο συστατικό μέρος του προφίλ των χρηστών [12]. Στόχος είναι η εξερεύνηση και μελέτη του προφίλ των χρηστών, ώστε να προταθούν οι κατάλληλοι συνδυασμοί και επιλογές.

Ειδικότερα, στη συγκεκριμένη κατηγορία ανήκουν οι ακόλουθοι παράμετροι που είναι το σημείο και η ώρα αναχώρησης για τον οδηγό του οχήματος αλλά και το σημείο προορισμού. Επίσης, άλλο είδος παραμέτρων είναι αντίστοιχα για τον επιβάτη το σημείο και η ώρα αναχώρησης, καθώς και το σημείο προορισμού. Το δρομολόγιο και κυρίως το κόστος του αποτελούν σημαντικές παραμέτρους του συστήματος. Ο υπολογισμός του κόστους προκύπτει από τη διάρκεια του δρομολογίου και ενδεχομένως τα ενδιάμεσα διόδια που μπορεί να υπάρχουν. Τέλος, ο καλύτερος συνδυασμός για ένα επιτυχές δρομολόγιο μπορεί να επιτευχθεί στην περίπτωση που ο οδηγός και ο επιβάτης επιθυμούν να ακολουθήσουν την ίδια διαδρομή, με κοινό σημείο αναχώρησης και προορισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: BAYESIAN NETWORKS

Ένα Bayesian δίκτυο αποτελεί ένα γραφικό μοντέλο το οποίο απεικονίζει πιθανοτικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών που περιλαμβάνει ενώ παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα που σχετίζονται με την ανάλυση των δεδομένων. Ένα γραφικό μοντέλο μπορεί να γνωρίζει τις συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών και με τη χρήση αυτών να εξετάζει κάποιο πρόβλημα, να προβλέπει τις συνέπειες του και να μπορεί να το επιλύει. Επιπλέον, επειδή το μοντέλο έχει αιτιώδη και στοχαστική σημασία, είναι ιδανικό στο να συνδυάζει προηγούμενη γνώση και δεδομένα εξάγοντας σημαντικά συμπεράσματα. Ένα άλλο ιδιαίτερα σημαντικό πλεονέκτημα των Bayesian δικτύων (Bayesian Networks) είναι ότι μπορεί να γνωρίζει τις καταστάσεις του μοντέλου με βάση τις εξαρτήσεις των μεταβλητών, ακόμη και αν κάποια δεδομένα απουσιάζουν.

Τα Bayesian Networks εφαρμόζονται αρκετά στην επίλυση προβλημάτων που αφορούν θέματα δικτύων, συστημάτων λήψης αποφάσεων και επεξεργασία εικόνας. Μια σημαντική εφαρμογή των Bayesian δικτύων αποτελεί η χρήση τους για τη δημιουργία του προφίλ ενός χρήστη. Για τη βέλτιστη εξυπηρέτηση και ικανοποίηση ενός χρήστη είναι επιθυμητό οι πάροχοι των υπηρεσιών (προς το χρήστη) να γνωρίζουν τις ανάγκες των χρηστών [13][33][34]. Τα Bayesian Networks είναι κατάλληλα για την εύρεση του προφίλ κάποιου χρήστη λόγω του ότι μπορούν να καταγράψουν τις σχέσεις που συνδέουν τα στοιχεία και τα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν το χρήστη.

4.1 Ορισμός

Ένα Bayesian δίκτυο είναι ένα στοχαστικό γραφικό μοντέλο το οποίο αντιπροσωπεύει ένα σύνολο μεταβλητών καθώς και τις πιθανοτικές εξαρτήσεις μεταξύ αυτών των μεταβλητών, με απλό και συνοπτικό τρόπο.

Το Bayesian δίκτυο απεικονίζεται ως ένας κατευθυνόμενος, μη κυκλικός γράφος που αποτελείται από ένα σύνολο κόμβων V και ακμών E . Μπορούμε να συμβολίσουμε το συγκεκριμένο γράφο ως εξής: $G(V, E)$. Κάθε κόμβος i που ανήκει στο σύνολο $V (i \in V)$,

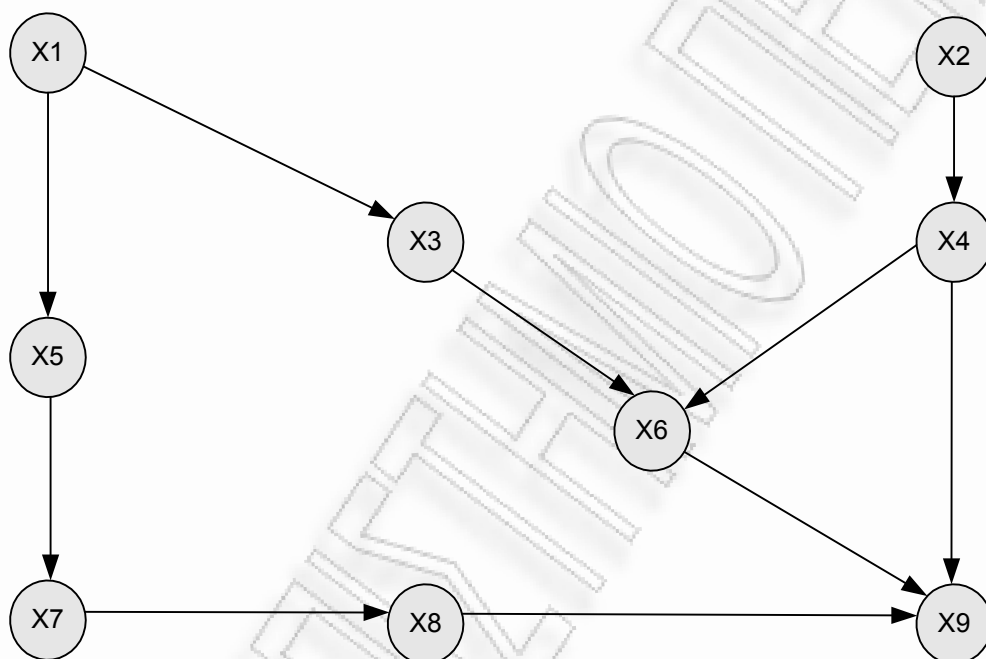
αντιστοιχίζεται σε μια τυχαία μεταβλητή X_i η οποία ανήκει σε ένα πεπερασμένο σύνολο \mathbf{X}_i . Σε κάθε κόμβο i αντιστοιχεί ένα σύνολο κόμβων οι οποίοι αποτελούν τους κόμβους-πατέρες του i . Ένας κόμβος-πατέρας συμβολίζεται ως $pa(i)$. Επιπλέον, κάθε κόμβος i που ανήκει στο σύνολο V των κόμβων συνδέεται με την υπό-συνθήκη (δεσμευμένη) πιθανότητα $P\left(X_i, (X_j)_{j \in pa(i)}\right)$.

Οι ακμές του γράφου αντιπροσωπεύουν τις στοχαστικές σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών καθώς και την κατανομή πιθανότητας για κάθε μία από αυτές τις μεταβλητές λαμβάνοντας υπόψη κάποιες συγκεκριμένες τιμές των κόμβων-πατέρων. Τέλος, ο γράφος G προϋποθέτει ότι οι σχέσεις μεταξύ των τυχαίων μεταβλητών είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Η δεσμευμένη (joint) κατανομή

πιθανότητας αυτών των τυχαίων μεταβλητών ορίζεται ως το γινόμενο όλων των κατανομών των μεταβλητών X_i , δηλαδή:

$$P((X_i)_{i \in V}) = \prod_{i \in V} P(X_i, (X_j)_{j \in pa(i)}) \quad (1)$$

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε στο Σχήμα 5 ένα απλό παράδειγμα ενός Bayesian δικτύου. Θεωρούμε ένα γράφο με τυχαίες μεταβλητές X_1, \dots, X_9 .



Σχήμα 5. Bayesian Network

Για τη δεσμευμένη (joint) κατανομή πιθανότητας θα ισχύει:

$$\begin{aligned} P(X_1, \dots, X_9) &= P(X_9, X_8 \dots X_1) \cdot P(X_8, X_7 \dots X_1) \cdot \dots \cdot P(X_2, X_1) \cdot P(X_1) \\ &= P(X_9, X_6) \cdot P(X_8, X_7, X_6) \cdot P(X_7, X_5) \cdot P(X_6, X_4, X_3) \cdot P(X_5, X_1) \cdot \\ &\quad P(X_4, X_2) \cdot P(X_3, X_1) \cdot P(X_2) \cdot P(X_1) \end{aligned} \quad (2)$$

4.1.1 Δημιουργία ενός Bayesian Network

Για τη δημιουργία ενός Bayesian δικτύου χρησιμοποιείται μια σειρά διαδικασιών. Αρχικά, θα πρέπει να καθορίσουμε τις μεταβλητές που θα χρησιμοποιήσουμε στο μοντέλο μας (γράφο), προκειμένου να επιλύσουμε το πρόβλημα που μας ενδιαφέρει. Στο παράδειγμα δικτύου που παρουσιάσαμε σε προηγούμενη ενότητα ορίσαμε τις μεταβλητές X_1, \dots, X_9 . Σε ένα πιο σύνθετο και ρεαλιστικό πρόβλημα θα χρησιμοποιούσαμε πολύ περισσότερες μεταβλητές.

Σε επόμενο στάδιο πραγματοποιείται η κατασκευή του κατευθυνόμενου, μη κυκλικού γράφου, στον οποίο απεικονίζονται οι υπό-συνθήκη σχέσεις ανεξαρτησίας μεταξύ των τυχαίων μεταβλητών. Στο παραπάνω παράδειγμα η αρχή κάθε ακμής του γράφου σχεδιάζεται από μία μεταβλητή και κατευθύνεται προς το άμεσο της αποτέλεσμα.

Στο τελευταίο στάδιο υπολογίζουμε την κατανομή πιθανότητας των μεταβλητών μέσω της οποίας θα προκύψει ακολούθως η δεσμευμένη κατανομή πιθανότητας $P((X_i)_{i \in V})$. Ο υπολογισμός της παραπάνω πιθανότητας και η γνώση για το πως συμπεριφέρεται κάποια κατανομή συμβάλλει στη καλύτερη κατανόηση και επίλυση ενός προβλήματος.

4.2 Εκμάθηση Δομής ενός Bayesian Network

Σε απλές περιπτώσεις, ένα Bayesian δίκτυο αναπτύσσεται από κάποιο έμπειρο και ειδικό άτομο και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για να συνάγει κάποια συμπεράσματα που αφορούν ένα παρατηρούμενο πρόβλημα. Σε άλλες εφαρμογές, ο καθορισμός και η δημιουργία ενός τέτοιου δικτύου είναι σύνθετη για τους ανθρώπους. Σε αυτή την περίπτωση είναι καλύτερα η εκμάθηση του δικτύου και των παραμέτρων των κατανομών του να προκύπτει μέσω της χρήσης δεδομένων.

Η εκμάθηση ενός Bayesian δικτύου αποτελεί ένα πολύ σημαντικό τμήμα της «μηχανικής μάθησης» (machine learning), να μαθαίνεις δηλαδή πως δομείται ένα τέτοιο δίκτυο χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους και μηχανισμούς. Μέσω του δικτύου και κάποιων μεθόδων αναζήτησης μπορούν να προκύψουν τα δεδομένα και οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για την εύρεση της δομής του δικτύου. Βασική απαίτηση αποτελεί η ύπαρξη μιας συνάρτησης κέρδους καθώς και κάποιας στρατηγικής εκμάθησης. Η συνάρτηση κέρδους μπορεί να είναι μια μεταγενέστερη πιθανότητα η οποία αφορά την κατανομή των μεταβλητών του δικτύου, με στόχο τη μεγιστοποίηση της ώστε να προκύψει η απαιτούμενη πληροφορία για το δίκτυο. Από την άλλη, η στρατηγική αναζήτησης μπορεί να φέρει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία διάφορων αλλαγών μεγιστοποιώντας τη συνάρτηση κέρδους.

4.3 Εκμάθηση Παραμέτρων

Προκειμένου να ορίσουμε πλήρως ένα Bayesian δίκτυο και κατά συνέπεια την δεσμευμένη κατανομή πιθανότητας είναι απαραίτητο να καθορίσουμε για κάθε κόμβο X την κατανομή πιθανότητας μέσω της κατανομής των κόμβων-πατέρων του. Για την απλοποίηση της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούμε διακριτές ή «Γκαουσιανές Κατανομές», ώστε οι υπολογισμοί των πιθανοτήτων να υλοποιούνται ευκολότερα.

Συχνά αρκετές από τις κατανομές και κυρίως οι υπο-συνθήκη κατανομές, περιλαμβάνουν παραμέτρους οι οποίες είναι άγνωστες και γι'αυτό το λόγο θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν κάποια δεδομένα και να υπολογιστούν μέσω αυτών. Για να επιτευχθεί αυτό, κάποιες φορές είναι απαραίτητη η εφαρμογή της προσέγγισης της μέγιστης πιθανοφάνειας έχοντας ως στόχο τη μεγιστοποίηση της. Συνήθως, η μεγιστοποίηση της πιθανοφάνειας είναι σύνθετη, κυρίως σε περιπτώσεις όπου οι τιμές κάποιων μεταβλητών δεν είναι εύκολο να προσδιοριστούν (μη παρατηρούμενες μεταβλητές). Για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος μπορεί να εφαρμοστεί ο αλγόριθμος «προσδοκία - μεγιστοποίηση» (expectation – maximization).

Μια πιο πλήρης προσέγγιση για το καθορισμό των παραμέτρων και των τιμών τους είναι να αντιμετωπιστούν οι παράμετροι ως αθροιστικές, μη παρατηρούμενες μεταβλητές και έτσι να υπολογιστεί η συνολική μεταγενέστερη κατανομή πιθανότητας όλων των κόμβων γνωρίζοντας τις τιμές των παρατηρούμενων δεδομένων. Η παραπάνω προσέγγιση όμως μπορεί να κοστίζει αρκετά και επιπλέον να οδηγεί σε πολυδιάστατα μοντέλα, με αποτέλεσμα πρακτικά να χρησιμοποιούνται οι κλασσικές προσεγγίσεις για τον προσδιορισμό των παραμέτρων ενός Bayesian δικτύου.

4.4 Εφαρμογές ενός "Bayesian" Δικτύου

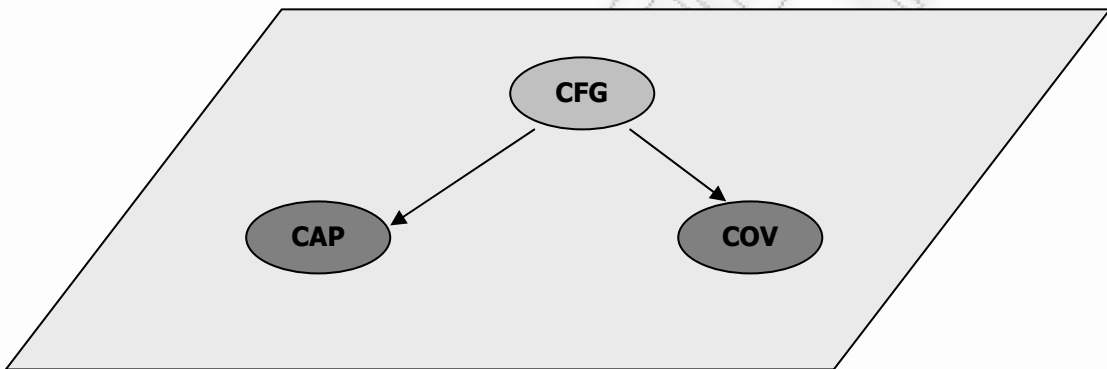
Τα Bayesian δίκτυα καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως είναι η μοντελοποίηση γνώσης, η ιατρική, η μηχανική επιστήμη, η ανάλυση κειμένου, η επεξεργασία εικόνας, η συγχώνευση δεδομένων καθώς και τα συστήματα (υπο) στήριξης αποφάσεων.

Τυπικές χρήσεις ενός Bayesian δικτύου αποτελούν η μοντελοποίηση και εξέταση κάποιου πεδίου ή μιας περιοχής, ο υπολογισμός κατανομών πιθανότητας κάποιας μεταβλητής (λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές άλλων μεταβλητών), η εύρεση καλών στρατηγικών για την επίλυση προβλημάτων σε αβέβαια πεδία, η λήψη αποφάσεων σε αβέβαια πεδία καθώς και η εύρεση πιθανών καταστάσεων μεταβλητών. Στη συνέχεια θα αναλύσουμε μερικές απλές χρήσεις (εφαρμογές) αυτών των δικτύων.

4.4.1 Υπολογισμός Απόδοσης (Ανα)Διάρθρωσης Δικτύου

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιάσουμε μία προσαρμοστική μέθοδο με στόχο τον υπολογισμό της πιθανότητας που αφορά την αναδιάρθρωση ενός δικτύου η οποία σχετίζεται με τη χωρητικότητα $cp_e(c)$ και τη κάλυψη $cv_e(c)$ που υποστηρίζει το δίκτυο.

Η εφαρμογή ενός Bayesian δικτύου είναι κατάλληλη για τη μοντελοποίηση του συγκεκριμένου προβλήματος. Στο Σχήμα 6 απεικονίζεται το αντίστοιχο δίκτυο.



Σχήμα 6. Bayesian Network για εφαρμογή μοντελοποίησης

Οι κόμβοι του δικτύου CAP και COV , αποτελούν τις τυχαίες μεταβλητές που αντιπροσωπεύουν τη χωρητικότητα και την κάλυψη που υποστηρίζονται από το δίκτυο. Ο κόμβος CFG αποτελεί επίσης μια τυχαία μεταβλητή που αντιπροσωπεύει μία διάρθρωση (configuration). Στόχος είναι ο υπολογισμός της μέγιστης τιμής της δεσμευμένης πιθανότητας που αφορά τον παραπάνω γράφο. Η συγκεκριμένη πιθανότητα θα είναι ίση με:

$$P_r \langle CAP, COV | CFG \rangle = P_r \langle CAP | CFG \rangle \cdot P_r \langle COV | CFG \rangle \quad (3)$$

Σύμφωνα με κάποιες μετρήσεις, προκύπτει ότι μία συγκεκριμένη διάρθρωση μπορεί να πετύχει χωρητικότητα cap_{meas} . Επίσης, ορίζουμε ως dif_{max} τη μέγιστη διαφορά μεταξύ κάποιων πιθανών τιμών χωρητικότητας, δηλαδή $dif_{max} = cap_m - cap_i$.

Έπειτα, ορίζουμε ένα συντελεστή διόρθωσης cor_i , ο οποίος υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$cor_i = 1 - \frac{|cap_i - cap_{meas}|}{dif_{max}} \quad (4)$$

Όταν ο συντελεστής διόρθωσης cor_i πλησιάζει την τιμή 1, τότε η τιμή της χωρητικότητας cap_i πλησιάζει την τιμή cap_{meas} , η οποία έχει προκύψει από διάφορες μετρήσεις. Στην αντίθετη περίπτωση όπου ο συντελεστής cor_i πλησιάζει την τιμή 0, τότε οι δύο τιμές cap_i και cap_{meas} απέχουν αρκετά μεταξύ τους. Συνεπώς, με βάση τα όσα ειπώθηκαν παραπάνω, μια βελτιωμένη τιμή για τη δεσμευμένη πιθανότητα είναι η ακόλουθη:

$$P_r \langle CAP = cap_i | CFG \rangle_{new} = nf \cdot cor_i \cdot P_r \langle cap_i | CFG \rangle_{old} \quad (5)$$

4.4.2 Δημιουργία Προφίλ Χρήστη

Τα Bayesian δίκτυα είναι κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία του προφίλ κάποιου χρήστη, δηλαδή για το καθορισμό των προτιμήσεων, των απαιτήσεων και των αναγκών που έχει ο χρήστης από τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Τα παραπάνω δίκτυα παρέχουν ένα εργαλείο μοντελοποίησης των ποσοτικών και ποιοτικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των στοιχείων για τα οποία ενδιαφέρεται ο χρήστης. Τα στοιχεία αυτά εκφράζονται μέσω διάφορων ερωτημάτων που θέτει ο χρήστης.

Γνωρίζουμε ότι ένα Bayesian δίκτυο αποτελεί ένα κατευθυνόμενο, μη κυκλικό γράφο ο οποίος αντιπροσωπεύει μία κατανομή πιθανότητας. Οι κόμβοι του γράφου αποτελούν τις καταστάσεις των τυχαίων μεταβλητών και οι ακμές του αποτελούν τις δυνατές μεταβάσεις μεταξύ των καταστάσεων, τη μετάβαση δηλαδή από ένα κόμβο X_i σε ένα κόμβο X_j . Σε κάθε μία από αυτές τις μεταβάσεις αντιστοιχεί κάποια πιθανότητα μετάβασης P_{ij} . Το σύνολο των πιθανοτήτων μετάβασης μπορεί να απεικονιστεί σε ένα πίνακα στον οποίο καθορίζονται οι ποσοτικές πληροφορίες των πιθανοτήτων.

Στο ακόλουθο παράδειγμα γίνεται χρήση ενός Bayesian δικτύου για τη μοντελοποίηση των πληροφοριών που χρειάζεται κάποιος χρήστης. Κάθε κόμβος του δικτύου αναπαριστά μία ιδιότητα ή ένα χαρακτηριστικό το οποίο εκφράζεται μέσω ερωτημάτων που θέτει ο χρήστης σε κάποια βάση δεδομένων. Οι σχέσεις μεταξύ αυτών των χαρακτηριστικών είναι συχνά εξαρτώμενες και οι τιμές των πιθανοτήτων που αντιστοιχούν σε αυτές προκύπτουν από τη συχνότητα εμφάνισης τους στα ερωτήματα που εκφράζει ο χρήστης. Η συχνότητα εμφάνισης των χαρακτηριστικών δηλώνει το πόσο σημαντικά είναι αυτά τα χαρακτηριστικά για το χρήστη.

Υποθέτουμε ότι έχουμε μια βάση δεδομένων στην οποία αποθηκεύονται πληροφορίες που αφορούν ένα οργανισμό και συγκεκριμένα ένα πανεπιστήμιο. Η βάση δεδομένων αποθηκεύει

πληροφορίες που αφορούν τα τμήματα, τις κατευθύνσεις, τους καθηγητές, τους σπουδαστές, τα μαθήματα, τις παρακολουθήσεις των μαθημάτων καθώς και τους βαθμούς των φοιτητών. Θεωρούμε ένα τακτικό χρήστη, δηλαδή κάποιο άτομο που χρησιμοποιεί συχνά τη βάση δεδομένων και θέτει διάφορα ερωτήματα. Ένα τέτοιο άτομο θα μπορούσε να είναι ένας καθηγητής του πανεπιστημίου, ο οποίος ενδιαφέρεται να ενημερωθεί για τις κατευθύνσεις που αποτελούν κάθε τμήμα. Κάθε μία από αυτές τις κατευθύνσεις έχει κάποια συγκεκριμένα μαθήματα, σπουδαστές και καθηγητές. Οι περιορισμοί αυτοί είναι εφικτό να μοντελοποιηθούν με τη χρήση ενός Bayesian δικτύου, δημιουργώντας τις συσχετίσεις μεταξύ των αντίστοιχων κόμβων. Οι παραπάνω συσχετίσεις διαμορφώνουν τη πιθανότητα για κάποιο κόμβο (κατεύθυνση) με δεδομένη τη πιθανότητα του κόμβου-πατέρα του. Το Bayesian δίκτυο κατασκευάζεται σταδιακά καθώς ο χρήστης θέτει ερωτήματα στη βάση δεδομένων. Όταν ο χρήστης πραγματοποιεί ένα ερώτημα, αυτό αποθηκεύεται, και ένα κόμβος προστίθεται στο δίκτυο για κάθε χαρακτηριστικό που περιέχεται στο ερώτημα ενώ στη συνέχεια σχεδιάζονται οι ακμές μεταξύ των αντίστοιχων κόμβων. Οι τιμές των πιθανοτήτων ενημερώνονται (αλλάζουν) κάθε φορά που οι συχνότητες εμφάνισης των χαρακτηριστικών στα ερωτήματα τροποποιούνται με κάθε νέο ερώτημα. Οποιαδήποτε από τις μεταβλητές μπορεί να πάρει μία από τις ακόλουθες δύο τιμές: σωστό (true), όταν σε ένα ερώτημα υπάρχει κάποιο χαρακτηριστικό και λάθος (false), όταν απουσιάζει από το ερώτημα κάποιο χαρακτηριστικό.

4.5 Bayesian Metanetworks

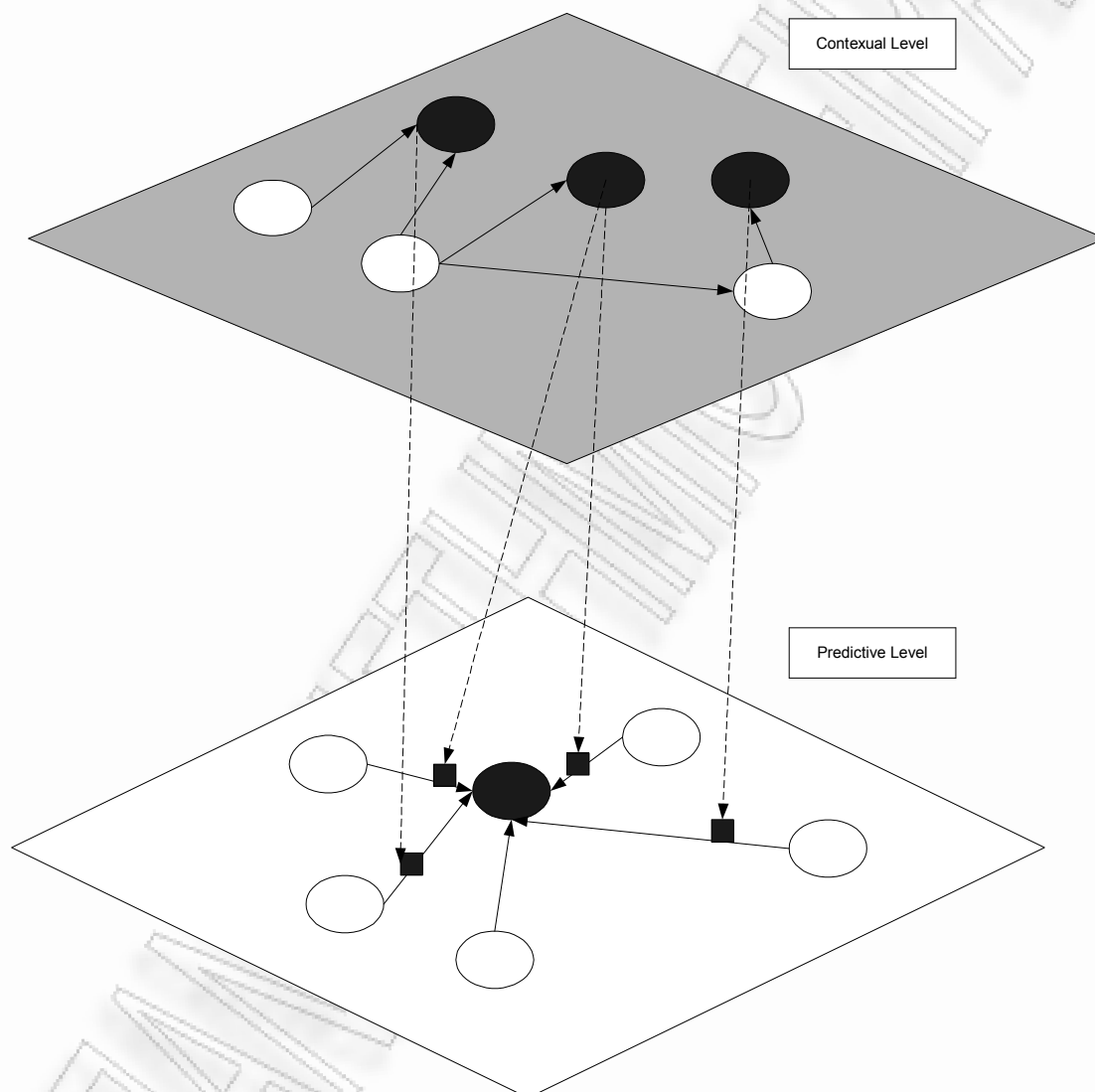
Ένα Μπαγεσιανό μεταδίκτυο είναι ένα πολυεπίπεδο πιθανοτικό μοντέλο το οποίο αποτελεί επέκταση των παραδοσιακών Μπαγεσιανών δικτύων. Ουσιαστικά περιλαμβάνει ένα σύνολο από Bayesian Networks τα οποία τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε τα στοιχεία από κάποιο προηγούμενο δίκτυο να εξαρτώνται από την κατανομή πιθανοτήτων που σχετίζεται με τους κόμβους ενός επόμενου επιπέδου δικτύου. Το Μπαγεσιανό μεταδίκτυο συμβολίζεται ως $MBN = (BN, R, P)$, όπου:

- $BN = (BN_1, BN_2, \dots, BN_n)$ είναι ένα σύνολο από Bayesian Networks που αντιπροσωπεύουν ένα σύνολο επιπέδων
- $R = \{R_{1,2}, R_{2,3}, \dots, R_{n-1,n}\}$ είναι ένα σύνολο από μια σειρά συνδέσεων μεταξύ των επιπέδων και
- P είναι η υπο-συνθήκη (κατανομή) πιθανότητας του Μπαγεσιανού μεταδικτύου.

Τα Μπαγεσιανά μεταδίκτυα θεωρούνται ένα χρήσιμο εργαλείο για την πρόβλεψη ή την εύρεση των προτιμήσεων κάποιου χρήστη. Τα πρόσθετα επίπεδα ενός τέτοιου δικτύου χρησιμοποιούνται για την επιλογή της κατάλληλης υποδομής από το βασικό επίπεδο δικτύου το οποίο βασίζεται σε "contextual" χαρακτηριστικά ενός προφίλ χρήστη, όπως είναι η τοποθεσία.

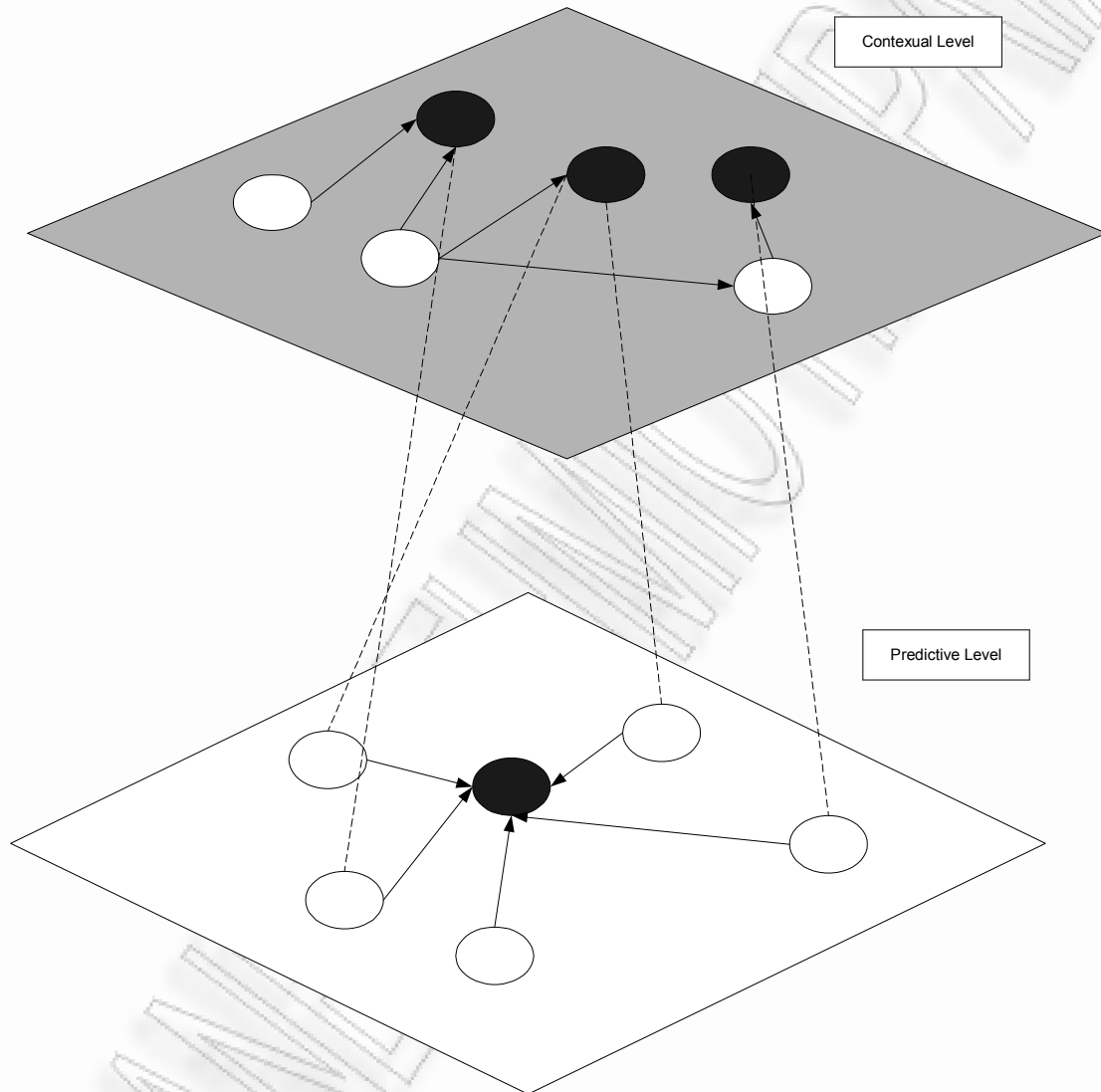
Υπάρχουν δύο μοντέλα Μπαγεσιανών δικτύων, τα C - Μεταδίκτυα και τα R - Μεταδίκτυα. Ένα C - Μεταδίκτυο θεωρεί ότι οι εξαρτήσεις μεταξύ των μεταβλητών του Μπαγεσιανού δικτύου δεν είναι τυχαίες αλλά σχετίζονται μεταξύ τους. Επιπλέον, το C - Μεταδίκτυο χρησιμοποιείται για τη διαχείριση των εξαρτήσεων μεταξύ των μεταβλητών.

Στο Σχήμα 7 αναπαρίσταται η δομή του δικτύου που περιγράφηκε.



Σχήμα 7. The two-level Bayesian C-Metanetwork for managing conditional dependencies

Ένα R - Μεταδίκτυο θεωρεί ότι οι συσχετίσεις των μεταβλητών ενός Μπαγεσιανού δικτύου μπορεί να είναι τυχαίες και παρέχει ένα εργαλείο για τη διαμόρφωση των χαρακτηριστικών ενός χρήστη. Στο Σχήμα 8 απεικονίζονται τα δύο επίπεδα του Μπαγεσιανού R - Μεταδικτύου.



Σχήμα 8. The two-level Bayesian R-Metanetwork for modeling relevant feature selection

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΓΝΩΣΙΑΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΜΕΣΩ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ CAR POOLING

5.1 Μεθοδολογία

Κατά την τελευταία δεκαετία, οι ασύρματες επικοινωνίες βρίσκονται στο προσκήνιο των διεθνών προσπαθειών έρευνας και ανάπτυξης, με στόχο την παροχή καινοτόμων υπηρεσιών και εφαρμογών, προσαρμοσμένων στις ανάγκες των χρηστών. Ωστόσο, η συνεχής συσσώρευση των νέων χαρακτηριστικών σε B3G υποδομές τις καθιστά πραγματικά πολύπλοκες. Ένας χώρος όπου εφαρμογές ασύρματων επικοινωνιών στην γενική ευημερία έχουν κερδίσει έδαφος είναι ο τομέας των μεταφορών. Το κίνητρο για αυτό το σκοπό είναι ότι οι μεγάλες ευρωπαϊκές πόλεις αντιμετωπίζουν έναν αυξανόμενο όγκο κυκλοφορίας, η οποία συνδέεται με πολλά δυσάρεστα φαινόμενα, όπως τις καθυστερήσεις, την υψηλή ρύπανση, την υποβάθμιση της ποιότητας ζωής, καθώς και τα ατυχήματα και καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Κατά συνέπεια, υπάρχουν σημαντικές ανεπάρκειες που σχετίζονται με τη μεταφορά, όπως προσδιορίστηκαν από την έρευνα των κοινοτήτων, των δημόσιων οργανισμών και του ιδιωτικού τομέα. Οι εν λόγω ανεπάρκειες έχουν καθιερώσει τη διαχείριση μεταφορών ως μία βασική υπηρεσία που θα πρέπει να προσφέρουν οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) [14][15][16]. Από την άποψη αυτή, αρκετά καινοτόμες και οικονομικά αποδοτικές κινητές υπηρεσίες και εφαρμογές για τα δίκτυα κυκλοφορίας είναι υπό έρευνα, και εμφανίζονται ως ο ακρογωνιαίος λίθος των λεγόμενων ευφυών συστημάτων μεταφορών (ITS) [17][18]. Επιτρέποντας στα οχήματα να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω της επικοινωνίας όχημα με όχημα (V2V), καθώς και στους σταθμούς βάσης, μέσω της επικοινωνίας όχημα με υποδομή (V2I), τα ευφυή συστήματα μεταφορών μπορούν να συμβάλουν στην ασφαλέστερη και αποτελεσματικότερη ύπαρξη δρόμων.

Ένα φαινόμενο που σχετίζεται με την αναποτελεσματικότητα των μεταφορών είναι η αύξηση του βαθμού χρησιμοποίησης των οχημάτων, που συνδέεται με την ελαχιστοποίηση των οχημάτων των επιβατών, λόγω της αύξησης των οχημάτων των κατόχων. Προφανώς, αυτό αναπόφευκτα συμβάλλει στη δημιουργία του όγκου της κίνησης και, συνεπώς, εντείνει τις δυσκολίες που αναφέρθηκαν ανωτέρω. Μια έγκυρη λύση για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου έγκειται στην έννοια της συγκέντρωσης των αυτοκινήτων. Το «Car Pooling» είναι μια εφαρμογή που αναφέρεται στη δημιουργία των συμφωνιών μεταξύ ενός οδηγού και ενός ή περισσότερων επιβατών, να μοιραστούν μια βόλτα μέσα σε ένα όχημα, αντί να κάνουν το ίδιο ταξίδι ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο [19][20][21][22][23][24]. Ο οδηγός και ο επιβάτης (ή επιβάτες) εκ των προτέρων έχουν επίγνωση ότι θα μοιραστούν το ταξίδι σε έναν προκαθορισμένο χρόνο [25]. Τα αποτελέσματα αυτής της ενέργειας είναι (i) η μείωση του αριθμού των οχημάτων στην οδό, (ii) η

μείωση των δαπανών για φυσικό αέριο, (iii) η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας (εκπομπές CO₂) και ρύπανσης, καθώς και (iv) η παροχή κοινωνικών συνδέσεων σε μια όλο και πιο «κλειστή» κοινωνία [38][40][41][42].

Έχοντας ως όραμα την αξιοποίηση των προσεγγίσεων που αναφέρθηκαν παραπάνω, το συγκεκριμένο κεφάλαιο επικεντρώνεται στο γεγονός ότι διάφοροι παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή των κατάλληλων συνδυασμών μεταξύ των οδηγών και των επιβατών θα μπορούν να αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου και με τυχαίο τρόπο. Ως εκ τούτου, απαιτείται συγκεκριμένη λειτουργικότητα που μπορεί να αυξήσει την αξιοπιστία των αποφάσεων. Η λειτουργικότητα θα πρέπει να παρέχει τη πιθανότητα ότι οι παράμετροι θα επιτύχουν ορισμένες τιμές, με βάση συγκεκριμένους συνδυασμούς. Η προτεινόμενη λειτουργικότητα μπορεί να αποφασίζει και για τους βέλτιστους συνδυασμούς οδηγών - επιβατών, με βάση ορισμένες παραμέτρους. Αυτό επιτυγχάνεται με την ικανότητα να μαθαίνουν τι πιο πιθανές τιμές παραμέτρων που ειτυγχάνονται από τους υποψήφιους συνδυασμούς, και με αυτό τον τρόπο γίνονται γνωσιακές. Επιπλέον, οι γνώσεις που αποκτήθηκαν είναι αξιοποιήσιμες στη λήψη των αποφάσεων. Το σύστημα που προκύπτει, δηλαδή το "Cognitive Car Pooling Management Functionality" (Co-Cap) επιλέγει τους συνδυασμούς που υπόσχονται (με πιθανολογικό τρόπο) την ικανοποίηση των προτιμήσεων των οδηγών και των επιβατών (αποδίδοντας ορισμένα βάρη στις παραμέτρους), λαμβάνοντας υπόψη προηγούμενη γνώση. Το πλεονέκτημα του συστήματος που προκύπτει είναι ότι η αξιοπιστία της επιλογής αποφάσεων με βάση τη γνώση είναι υψηλότερη. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα για την ικανοποίηση των προτιμήσεων των οδηγών και των επιβατών, μέσω των των επιλεγμένων συνδυασμών.

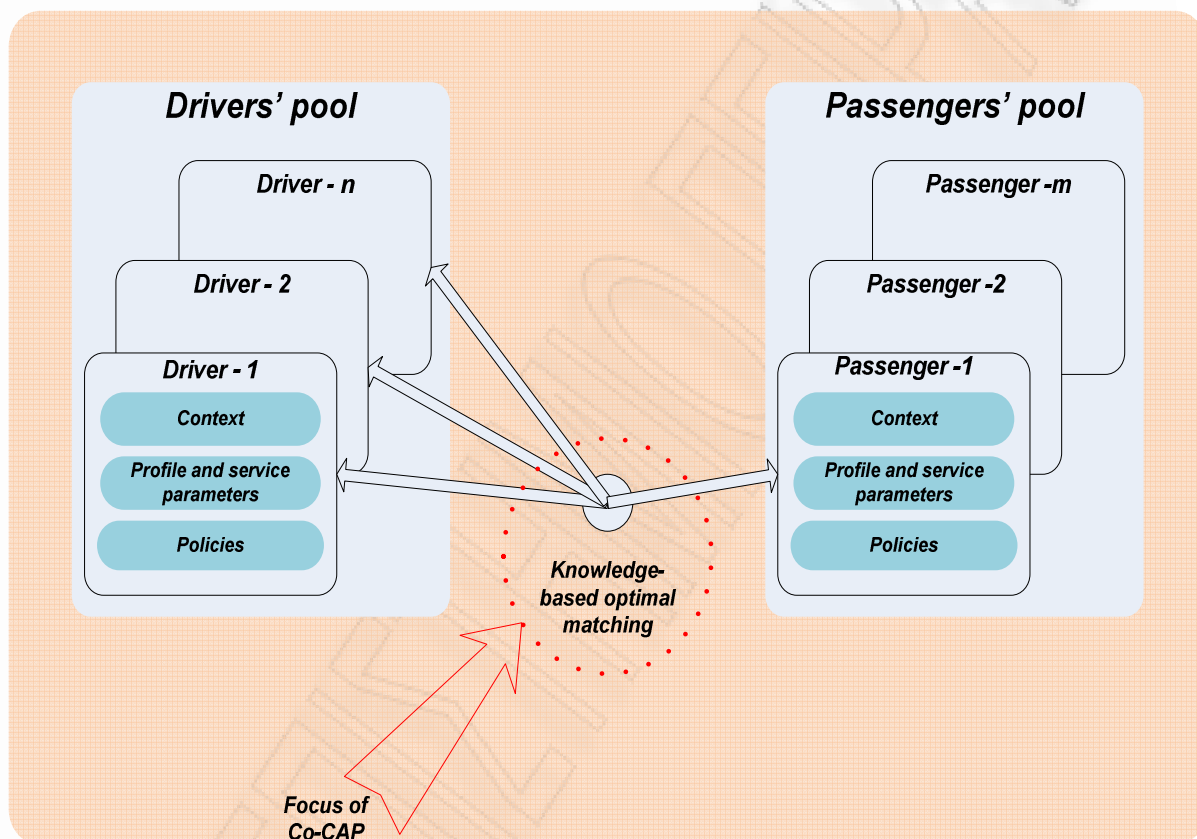
Η εκμάθηση της λειτουργικότητας επηρεάζεται από τα Bayesian δίκτυα [33][34][35][36], τα οποία αποτελούν ισχυρές τεχνικές για τη μοντελοποίηση και την επίλυση στοχαστικών προβλημάτων, και ως εκ τούτου, είναι κύριες τεχνολογίες για την ανάπτυξη των γνωσιακών συστημάτων [37][38].

5.2 Πλαίσιο λειτουργίας και υψηλό επίπεδο περιγραφής

Η ακόλουθη ενότητα στοχεύει στη παρουσίαση μιας συνολικής εικόνας του πλαισίου στο οποίο η προτεινόμενη λειτουργικότητα προβλέπεται να εφαρμοστεί, παρέχοντας επίσης την υψηλού επιπέδου περιγραφή του.

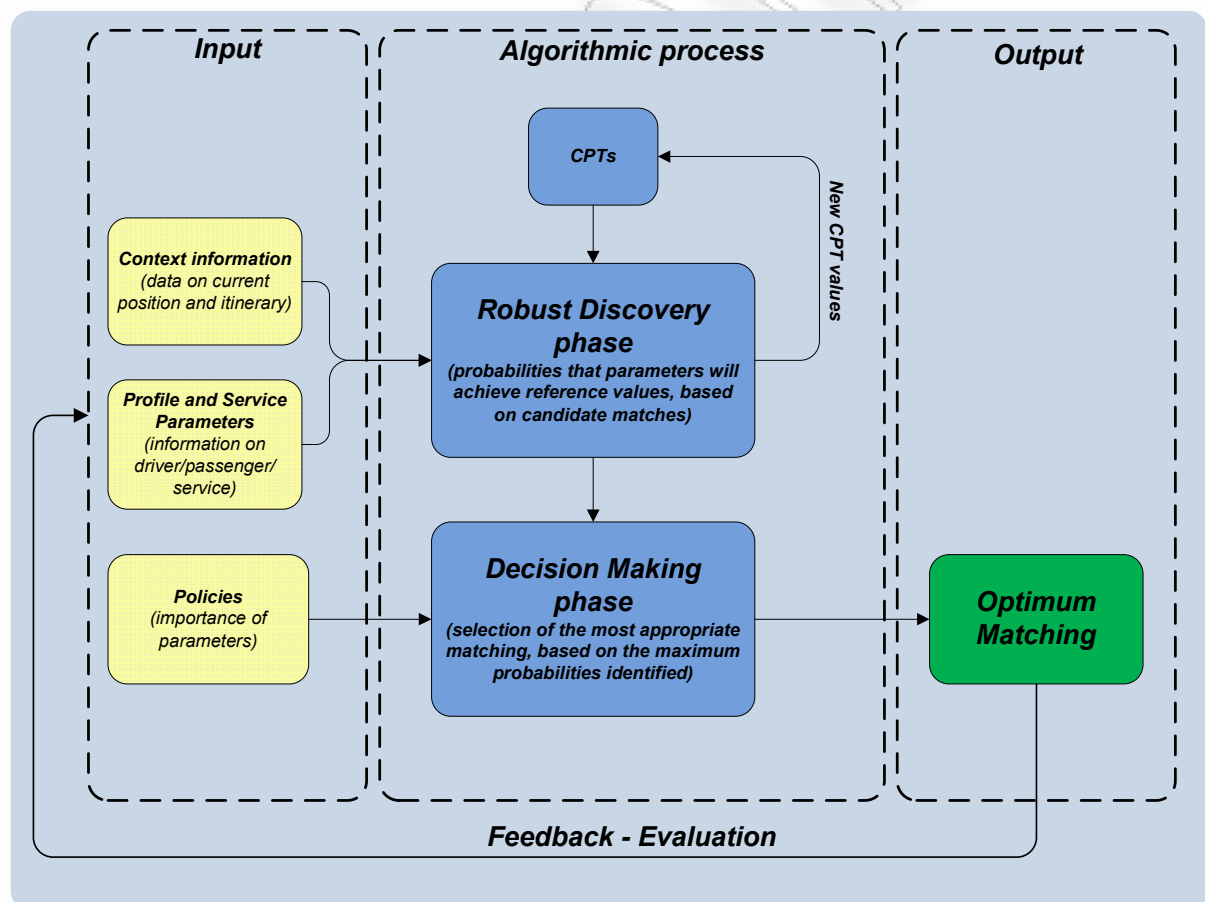
Όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 9, υπάρχει ένα σύνολο των υποψηφίων οδηγών, δηλαδή τους οδηγούς του συστήματος, καθώς και ένα σύνολο από υποψήφιους επιβάτες, δηλαδή τους επιβάτες του συστήματος. Οι οδηγοί και οι επιβάτες σχετίζονται με το πλαίσιο πληροφορίας των παραμέτρων, όπως για παράδειγμα, δεδομένα σχετικά με τις τρέχουσες θέσεις τους και τα δρομολόγια, που απεικονίζεται στο Σχήμα 10 (α). Επιπλέον, είναι συνδεδεμένοι με το προσωπικό

προφίλ των παραμέτρων (μια ενδεικτική σειρά που, απεικονίζεται στο Σχήμα 10 (β)), καθώς και με υπηρεσίες που σχετίζονται με τις παραμέτρους (όπως εμφανίζεται στο Σχήμα 10 (γ)). Τέλος, ένα σύνολο των ευρύτερων πολιτικών αντικατοπτρίζει τις προτιμήσεις του οδηγού και των επιβατών, με τη μορφή των βαρών (σημασία) που δόθηκε στις παραμέτρους που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Σε γενικές γραμμές, τα προσωπικά χαρακτηριστικά και τιμές των παραμέτρων υπηρεσίας μπορούν να αλλάξουν από στιγμή σε στιγμή.



Σχήμα 9. Λειτουργικότητα πλαισίου Co-CAP

πιθανοτήτων όπου οι παράμετροι θα ανταποκρίνονται σε ορισμένες τιμές, με βάση το Bayesian μοντέλο, το οποίο βοηθά τη λειτουργικότητα σταδιακά να αποκτήσει γνώσεις και, συνεπώς, να εξελιχθεί στο γνωστικό τομέα. Η λήψη αποφάσεων βρίσκει τη βέλτιστη αντιστοίχιση εξετάζοντας επίσης και τη σημασία των παραμέτρων. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η απόκτηση γνώσεων ενισχύεται περαιτέρω από μια διαδικασία αξιολόγησης, που γίνεται από τους επιβάτες σχετικά με τους οδηγούς (και αντιστρόφως), μετά την ολοκλήρωση του ταξιδιού που μοιράζονται. Βάση αυτών, οι παράμετροι εκτιμούνται, όπως θα αποδειχθεί στη συνέχεια, με μια κλίμακα ακεραίων από το "1" έως το "10", για το σχηματισμό των τιμών ικανοποίησης [44][45], όπου το "1" αναφέρεται ως όχι ιδιαίτερα καλή τιμή και το "10" ως εξαιρετική τιμή. Οι τιμές ικανοποίησης εκφράζουν το επίπεδο ικανοποίησης του κάθε χρήστη (carpooler). Η κατάταξη θα μπορούσε να αφορά όλες τις διαθέσιμες παραμέτρους και χρησιμεύει ως είσοδο στο μοντέλο που βασίζεται στα Bayesian δίκτυα.



Σχήμα 11. Περιγραφή λειτουργικότητας Co-CAP

5.3 Τυπική Περιγραφή

Η ακόλουθη ενότητα παρουσιάζει λεπτομερώς τη λειτουργικότητα του Co-CAP μοντέλου. Η υποενότητα 4.3.1 περιγράφει τις εισόδους του συγκεκριμένου μοντέλου, και η υποενότητα 4.3.2 παρουσιάζει το στόχο, μέσω της εύρεσης πιθανοτήτων (απόκτηση γνώσεων) και της λήψης αποφάσεων (επιλογή οδηγού) με αλγοριθμικές διαδικασίες.

5.3.1 Είσοδοι

Το ενδιαφέρον στη συγκεκριμένη ενότητα επικεντρώνεται σε ένα μελλοντικό επιβάτη ο οποίος επιθυμεί να κάνει ένα ταξίδι. Όπως ήδη αναφέρθηκε, σε γενικές γραμμές, τα στοιχεία εισόδου για την επιλογή του βέλτιστου συνδυασμού (επιλογή οδηγού) αποτελούνται από το πλαίσιο (περιεχόμενο), το προφίλ των χρηστών και των υπηρεσιών, και τις πληροφορίες για διάφορες πολιτικές που θα εφαρμοστούν. Αυτές οι γενικές έννοιες που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε συγκεκριμένες δομές δεδομένων, λαμβάνονται υπόψη σαν είσοδο στο σύστημα και συνοψίζονται στον Πίνακα 1. Τα παραπάνω στοιχεία είναι οι υποψήφιοι οδηγοί, οι παράμετροι για τους επιβάτες, τους οδηγούς και τις υπηρεσίες, καθώς και η σημασία της κάθε παραμέτρου που υπαγορεύονται στο προφίλ των επιβατών και χρηστών.

Το σύνολο των μελλοντικών επιβατών χαρακτηρίζεται ως PP . Ο χαρακτηρισμός (συμβολισμός) P ορίζεται για την εκπροσώπηση των επιβατών, και παίρνει τιμές από 1 έως $|PP|$. Με τον ίδιο τρόπο, το σύνολο των υποψηφίων οδηγών παριστάνεται ως CD . Ο συμβολισμός D ορίζεται για την εκπροσώπηση του οδηγού, και μπορεί να πάρει τιμές από 1 έως $|CD|$.

Το σύνολο των παραμέτρων παριστάνεται με το συμβολισμό N . Κάθε παράμετρος j ($j = 1, \dots, N$) μπορεί να αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο θέμα, όπως για παράδειγμα η ηλικία, το φύλο, η ικανότητα οδήγησης του οδηγού. Τέλος, η σημασία της κάθε παραμέτρου j ($j = 1, \dots, N$), επισημαίνεται (καθορίζεται) με ένα βάρος w_j . Οι τιμές w_j μπορούν να αποτελέσουν ένα διάνυσμα των βαρών \tilde{w} .

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα κίνητρα με στόχο την επίτευξη της «γνωσιακής λειτουργίας» είναι ότι οι τιμές των παραμέτρων μπορεί να αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου και με τυχαίο τρόπο. Συνεπώς, τυχαίες μεταβλητές i και V_j ($j = 1, \dots, N$) ορίζονται για την εκπροσώπηση του οδηγού και την τιμή της j - (ισστής) παραμέτρου. Κάθε μεταβλητή V_j συνδέεται με ένα σύνολο τιμών αναφοράς $R V_{ij}$ ($i \in CD$). Η μεταβλητή V_j μπορεί να πάρει μια τιμή μεταξύ αυτών των τιμών $R V_{ij}$ όταν θεωρείται ως οδηγός ο i . Η γνώση που πρέπει να αναπτυχθεί

στηρίζεται σε δεσμευμένες πιθανότητες, οι οποίες έχουν τη μορφή $\Pr[V_j = rv_{ijk} | D = i]$, όπου το $rv_{ijk} \in RV_{ij}$ δηλώνει την k - (ισστή) τιμή αναφοράς για την j - (ισστή) παράμετρο όταν θεωρείται ως οδηγός ο i .

Για κάθε οδηγό $i \in CD$ ορίζεται ένα σύνολο X_i . Τα μέλη του συνόλου X_i απορρέουν από το Καρτεσιανό γινόμενο των RV_{ij} ($j = 1, \dots, N$) συνόλων, όπου $X_i = RV_{i1} \times RV_{i2} \times \dots \times RV_{iN}$. Επομένως, ένα μέλος \tilde{x} από τα X_i της έχει τη μορφή $\tilde{x} = (rv_{i1k_1}, \dots, rv_{iNk_N})$, όπου $rv_{ijk_j} \in RV_{ij}$ ($j = 1, \dots, N$) και k_j ($j = 1, \dots, N$) είναι ακέραιοι αριθμοί.

Συνάρτηση Πυκνότητας Πιθανότητας. Με βάση τους προηγούμενους ορισμούς, η ακόλουθη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας μπορεί να οριστεί ως εξής:

$$f(\tilde{x}, i) = \Pr[V_1 = rv_{i1k_1}, \dots, V_N = rv_{iNk_N}, D = i] = \Pr[D = i] \cdot \prod_{j=1}^N \Pr[V_j = rv_{ijk_j} | D = i] \quad (6)$$

όπου $i \in CD$, $\tilde{x} \in X_i$, $rv_{ijk_j} \in RV_{ij}$ ($j = 1, \dots, N$), και k_j ($j = 1, \dots, N$) είναι ακέραιοι αριθμοί. Οι $\Pr[D = i]$ πιθανότητες δείχνουν τον όγκο της πληροφορίας που υπάρχει για τον κάθε οδηγό i . Το άθροισμα των $\Pr[D = i]$ ποσοτήτων, σε όλους τους $i \in CD$, είναι 1. Όσο περισσότερες πληροφορίες υπάρχουν σχετικά με ένα οδηγό- i τόσο πιο αξιόπιστη είναι η γνώση, και ως εκ τούτου, τόσο μεγαλύτερες οι $f(\tilde{x}, i)$ τιμές. Σε γενικές γραμμές, οι τιμές της συνάρτησης $f(\tilde{x}, i)$ εκφράζουν συνολικά τη γνώση για το πόσο πιθανή είναι η επίτευξη της τιμής της παραμέτρου που ανφέρεται στη \tilde{x} , από ένα οδηγό i . Το άθροισμα των $f(\tilde{x}, i)$ τιμών, για $\tilde{x} \in X_i$ και $i \in CD$, είναι 1. Σε γενικές γραμμές, η τιμή $f(\tilde{x}, i)$ δείχνει την πιθανότητα για το ζεύγος τιμών (\tilde{x}, i) , σε σύγκριση με όλα τα πιθανά ζεύγη. Συνεπώς, υπάρχει μεγαλύτερη αξιοπιστία όπου συνδέεται με την επιλογή του οδηγού.

D, V_j	Random variables representing the candidate driver and the value of the j -th parameter ($j = 1, \dots, N$).
RV_{ij}	Set of reference values that can be taken by random variable V_j when driver $i \in CD$ is considered.
dif_{ij}, rv_{ijk}	Difference between the larger and the lower reference value of RV_{ij} , and k -th reference value for parameter j when driver i is considered.
$X_i = RV_{i1} \times \dots \times RV_{iN}$	Set of vectors of reference values for candidate driver i .
$f(\tilde{x}, i)$	Probability of each vector $\tilde{x} \in X_i$.
$\Pr[V_j = rv_{ijk} D = i]$	Conditional probability that parameter j can achieve the k -th reference value, given that driver i is considered.
$rv_{ij}^{coll}, cor_{ijk}, nf_{ij}$	Most recent value collected, achieved by driver i regarding parameter j , correction in the conditional probability $\Pr[V_j = rv_{ijk} D = i]$, and normalization factor.
pr_{max}	Maximum value allowed for the conditional probabilities.
OF_i	Objective function value for driver i .

Πίνακας 1. Δομές δεδομένων που περιέχονται στη λειτουργικότητα Co-CAP

5.3.2 Στόχος και λύση

Ο στόχος είναι η επιλογή του κατάλληλου οδηγού μεταξύ των CD . Για να γίνει αυτό, ο προτεινόμενος αλγόριθμος ακολουθεί δύο φάσεις, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, που είναι (i) η φάση εύρεσης πιθανοτήτων και (ii) η φάση λήψης αποφάσεων.

Φάση Εύρεσης Πιθανοτήτων: Ο στόχος αυτής της διαδικασίας είναι να προσδιορίσει τις περισσότερο πιθανές τιμές των παραμέτρων. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει οι πιθανότητες της εξίσωσης (6) που βρίσκονται στο δεξιό μέλος να ανανεώνονται. Για αυτό το σκοπό, το μοντέλο Co-CAP συλλέγει εκτιμήσεις που έχουν προκύψει για τους CD οδηγούς. Η ανανέωση των δεσμευμένων πιθανοτήτων

στη σχέση (6) θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τη διαφορά των τιμών που έχουν προκύψει από τις τιμές αναφοράς. Ας υποθέσουμε ότι η πιο πρόσφατη εκτίμηση δείχνει ότι ο οδηγός i μπορεί να επιτύχει rv_{ij}^{coll} όσον αφορά την παράμετρο j . Η τιμή dif_{ij} υποθέτουμε ότι είναι η διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής αναφοράς. Έπειτα, για κάθε τιμή αναφοράς $rv_{ijk} \in RV_{ij}$, υπάρχει ένας παράγοντας διόρθωσης:

$$cor_{ijk} = 1 - (|rv_{ijk} - rv_{ij}^{coll}| / dif_{ij}). \quad (7)$$

Για τον παράγοντα διόρθωσης ισχύει $0 \leq cor_{ijk} \leq 1$, που σημαίνει ότι αν είναι κοντά στη τιμή 1 οι τιμές που έχουν συλλεγεί και οι τιμές αναφοράς είναι κοντά, και, συνεπώς, ότι η αντίστοιχη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας θα πρέπει να ενισχυθεί ανάλογα. Το αντίστροφο συμβαίνει όταν ο παράγοντας διόρθωσης είναι κοντά στην τιμή 0.

Οι καινούριες δεσμευμένες πιθανότητες προκύπτουν από την παρακάτω σχέση:

$$\Pr[V_j = rv_{ijk} | D = i]_{new} = nf_{ij} \cdot cor_{ijk} \cdot \Pr[V_j = rv_{ijk} | D = i]_{old} \quad (8)$$

Η παράμετρος nf_{ij} είναι ένας παράγοντας που χρησιμοποιείται για την ομαλοποίηση των πιθανοτήτων και εγγυάται ότι όλες οι καινούριες πιθανότητες θα αθροίζουν στην τιμή 1. Επιπλέον, προκειμένου να εξασφαλιστεί η προσαρμοστικότητα στις νέες συνθήκες, θα πρέπει να απαγορεύεται οι δεσμευμένες πιθανότητες να υπερβαίνουν ένα ορισμένο όριο, pr_{max} . Συνοπτικά η μεθοδολογία ανανέωσης περιλαμβάνει: (i) τη συλλογή των τιμών αναφοράς των παραμέτρων (μέσω εκτιμήσεων) (ii) τον υπολογισμό των παραγόντων διόρθωσης μέσω της σχέσης (7), και των νέων πιθανοτήτων μέσω της σχέσης (8), (iii) εάν μία πιθανότητα υπερβαίνει τη τιμή pr_{max} είναι ίση με το όριο, (iv) οι καινούριοι κανονικοποιημένοι παράγοντες υπολογίζονται, αναγκάζοντας τις πιθανότητες που απομένουν να αθροίζουν στην τιμή $(1 - pr_{max})$, και οι νέες τιμές υπολογίζονται για το υπόλοιπο των πιθανοτήτων.

Φάση Λήψης Αποφάσεων – Αξιοποίηση Γνώσεων: Το σύστημα ευνοεί την επιλογή των οδηγών που έχουν μεγάλη πιθανότητα ώστε να επιτύχουν τις περισσότερο κατάλληλες τιμές για τις παραμέτρους. Για να μοντελοποιηθούν όλες αυτές οι πτυχές ορίζεται για κάθε οδηγό $i \in CD$, η τιμή μιας αντικειμενικής συνάρτησης (Objective Function - OF). Οι τιμές των αντικειμενικών συναρτήσεων OF_i , για όλους τους οδηγούς $i \in CD$, υπολογίζονται από την ακόλουθη σχέση:

$$OF_i = \sum_j \left\{ \max(\Pr[V_j = rv_{ijk} | D = i]) \right\} \cdot w_j \quad (9)$$

όπου $i \in CD$, ($j = 1, \dots, N$) και $rv_{ijk} \in RV_{ij}$ ορίζει την k -οστή τιμή αναφοράς για την j -στη παράμετρο, όταν θεωρείται ως οδηγός ο i . Ο οδηγός με την υψηλότερη τιμή αντικειμενικής

συνάρτησης θα πρέπει να επιλεγεί με βάση τη γνώση που έχει προκύψει από την προαναφερθείσα διαδικασία.

5.4 Αποτελέσματα

Η συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζει τη συμπεριφορά της προτεινόμενης λειτουργικότητας με βάση (i) τη φάση της εύρεσης πιθανοτήτων και (ii) τη φάση λήψης αποφάσεων. Τα θέματα που μελετήθηκαν περιλαμβάνουν την εξέλιξη των δεσμευμένων πιθανοτήτων, της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας και των τιμών των αντικειμενικών συναρτήσεων για τους οδηγούς.

Τα σενάρια που δημιουργήθηκαν απορρέουν από τις εισόδους της λειτουργικότητας, όπως είναι, το περιεχόμενο, τα χαρακτηριστικά των ατόμων και των υπηρεσιών, και τις πολιτικές, που παράγουν την απόδοση των διαθέσιμων οδηγών, τις τιμές των παραμέτρων και τη σημαντικότητα τους (βάρη) [26][27][28][29][30]. Στόχος τους είναι να δείξουν πόσο γρήγορα η προτεινόμενη λειτουργικότητα μπορεί να συγκλίνει σε κάποια συγκεκριμένη λύση κατά τη διάρκεια της φάσης εύρεσης πιθανοτήτων και επίσης να βρεθεί ο καλύτερος δυνατός συνδυασμός κατά τη διάρκεια της φάσης λήψης αποφάσεων.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τρία σενάρια. Το πρώτο αποτελεί το κλασικό σενάριο car pooling με στόχο τη σταδιακή ανάπτυξη γνώσης για τον εντοπισμό των πιο κατάλληλων τιμών για τις παραμέτρους και, κατά συνέπεια, την επιλογή της πλέον ενδεδειγμένης απόφασης. Το δεύτερο παρέχει στοιχεία σχετικά με τη λειτουργία του μοντέλου όταν αποδίδεται μεγάλη σημασία σε μια συγκεκριμένη παράμετρο (όπως για παράδειγμα το κόστος). Τέλος, το τρίτο σενάριο δίνει έμφαση στις επιπτώσεις της συνεχούς βελτίωσης του οδηγού (μέσω της θετικής αξιολόγησης από τους επιβάτες) για τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

5.4.1 Σενάριο 1

Το συγκεκριμένο σενάριο έχει ως στόχο να παρουσιάσει την αποτελεσματική λειτουργία του μοντέλου Co-CAP για μια συνηθισμένη περίπτωση υπηρεσίας, δηλαδή θεωρούμε την περίπτωση κατά την οποία υπάρχουν 5 παράμετροι οι οποίες αφορούν το προσωπικό προφίλ και τις υπηρεσίες, και κάθε μία παράμετρος έχει τη δική της σημασία (βαρύτητα), όπως φαίνεται στο Σχήμα 12 (α). Επιπλέον, θεωρούμε ότι υπάρχουν 4 τιμές αναφοράς όπως φαίνεται και στο Σχήμα 12 (α). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, σε γενικές γραμμές, ένα «πυκνότερο δίκτυο» των τιμών αναφοράς μπορεί να ευνοήσει τα αποτελέσματα. Επιπλέον, η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών τιμών αναφοράς δεν πρέπει να είναι η ίδια. Αρχικά, οι δεσμευμένες πιθανότητες ($\Pr[V_j = rv_{ijk} | D = i]$), $j = 1 \dots 5$, είναι ομοιόμορφα κατανομημένες, δηλαδή κάθε μία από αυτές είναι ίση με 0,25 για τις 4 τιμές αναφοράς της κάθε παραμέτρου, ώστε να μην υπάρχει προηγούμενη γνώση για το μοντέλο.

Επιπλέον, οι 3 οδηγοί υποτίθεται ότι αποτελούν μια μορφή των οδηγών του μοντέλου car pooling με $Pr[D=i]=0,33, i=1...3$, (για την εξασφάλιση ότι και πάλι δεν υπάρχει διαθέσιμη πρότερη γνώση). Το Σχήμα 12 (β) δείχνει τις τιμές των παραμέτρων που συλλέγονται μέσα από τη διαδικασία εκτίμησης (αξιολόγησης), για τους 3 οδηγούς. Οι τιμές αυτές έχουν υπολογιστεί από την πρόσθεση όλων των τιμών και τη διαίρεση αυτών με τον αριθμό των εκτιμήσεων.

Parameters	Reference values				Weight
	1	4	7	10	
Driving skills	1	4	7	10	$W_{drivingskills} = 0,2$
Safety	1	4	7	10	$W_{safety} = 0,2$
Primary roads usage	1	4	7	10	$W_{primaryroads} = 0,1$
Itinerary cost	1	4	7	10	$W_{cost} = 0,3$
Social behavior	1	4	7	10	$W_{socialbehavior} = 0,2$

(α)

Parameters	$D = 1$	$D = 2$	$D = 3$
Driving skills	8	7	9
Safety	8	6	7
Primary roads usage	8	9	7
Itinerary cost	6	7	5
Social behavior	5	6	4

(β)

Σχήμα 12. Σενάριο 1 – (α) παράμετροι και αντίστοιχα βάρη, (β) τιμές παραμέτρων που συλλέγησαν μέσω της διαδικασίας αξιολόγησης, για τους 3 οδηγούς

Φάση 1: Εύρεση Πιθανοτήτων

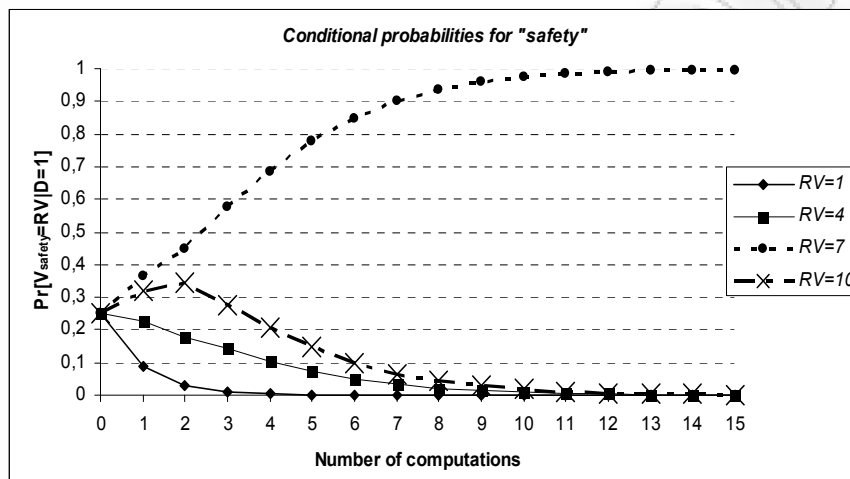
Η συγκεκριμένη ενότητα μελετά την εξέλιξη των δεσμευμένων πιθανοτήτων που δείχνουν τις τιμές που μπορούν να επιτευχθούν από μία παράμετρο, καθώς και τις τιμές της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας, που δείχνουν το επίπεδο των γνώσεων που υπάρχουν στην υπάρχουσα λειτουργικότητα. Όπως έχει ειπωθεί οι δεσμευμένες πιθανότητες και η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας αποτελούν τη βάση, με την οποία μπορεί να αποκτηθεί η γνώση.

Ο αλγόριθμος εφαρμόζεται σε 15 σειρές επαναλήψεων (υπολογισμοί). Με τη χρήση της σχέσης (7), υπολογίζονται οι παράγοντες διόρθωσης. Στη συνέχεια, με τη χρήση της σχέσης (8), υπολογίζονται οι καινούριες δεσμευμένες πιθανότητες.

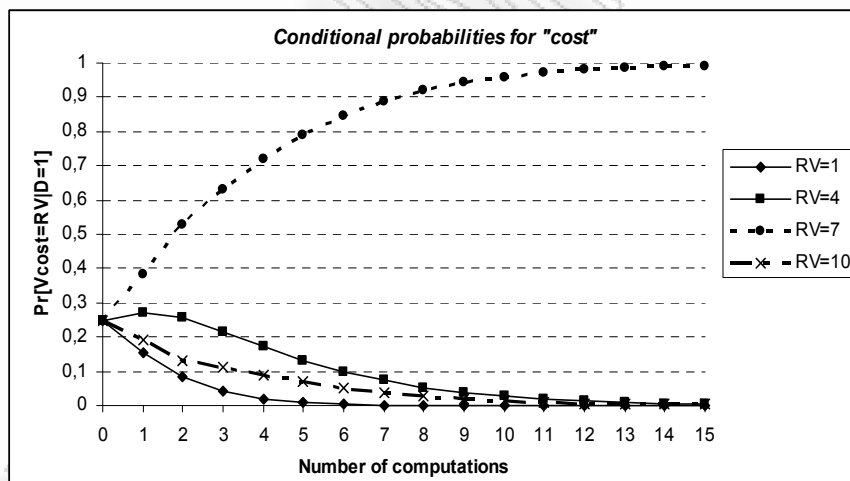
Στο Σχήμα 13 (α) - (γ) απεικονίζεται η κατανομή των δεσμευμένων πιθανοτήτων ενδεικτικά για τον πρώτο οδηγό ($D = 1$) και τρεις παραμέτρους, που είναι η ασφάλεια, το κόστος και η ικανότητα οδήγησης, αντίστοιχα. Σε κάθε διάγραμμα του σχήματος 13, κατά το αρχικό σημείο (μέτρηση στο σημείο μηδέν) δεν υπάρχει γνώση σε ότι αφορά τη λειτουργικότητα. Η εικόνα παρουσιάζει ότι το σύστημα Co-CAP μαθαίνει εύκολα τις δυνατότητες της κάθε παραμέτρου (για να επιτευχθεί μια συγκεκριμένη τιμή, για παράδειγμα κοντά στο 7), και να συγκλίνει στις συνθήκες που προβλέπονται από τις εκτιμήσεις (αξιολογήσεις). Οι παρατηρήσεις αυτές υποστηρίζονται και από τις εκτιμήσεις που έχουν γίνει, για παράδειγμα σχετικά με την παράμετρο «ασφάλεια» η δεσμευμένη πιθανότητα $\Pr[V_{safety} = 7 | D = 1]$, αμέσως γίνεται σημαντική, και πολύ σύντομα φθάνει σε επίπεδα που πλησιάζουν τα όσο γίνεται πιο υψηλά. Όπως αναμενόταν στη συγκεκριμένη περίπτωση από την αρχή υπάρχουν υψηλές τιμές για την πιθανότητα $\Pr[V_{safety} = 10 | D = 1]$, μια μικρή μείωση για την πιθανότητα $\Pr[V_{safety} = 4 | D = 1]$, και μια σοβαρή υποβάθμιση για την πιθανότητα $\Pr[V_{safety} = 1 | D = 1]$. Δεδομένου ότι το σχέδιο εφαρμόζεται περαιτέρω, και δεδομένου ότι οι τιμές των παραμέτρων που συλλέγονται μέσω εκτιμήσεων (όπως φαίνεται και στο Σχήμα 12 (β)) δεν αλλάζουν, η πιθανότερη τιμή πραγματικά ενισχύεται περαιτέρω. Οι αλλαγές στις δεσμευμένες πιθανότητες έχουν ως επακόλουθο ότι οι τιμές της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας στη σχέση (6), και ως εκ τούτου η γνώση όσον αφορά τις ικανότητες των οδηγών (με τον όρο να επιτευχθούν ορισμένες τιμές παραμέτρων) επίσης θα αλλάζει. Οι τιμές της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας για τους 3 οδηγούς, δηλαδή $f(\tilde{x}, i), i \in CD$, εμφανίζονται στο

Σχήμα 14 (α). Μπορεί να παρατηρηθεί ότι η σταδιακή απόκτηση της γνώσης είναι πιο εύκολη στην περίπτωση του πρώτου οδηγού, δεδομένου ότι γίνεται σπουδαία μετά από λίγους μόνο υπολογισμούς (5-6). Σε αντίθεση με αυτό, η απόκτηση της γνώσης στην περίπτωση του τρίτου οδηγού είναι πιο δύσκολη, δεδομένου ότι υπάρχει σημαντική καθυστέρηση όσον αφορά την

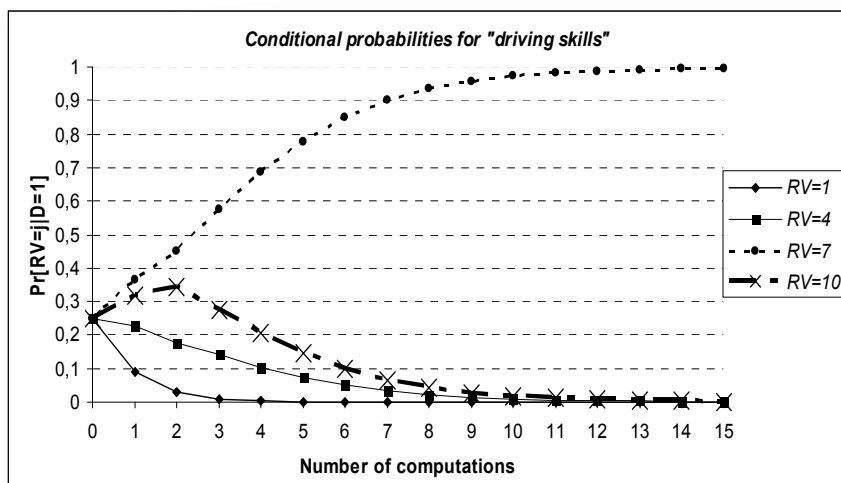
αύξηση. Ο δεύτερος οδηγός βρίσκεται κάπου μεταξύ της πρώτης περίπτωσης και της τρίτης. Σε γενικές γραμμές, η αξιοπιστία των αποφάσεων που πρέπει να λαμβάνονται αυξάνει μόνο μέσα σε λίγους υπολογισμούς (βήματα), δηλαδή απαιτείται μικρή υπολογιστική προσπάθεια για την απόκτηση γνώσεων.



(α)

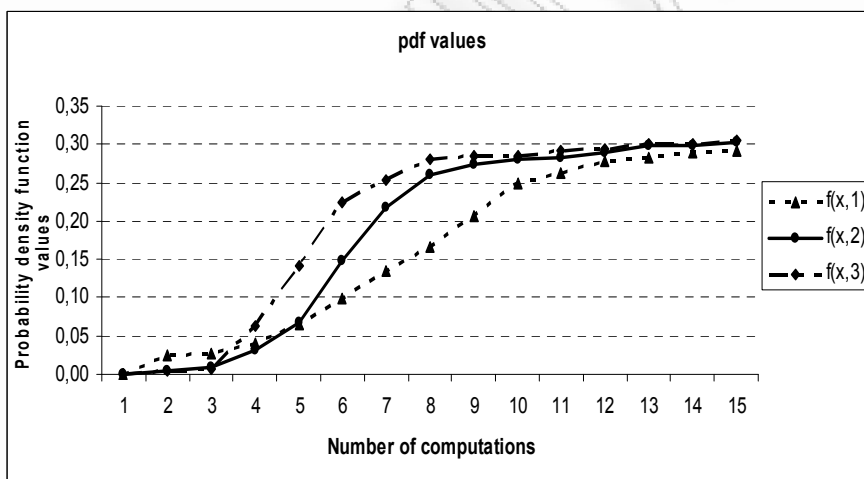


(β)

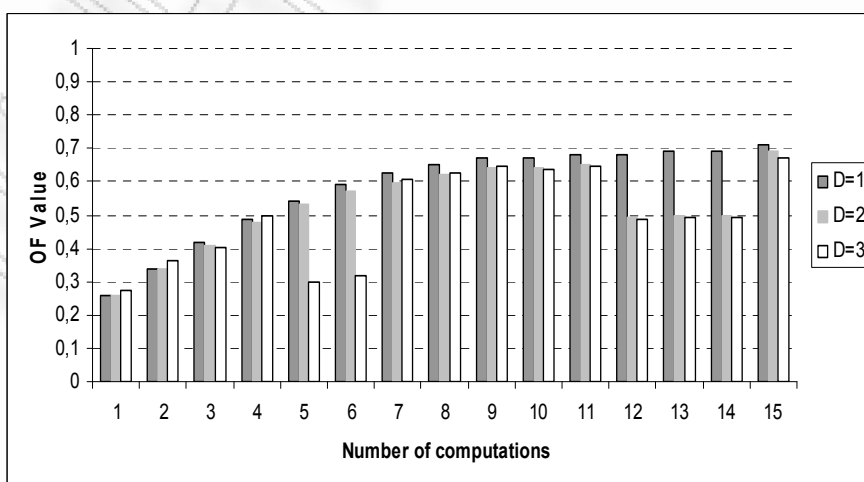


(γ)

Σχήμα 13. Σενάριο 1 – (α) δεσμευμένες πιθανότητες για την παράμετρο “safety”, (β) δεσμευμένες πιθανότητες για την παράμετρο “cost”, (γ) δεσμευμένες πιθανότητες για την παράμετρο “driving skills”



(α)



(β)

Σχήμα 14. Σενάριο 1 - (α) τιμές συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας για τους 3 οδηγούς ($f(\tilde{x}, i)$), (β) OF τιμές των 3 οδηγών

Φάση 2: Λήψη Αποφάσεων

Η φάση εύρεσης πιθανοτήτων καταλήγει στο συμπέρασμα ότι ο βαθμός αξιοπιστίας είναι μεγαλύτερος όταν πρόκειται για τον πρώτο οδηγό. Πράγματι, η λειτουργικότητα "ψηφίζει" τον πρώτο οδηγό, και όταν πρόκειται για τη φάση λήψης αποφάσεων. Οι τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης για κάθε οδηγό υπολογίζονται με χρήση της σχέσης (9) και εμφανίζονται στο Σχήμα 14 (β). Η λειτουργικότητα αποφασίζει την επιλογή του πρώτου οδηγού ως τον πλέον κατάλληλο, λαμβάνοντας υπόψη το γενικό πλαίσιο, τα προσωπικά προφίλ και τις υπηρεσίες, καθώς και τις πολιτικές των πληροφοριών.

Στην πραγματικότητα, ο πρώτος οδηγός γίνεται ο πιο κατάλληλος μετά από 5 υπολογιστικά βήματα. Αυτό είναι ιδιαίτερα επιθυμητό, δεδομένου ότι μπορεί να αντιληφθούν οι βελτιώσεις που αφορούν την ενδεχόμενη συμπεριφορά του οδηγού (που θα συζητηθεί στο τρίτο σενάριο), οι οποίες είναι μόνο χρονικές. Εάν αυτές οι βελτιώσεις γίνουν αποδεκτές, τότε αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε συχνές αλλαγές, και πιθανές ταλαντώσεις, στους επιλεγμένους οδηγούς. Ο αριθμός των βημάτων δεν είναι μεγάλος, και ως εκ τούτου, η γρήγορη προσαρμογή τους είναι πιθανή.

5.4.2 Σενάριο 2

Ο στόχος του συγκεκριμένου σεναρίου είναι να αποδειχθεί η απόδοση του Co-CAP μοντέλου στην περίπτωση κατά την οποία οι τιμές του υποψήφιου επιβάτη είναι εξαιρετικά υψηλές για μια συγκεκριμένη παράμετρο (στην περίπτωση μας, το κόστος). Το σύνολο των παραμέτρων (ίδιο με του πρώτου σεναρίου), οι τιμές αναφοράς τους και τα αντίστοιχα βάρη τους εμφανίζονται στο Σχήμα 15 (α). Ομοίως, οι τιμές που αντιστοιχούν στις παραμέτρους και συλλέγονται μέσω της διαδικασίας εκτίμησης, για τους 3 οδηγούς, εμφανίζονται στο Σχήμα 15 (β).

Parameters	Reference values				Weight
Driving skills	1	4	7	10	$W_{drivingskills} = 0,2$
Safety	1	4	7	10	$W_{safety} = 0,07$
Primary roads usage	1	4	7	10	$W_{primaryroads} = 0,03$
Itinerary cost	1	4	7	10	$W_{cost} = 0,6$
Social behavior	1	4	7	10	$W_{socialbehavior} = 0,1$

(a)

Parameters	$D = 1$	$D = 2$	$D = 3$
Driving skills	9	8	6
Safety	7	9	7
Primary roads usage	7	8	5
Itinerary cost	6	7	9
Social behavior	5	6	7

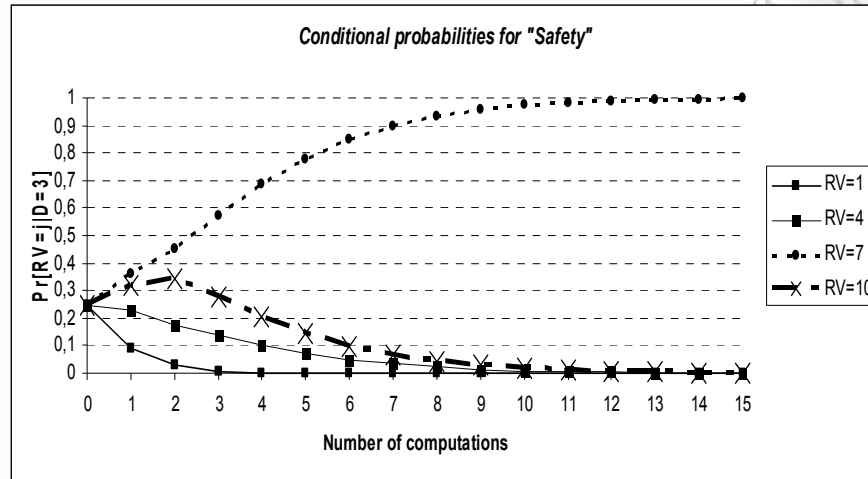
(β)

Σχήμα 15. Σενάριο 2 – (α) παράμετροι και αντίστοιχα βάρη, (β) τιμές παραμέτρων που συλλέγησαν μέσω της διαδικασίας αξιολόγησης, για τους 3 οδηγούς

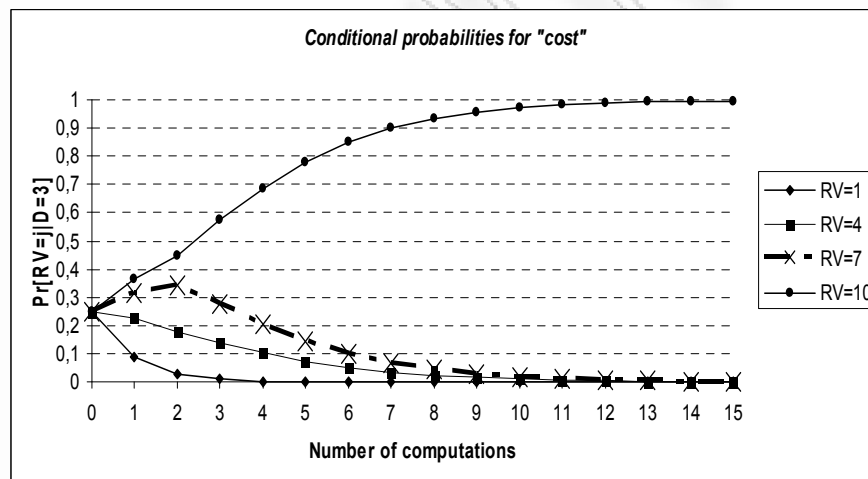
Φάση 1: Εύρεση Πιθανοτήτων

Ο αλγόριθμος εφαρμόζεται και πάλι σε 15 σειρές υπολογισμών. Στο Σχήμα 16 (α) - (γ) απεικονίζεται η κατανομή των δεσμευμένων πιθανοτήτων ενδεικτικά για το τρίτο οδηγό ($D = 3$) και για τις 3 ίδιες παραμέτρους, δηλαδή την ασφάλεια, το κόστος και την ικανότητα οδήγησης, αντίστοιχα. Στο συγκεκριμένο σχήμα φαίνεται ότι το Co-CAP μοντέλο μαθαίνει γρήγορα τις δυνατότητες της παραμέτρου (για να επιτευχθεί μια συγκεκριμένη τιμή, δηλαδή κοντά στο 10, όταν πρόκειται για το κόστος), και συγκλίνει με βάση τις συνθήκες που προβλέπονται από τις εκτιμήσεις. Λαμβάνοντας υπόψη την παράμετρο «κόστος» η οποία μας ενδιαφέρει σε αυτό το σενάριο, η δεσμευμένη πιθανότητα $\Pr[V_{\text{cost}} = 10 | D = 3]$ γίνεται αμέσως η επικρατούσα, σε αντίθεση με τις πιθανότητες $\Pr[V_{\text{cost}} = 1 | D = 3]$ και $\Pr[V_{\text{cost}} = 4 | D = 3]$, οι οποίες υποβαθμίζονται λόγω του ότι οι τιμές που έχουν συλλεγεί από τις εκτιμήσεις είναι πολύ υψηλότερες. Και πάλι, η κυρίαρχη πιθανότητα

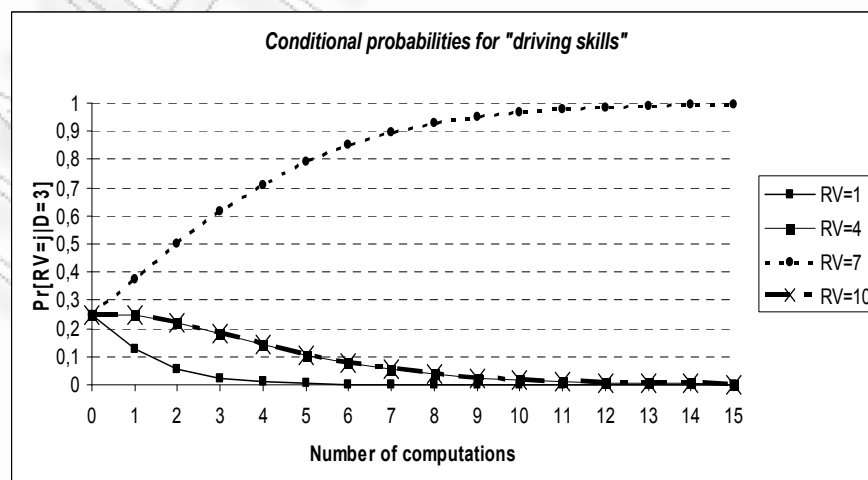
$\Pr[V_{\text{cost}} = 10 | D = 3]$ ενισχύεται από την αρχή και δεν επηρεάζεται σημαντικά μετά από ένα ορισμένο αριθμό υπολογισμών.



(α)



(β)



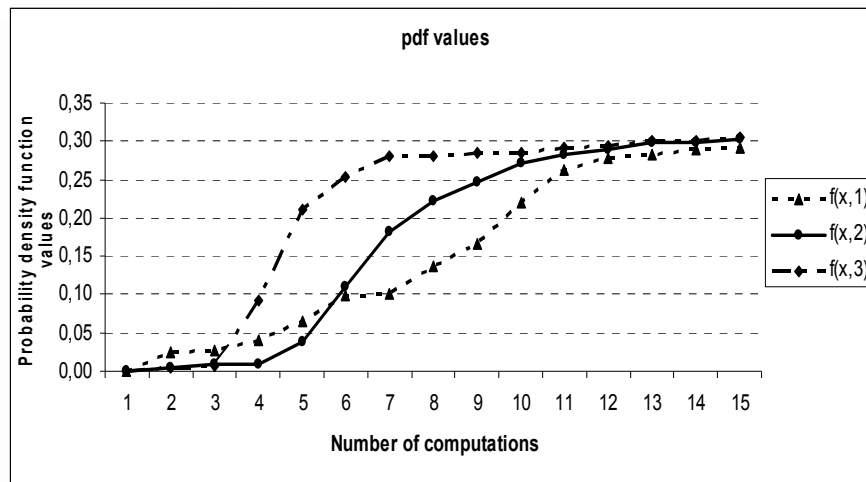
(γ)

Σχήμα 16. Σενάριο 2 - (α) δεσμευμένες πιθανότητες για την παράμετρο "safety", (β) δεσμευμένες πιθανότητες για την παράμετρο "cost", (γ) δεσμευμένες πιθανότητες για την παράμετρο "driving skills"

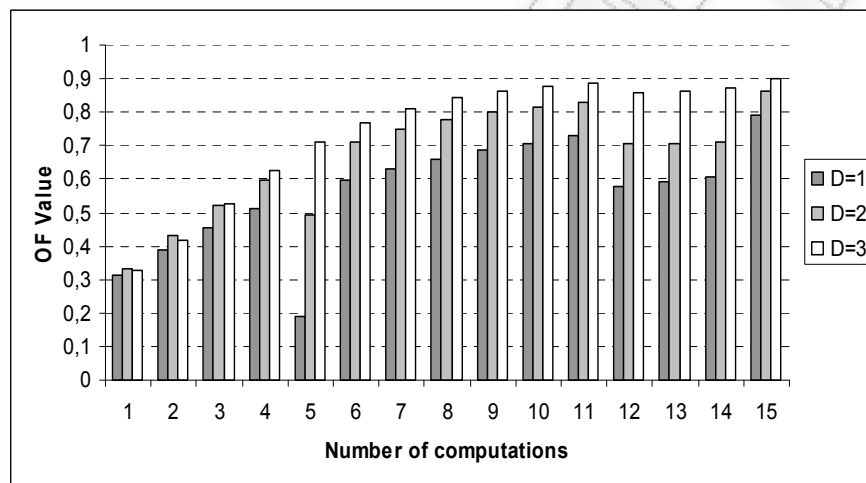
Επιπλέον, το Σχήμα 17 (α) απεικονίζει τις τιμές της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας για τους τρεις οδηγούς ($f(\tilde{x}, i), i \in CD$). Το επίπεδο των γνώσεων που έχουν αποκτήθει για τους τρεις οδηγούς τελικά είναι σχεδόν εξίσου υψηλό. Ωστόσο, η γνώση αποκτήθηκε πιο γρήγορα στην περίπτωση του τρίτου οδηγού, δεδομένου ότι γίνεται σημαντική μόνο μετά από 4 υπολογισμούς, απεικονίζοντας τις τιμές που έχουν εκτιμηθεί κοντά στις τιμές αναφοράς. Σε γενικές γραμμές, και πάλι, η λειτουργία του παρουσιάζει υψηλές επιδόσεις, δεδομένου ότι απαιτείται μόνο μικρή υπολογιστική προσπάθεια για την απόκτηση γνώσεων.

Φάση Λήψης Αποφάσεων

Ο στόχος της λειτουργικότητας του Co-CAP μοντέλου είναι να επιλέξει τον πλέον κατάλληλο οδηγό, λαμβάνοντας υπόψη τις προτιμήσεις των επιβατών (βάρη που αντιστοιχούν στις παραμέτρους). Το Σχήμα 17 (β) απεικονίζει τις τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης για τους τρεις οδηγούς. Παρά το γεγονός ότι ο τρίτος οδηγός δεν λαμβάνει τους υψηλότερους βαθμούς αξιολόγησης (όπως απεικονίζονται στο **Error! Reference source not found.** (β), ο τρίτος οδηγός είναι ο μόνο δεύτερος στη συνολική κατάταξη), και είναι εκείνος ο οποίος επιλέγεται. Στην πραγματικότητα, οι τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης για το συγκεκριμένο οδηγό του παρόντος γίνονται σημαντικά υψηλές μετά από λίγους μόνο υπολογισμούς. Αυτό δείχνει την ικανότητα της λειτουργικότητας του μοντέλου να εξετάζει αποτελεσματικά τις πολιτικές (προτιμήσεις που απεικονίζονται σε βάρη), δεδομένου ότι η σημασία που αποδίδεται στο κόστος της συνολικής διαδρομής είναι πολύ υψηλή και ο τρίτος οδηγός φαίνεται να είναι οικονομικά ο πλέον αποδοτικός από όλους και συνεπώς επιλέγεται εκείνος.



(α)



(β)

Σχήμα 17. Σενάριο 2 - (α) τιμές συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας για τους 3 οδηγούς ($f(\tilde{x}, i)$), (β) OF τιμές των 3 οδηγών

5.4.3 Σενάριο 3

Το τελευταίο σενάριο στοχεύει στη δοκιμή της ανταπόκρισης της λειτουργικότητας του μοντέλου σε μια κατάσταση η οποία αλλάζει, δηλαδή υποθέτει ότι ο δεύτερος οδηγός βελτιώνει την συμπεριφορά του. Θεωρείται ότι τα βάρη των παραμέτρων είναι ίσα με εκείνα του πρώτου σεναρίου (απεικονίζονται στο Σχήμα 12 (α)). Οι βαθμοί εκτίμησης που δείχνουν τη σταδιακή βελτίωση του δεύτερου οδηγού σχετικά με την παράμετρο της «ικανότητας οδήγησης» παρουσιάζονται στο Σχήμα 18. Υποτίθεται ότι οι 15 υπολογισμοί χωρίζονται σε 3 φάσεις (κάθε μία διαρκεί για 5 υπολογισμούς). Ο δεύτερος οδηγός παρουσιάζει την καλύτερη απόδοση σε κάθε επόμενη φάση, όταν πρόκειται για την παράμετρο «ικανότητα οδήγησης».

Parameters	<i>D</i> = 1			<i>D</i> = 2			<i>D</i> = 3		
	1 st	2 nd	3 rd	1 st	2 nd	3 rd	1 st	2 nd	3 rd
<i>Driving skills</i>	8	8	8	6	8	9	9	9	9
<i>Safety</i>	8	8	8	7	7	7	7	7	7
<i>Primary roads usage</i>	8	8	8	5	5	5	7	7	7
<i>Itinerary cost</i>	6	6	6	8	8	8	5	5	5
<i>Social behavior</i>	5	5	5	8	8	8	4	4	4

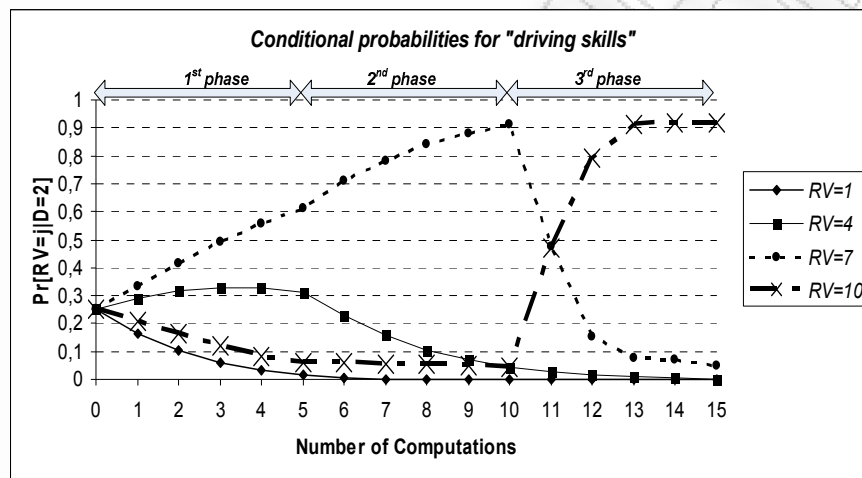
Σχήμα 18. Σενάριο 3 - τιμές παραμέτρων που συλλέγησαν μέσω της διαδικασίας αξιολόγησης, για τους 3 οδηγούς, χωρισμένες σε τρεις φάσεις, ονομαστικά (1^η, 2^η, και 3^η)

Φάση 1: Εύρεση Πιθανοτήτων

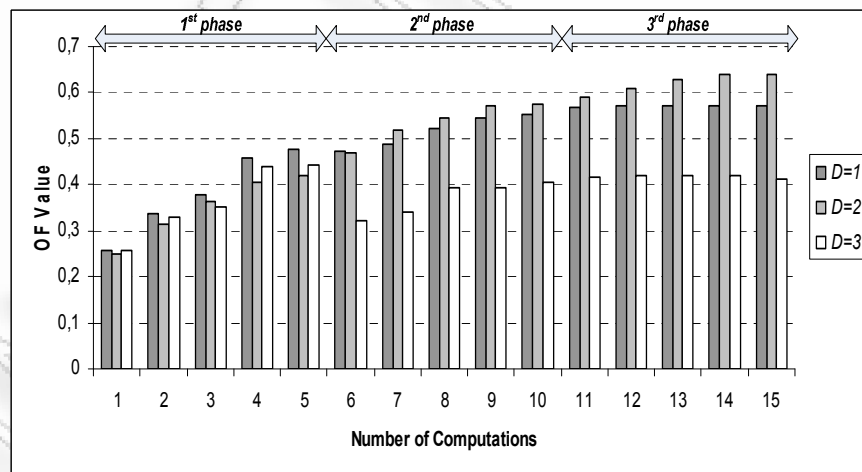
Το Σχήμα 19 (α) απεικονίζει τις δεσμευμένες πιθανότητες για την παράμετρο «ικανότητα οδήγησης», που αναμένεται να επιτευχθούν από το δεύτερο οδηγό, στις 3 φάσεις. Στην πρώτη φάση (η οποία διαρκεί για 5 υπολογισμούς), φαίνεται να κυριαρχεί από όλες η δεσμευμένη πιθανότητα $\Pr[V_{drivingskills} = 7 | D = 2]$. Στη συνέχεια, κατά τη δεύτερη φάση (η οποία διαρκεί για τους υπολογισμούς 6-10), και πάλι η πιθανότητα $\Pr[V_{drivingskills} = 7 | D = 2]$ είναι η υψηλότερη από όλες. Ωστόσο, παρατηρείται μια μικρή αύξηση στην τιμή της πιθανότητας $\Pr[V_{drivingskills} = 10 | D = 2]$, με μια παράλληλη μείωση για τις υπόλοιπες πιθανότητες. Τέλος, στην τρίτη φάση (η οποία διαρκεί για τους υπολογισμούς 11-15), η πιο πιθανή τιμή αναφοράς που πρέπει να επιτευχθεί είναι η τιμή 10, οπότε η πιθανότητα $\Pr[V_{drivingskills} = 10 | D = 2]$ γίνεται σταδιακά η κυρίαρχη από όλες τις υπάρχουσες πιθανότητες. Υπάρχει, φυσικά, ένα σημείο (στον υπολογισμό 11) όπου μπορεί να ληφθεί μια λανθασμένη απόφαση. Ωστόσο, η λειτουργικότητα γρήγορα «ανακάμπτει» και επομένως ο μικρός χρόνος που καταναλώνεται για την ανάπτυξη της γνώσης είναι μια επιθυμητή ιδιότητα. Αυτός είναι

και ο χρόνος που απαιτείται για να αυξηθούν τα επίπεδα αξιοπιστίας όσον αφορά τις νέες δυνατότητες του δεύτερου οδηγού, σχετικά με την επίτευξη ενός ικανοποιητικού επιπέδου για την παράμετρο «ικανότητα οδήγησης».

Σε αυτό το χρονικό διάστημα ο οδηγός εμφανίζει μια «καλή» συμπεριφορά. Στην περίπτωση που η συμπεριφορά είναι ασταθής, η βελτίωση θα πρέπει να θεωρείται προσωρινή. Οι διάφορες δεσμευμένες πιθανότητες θα είναι σε χαμηλά επίπεδα, οπότε δεν θα δείχνουν ένα σαφές πλεονέκτημα για κάθε οδηγό. Ωστόσο σε κάθε περίπτωση, ο χρόνος που απαιτείται για την ανάπτυξη της γνώσης δεν είναι μεγάλος, οπότε υπάρχει δυνατότητα ταχείας προσαρμογής.



(α)



(β)

Σχήμα 19. Σενάριο 3 – (α) δεσμευμένες πιθανότητες για την παράμετρο "driving skills" of the 2nd driver, (β) OF τιμές των 3 οδηγών

Φάση 2: Λήψη Αποφάσεων

Οι τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης για το 2^ο οδηγό φτάνουν τις υψηλότερες δυνατές μετά από περίπου δώδεκα βήματα κατά μέσο όρο. Όταν είναι δυνατόν, ο 2^{ος} οδηγός γίνεται ο πλέον κατάλληλος σε έξι βήματα κατά μέσο όρο. Σε γενικές γραμμές, για την απόκτηση της γνώσης απαιτείται μια υπολογιστική προσπάθεια. Αυτό είναι ιδιαίτερα επιθυμητό, καθώς ότι μπορεί να τσεκάρει (ανιχνεύσει) τις βελτιώσεις στην συμπεριφορά του οδηγού, ακόμα και σε μη μόνιμη βάση. Ο αριθμός των βημάτων δεν είναι μεγάλος, και ως εκ τούτου, είναι δυνατόν να γίνονται γρήγορες προσαρμογές. Θα πρέπει να σημειωθεί επίσης, ότι η λειτουργικότητα δοκιμάζεται σε δύσκολες καταστάσεις, δεδομένου ότι ο 2^{ος} οδηγός γίνεται καλύτερος σε ένα μόνο χαρακτηριστικό (παράμετρος ικανότητας οδήγησης). Ο χρόνος που απαιτείται θα μπορούσε να είναι μικρότερος εάν υπήρχε υπεροχή σε περισσότερα χαρακτηριστικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική είχε ως στόχο τη μελέτη του ασύρματου κόσμου επικοινωνιών και την εφαρμογή αυτών στις εφαρμογές και στα συστήματα διαχείρισης μεταφορών καθώς και τη περιγραφή του συστήματος "Cognitive Car Pooling Management Functionality" (Co-Cap). Βάση αυτών, παρουσιάστηκαν αρχικά οι σημερινές και μελλοντικές τάσεις στον κόσμο των ασύρματων επικοινωνιών, με έμφαση στο όραμα B3G και στο πώς ο κόσμος των ασυρμάτων επικοινωνιών θα κατορθώσει την πραγμάτωσή του. Ως εκ τούτου, αναλύθηκαν οι έννοιες των δικτύων επικοινωνιών με δυνατότητα δυναμικής αναδιάρθρωσης (reconfigurable networks), όπως και η έννοια της επίγνωσης (cognition) που καθοδηγεί τη συμπεριφορά ενός δικτύου, με στόχο την εκ των προτέρων γνώση του βέλτιστου τρόπου που συνιστάται για την προσαρμογή του στις ανάγκες του περιβάλλοντος. Τα γνωσιακά ασύρματα δίκτυα εφαρμόζονται αρκετά στον τομέα της διαχείρισης μεταφορών, δημιουργώντας έτσι κίνητρα για την ανάπτυξη ευφυή συστημάτων μεταφορών με στόχο την αύξηση της αποτελεσματικότητας των μεταφορών. Η δημιουργία τέτοιων συστημάτων βασίζονται στην έννοια «της συγκέντρωσης αυτοκινήτων» (car pooling), δηλαδή στη κοινή χρήση ενός οχήματος προς ένα κοινό προορισμό, με βάση πρότερες συμφωνίες και παρελθούσα γνώση. Η προϋπάρχουσα γνώση παράγεται μέσω της χρήσης των Bayesian δικτύων. Τα Bayesian δίκτυα αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο για την εύρεση και δημιουργία του προφίλ κάποιου χρήστη που είναι απαραίτητο ώστε το σύστημα να μπορεί να ανταποκριθεί με το καλύτερο δυνατό τρόπο στις απαιτήσεις του χρήστη. Το σύστημα Co-Cap στηρίζεται στη χρήση των Bayesian δικτύων αφού επιλέγει τους συνδυασμούς που υπόσχονται (με πιθανολογικό τρόπο) την ικανοποίηση των προτιμήσεων των οδηγών και των επιβατών (αποδίδοντας ορισμένα βάρη στις παραμέτρους), λαμβάνοντας υπόψη προηγούμενη γνώση. Τέλος, μέσα από την ανάλυση του συστήματος και τη μαθηματική του υλοποίηση προκύπτουν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε με στόχο την παρουσίαση της αποτελεσματικής λειτουργίας του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Wireless World Research Forum (WWRF), www.wireless-world-research.org, 2009
- [2] Project End-to-End Efficiency (E3), www.ict-e3.eu, 7th Framework Programme (FP7) of the European Commission, Information and Communication Technologies (ICT), 2009
- [3] Third (3rd) Generation Partnership Project (3GPP), Web site, www.3gpp.org, 2009
- [4] Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 802 standards, www.ieee802.org, 2009
- [5] WiMAX Forum, <http://www.wimaxforum.org>, 2009
- [6] S. Haykin, "Cognitive radio: brain-empowered wireless communications", IEEE Journal on Selected Areas In Communications, Vol. 23, No. 2, pp. 201-220, Feb. 2005
- [7] R. Thomas, D. Friend, L. DaSilva, A. McKenzie, "Cognitive drivers: adaptation and learning to achieve end-to-end performance objectives", IEEE Communications Magazine, Vol. 44, No. 12, pp. 51-57, Dec. 2006
- [8] F. Jondral, "Cognitive radio: a communications engineering view", Special Issue in IEEE Wireless Communications Magazine, Vol. 14, No. 4, pp. 28-33, August 2007
- [9] Darm - Division of Resources Management. Carpooling and You. Public domain document, Florida, U.S., January 2005. Available online:
<http://www.dep.state.fl.us/Air/publications/airpubs/carpool.pdf>
- [10] Giuliano G, Douglas W, Levine D.W and Teal R.F. Impact of high occupancy vehicle lanes on carpooling behavior. Transportation 17 (2), pp. 159-177, 1990.
- [11] Poole R W Jr and Balaker T. Virtual Exclusive Busways: Improving Urban Transit While Relieving Congestion. Policy Study 337, Reason Foundation, September 2005.
- [12] Steger-Vonmetz DI C. Improving modal choice and transport efficiency with the virtual ridesharing agency. Proceedings of the 8th International, IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Vienna, Austria, September 13-16, 2005.
- [13] Teal RF. Carpooling: who, how and why. Transportation Research, Part A: General, 21 A (3), pp. 203-214, 1987.
- [14] Dey A and Abowd G. Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. Technical Report GIT-GVU-99-22, Georgia Institute of Technology, College of Computing, 3, 5, 1999.
- [15] Kephart J and Chess D. The vision of autonomic computing. IEEE Computer, Vol. 36, No.1, pp. 41-50, January 2003.
- [16] Thomas R, Friend D, DaSilva L and McKenzie A. Cognitive drivers: adaptation and learning to achieve end-to-end performance objectives. IEEE Commun. Mag., Vol. 44, No. 12, December 2006.

- [17] Wang, F.-Y.; Herget, C.; Zeng, D., Guest Editorial "Developing and Improving Transportation Systems: The Structure and Operation of IEEE Intelligent Transportation Systems Society", *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, Volume 6, Issue 3, Sept. 2005 Page(s):261 – 264.
- [18] Figueiredo, L.; Jesus, I.; Machado, J.A.T.; Ferreira, J.R.; Martins de Carvalho, J.L., "Towards the development of intelligent transportation systems", *Intelligent Transportation Systems, 2001. Proceedings. 2001 IEEE*, 25-29 Aug. 2001 Page(s):1206 – 1211
- [19] Burris M W and Winn J R. Slugging in Houston: Casual Carpool Passenger Characteristics. *Transportation Research Board 85th Annual Meeting*, 2006.
- [20] Carpoolconnect Website. <http://carpoolconnect.com/carpool> (Accessed May 2009).
- [21] Erideshare Website. <http://www.erideshare.com/> (Accessed May 2009).
- [22] Dailey DJ, Loseff D, Meyers D. Seattle smart traveler: dynamic ridematching on the World Wide Web. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 7, Number 1, pp. 17-32(16), Elsevier, 1999.
- [23] Calvo RW, de Luigi F, Haastrup P and Maniezzo V. A distributed geographic information system for the daily car pooling problem *Computers & Operations Research*, Volume 31, Issue 13, November 2004, pp. 2263-2278. 2004.
- [24] Morse J, Palay J, Luon Y, Nainwal S. CarLoop: leveraging common ground to develop long-term carpools. *Conference on Human Factors in Computing Systems archive. CHI '07 extended abstracts on Human factors in computing systems table of contents*, San Jose, CA, USA,. pp. 2073 – 2078, 2007.
- [25] Icaro, 1999. *Universitaet fuer Bodenkultur - Institute for Transport Studies, ICARO Increase Of CAR Occupancy through innovative measures and technical instruments, Final Report, Availability P*, Vienna, Project Funded by the European Commission under the Transport RTD Programme of the 4th Framework Programme, November 1999.
- [26] Car-Pool UK Website. <http://www.car-pool.co.uk/hilfe.php?landnr=GB&partner=&abfrg=2&thema=8&> (Accessed May 2009).
- [27] Carpooling Website. <http://www.carpooling.gr/> (Accessed May 2009).
- [28] Carpooltool Website. <http://www.carpooltool.com/en/my/tips.php> (Accessed May 2009).
- [29] Liftpool DE Website. <http://www.liftpool.de> (Accessed May 2009).
- [30] Liftpool UK Website. <http://www.liftpool.co.uk/> (Accessed May 2009).
- [31] Nationalcarshare Website. <http://www.nationalcarshare.co.uk/> (Accessed May 2009).

- [32] Y. Kritikou, G. Dimitrakopoulos, E. Dimitrellou and P. Demestichas. "A Management Scheme for Improving Transportation Efficiency and Contributing to the Enhancement of the Social Fabric", Elsevier Telematics and Informatics Journal, to appear.
- [33] R. E. Neapolitan, "Learning Bayesian drivers", Prentice Hall (series in artificial intelligence), 2002
- [34] P. Domingos, M. Pazzani, "On the optimality of the simple Bayesian classifier under zero-one loss", Machine Learning, Vol. 29, pp. 103–130, 1997
- [35] N. Friedman, D. Geiger, M. Goldszmidt,. "Bayesian Driver classifiers", Machine Learning, Vol. 29, pp. 131–163, 1997
- [36] I. Rish, "An empirical study of the Naive Bayes classifier", In Proceedings of International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI 2001)m Workshop on Empirical Methods in Artificial Intelligence, Seattle, Washington, Aug. 2001
- [37] A. Koutsorodi, E. Adamopoulou, K. Demestichas, M. Theologou, "Terminal Management and Intelligent Access Selection in Heterogeneous Environments", MONET 11(6): 861-871 (2006)
- [38] A. Koutsorodi , E. Adamopoulou, K. Demestichas, and M. Theologou, "Service configuration and user profiling in 4G terminals", Wireless Personal Communications, Springer netherlands, ISSN: 0929-6212 (Print) 1572-834X (Online), May 2007
- [39] American Automobile Association Website.
<http://www.aaanewsroom.net/main/Default.asp?CategoryID=5> (Accessed May 2009).
- [40] Municipality of Anchorage, Alaska Website. <http://www.muni.org/transit1/tips.cfm> (Accessed May 2009).
- [41] Queensland Government Website.
http://www.transport.qld.gov.au/Home/General_information/Travelsmart/How_to_travelsmart/Car_pooling/ (Accessed May 2009).
- [42] University of Maine Website. <http://www.umaine.edu/parking/carpooling%20R&R.html> (Accessed May 2009).
- [43] Watch HA EU. Internet - based Car Pooling in Greece. Source: CENTRICO, 27/7/2006
Available online: http://www.haeuwatchits.info/press/press_detail.asp?pid=135&aid=345 (Accessed May 2009).
- [44] A.Mas-Colell, "Microeconomics", Oxford University Press, U.K., 1995
- [45] J.Tirole, "The Theory of industrial organization", MIT Press, Cambridge, Mass., U.S.A., 1998