



Munich Personal RePEc Archive

Real-time traffic estimation and forecast for advanced traveler information services in Thessaloniki

Mitsakis, Evangelos and Salanova Grau, Josep Maria and
Aifadopoulou, Georgia and Tzenos, Panagiotis

Centre for Research and Technology Hellas - Hellenic Institute of
Transport, Centre for Research and Technology Hellas - Hellenic
Institute of Transport, Centre for Research and Technology Hellas -
Hellenic Institute of Transport

1 September 2013

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/61539/>

MPRA Paper No. 61539, posted 25 Jan 2015 09:21 UTC

Εκτίμηση και πρόβλεψη της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο για προηγμένες υπηρεσίες πληροφόρησης μετακινούμενων στη Θεσσαλονίκη

Ευάγγελος Μητσάκης, Josep Maria Salanova Grau, Γεωργία Αϋφαντοπούλου, Παναγιώτης Τζένος

Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης, Ινστιτούτο Βιώσιμης Κινητικότητας και Δικτύων Μεταφορών

Email: emit@certh.gr, jose@certh.gr, gea@certh.gr, ptzenos@certh.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η διαδικασία εκτίμησης κυκλοφοριακών συνθηκών σε πραγματικό χρόνο για τις ανάγκες παροχής υπηρεσιών πληροφόρησης μετακινούμενων στην πόλη της Θεσσαλονίκης. Τα απαιτούμενα δεδομένα προέρχονται από πρότυπα καταμερισμού της κυκλοφορίας, μετρήσεις φόρτων από διάφορες πηγές και μετρήσεις χρόνων διαδρομών στις σημαντικότερες διαδρομές της πόλης. Οι διαδικασίες περιλαμβάνουν την εκτίμηση φόρτων από μετρήσεις χρόνου σε προκαθορισμένες διαδρομές, τη βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη κυκλοφοριακών φόρτων και τη χώρο-χρονική εξέλιξη των φόρτων. Όλες οι διαδικασίες έχουν αναπτυχθεί για εφαρμογές πραγματικού χρόνου σε μεγάλα αστικά οδικά δίκτυα. Η μεθοδολογία που παρουσιάζεται εφαρμόζεται από τον Μάιο του 2012 στα πλαίσια του Ευφυούς Συστήματος Διαχείρισης Αστικής Κινητικότητας στη Θεσσαλονίκη.

Λέξεις κλειδιά: Εκτίμηση της κυκλοφορίας, πρόβλεψη της κυκλοφορίας, υπηρεσίες ενημέρωσης μετακινούμενων.

Abstract

This paper presents the methodology for the estimation of traffic conditions in real time for the provision of Advanced Traveler Information Services in the city of Thessaloniki. The required data is collected by traffic models, flow measurements and measurements of travel time on major routes in the city. The proposed methodology includes the flow estimation based on travel time on fixed routes, short term forecasting of traffic volumes and spatio-temporal expansion of the traffic flows. All procedures have been developed for real-time applications in large urban road networks. The methodology presented is applied since May 2012 under the Intelligent Management System of Urban Mobility in Thessaloniki.

Keywords: Real time traffic estimation, traffic forecasting, traffic expansion, Advanced traveler information services.

1. Εισαγωγή

Ο ρόλος της παροχής προηγμένων υπηρεσιών πληροφόρησης μετακινούμενων στην άμβλυση των επιπτώσεων της κυκλοφοριακής συμφόρησης έχει τονιστεί από τα τέλη της δεκαετίας του '80 (Jeffery, 1988; Smith & Russam, 1989). Η κύρια συνεισφορά τέτοιων υπηρεσιών έγκειται στον επηρεασμό της επιλογής του μετακινούμενου πριν και κατά την διάρκεια της διαδρομής του. Για την παροχή τέτοιων υπηρεσιών είναι απαραίτητη η ακριβής γνώση των συνθηκών του δικτύου σε πραγματικό χρόνο καθώς και η ύπαρξη εφαρμογών για την ανάλυση και αξιοποίηση κυκλοφοριακών δεδομένων πραγματικού χρόνου. Έχουν αναπτυχθεί διάφορα εργαλεία για το σχεδιασμό δικτύων μεταφορών όπως πρότυπα καταμερισμού ή προσομοίωσης της κυκλοφορίας, άλλα η απόδοση τέτοιων εργαλείων δεν είναι επαρκής για εφαρμογές πραγματικού χρόνου, ειδικά σε μεγάλα και πυκνά αστικά οδικά δίκτυα.

Στη διάρκεια των τελευταίων χρόνων γίνεται μια συστηματική προσπάθεια για ανάπτυξη εφαρμογών που μπορούν να εκτελεστούν σε πραγματικό χρόνο εκμεταλλευόμενα την ύπαρξη κυκλοφοριακών δεδομένων υψηλής ποιότητας για την παροχή προηγμένων

υπηρεσιών πληροφόρησης των μετακινούμενων. Η μεθοδολογία που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία αποτελεί μία από αυτές τις προσπάθειες, χρησιμοποιώντας μετρήσεις κυκλοφοριακών φόρτων από επαγωγικούς βρόγχους, κάμερες και ραντάρ, χρόνους διαδρομής από μετρήσεις point-to-point και πρότυπα καταμερισμού της κυκλοφορίας για την παροχή υπηρεσιών πληροφόρησης και δρομολόγησης στους πολίτες της Θεσσαλονίκης.

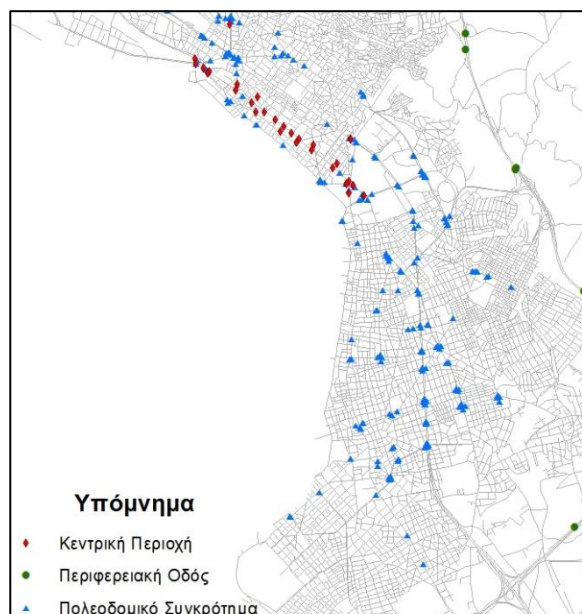
2. Το Δίκτυο της Θεσσαλονίκης / Η πόλη της Θεσσαλονίκης

Η Θεσσαλονίκη είναι, με 1.006.730 πολίτες στην ευρύτερη περιοχή της (Mitsakis et al. 2013), η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη στην Ελλάδα. Βρίσκεται στη Βόρεια Ελλάδα και καλύπτει μια έκταση 1.456 τ. χλμ., με μια μέση πυκνότητα 665 κατοίκων ανά τ. χλμ.. Λόγω της γεωγραφικής της θέσης, διαδραματίζει ένα σημαντικό κοινωνικό, οικονομικό και εμπορικό ρόλο τόσο σε εθνικό επίπεδο, όσο και σε βαλκανικό επίπεδο. Ο συνολικός αριθμός των οχημάτων στην πόλη υπερβαίνει τα 777.000 οχήματα, συμπεριλαμβανομένων των ιδιωτικών αυτοκινήτων, βαρέων οχημάτων και μοτοσυκλετών. Ο μέσος αριθμός μετακινήσεων των πολιτών της Θεσσαλονίκης έχει εκτιμηθεί στις 1.300.000 ημερήσιες μετακινήσεις για το έτος 2012 (Mitsakis et al. 2013).

2.1 Σημεία μέτρησης φόρτων

Υπάρχουν τρεις πηγές κυκλοφοριακών δεδομένων στην πόλη που παρέχονται από τα συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (ΠΚΜ):

- Το σύστημα της Περιφερειακής Οδού Θεσσαλονίκης, που περιλαμβάνει από 9 σημεία μετρήσεις φόρτων.
- Το Ευφές Σύστημα Διαχείρισης Αστικής Κινητικότητας στη Θεσσαλονίκη, που περιλαμβάνει 68 σημεία μετρήσεις φόρτων στην κεντρική περιοχή της πόλης.
- Το σύστημα διαχείρισης φωτεινών σηματοδοτών του Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης, με περισσότερα από 500 σημεία μέτρησης σε όλη την πόλη.



Σχήμα 1: Δίκτυο μετρητών φόρτου

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τις συνολικές διελύσεις οχημάτων που καταγράφονται από κάθε δίκτυο μετρητών για μια τυπική εβδομάδα.

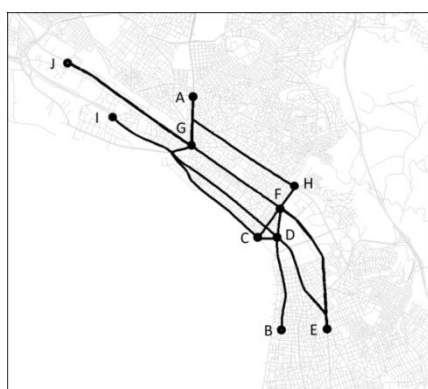
Πίνακας 1: Αριθμός καταγεγραμμένων οχημάτων

	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	Σάββατο	Κυριακή
Περιφερειακή οδός	916.850	472.060	640.266	582.503	871.978	893.568	896.390
Πολεοδομικό συγκρότημα	533.045	546.725	601.587	505.753	447.584	560.177	423.207
Κεντρική περιοχή	606.171	1.026.542	753.705	798.406	929.850	923.679	925.437

2.2 Μετρήσεις χρόνων διαδρομής

Οι μετρήσεις χρόνων διαδρομής γίνονται σε 22 σημαντικές διαδρομές της πόλης που φαίνονται στο παρακάτω Σχήμα.

Πίνακας 2: Περιγραφή των σημείων μέτρησης χρόνων διαδρομής



	Περιγραφή
A	Λαγκαδά με Αγίων Πάντων
B	Βασιλίσσης Όλγας στο ύψος του Αρχαιολογικού Μουσείου
C	Λευκός Πύργος
D	Πλατεία ΧΑΝΘ
E	Κωνσταντίνου Καραμανλή με Κλεάνθους
F	Πλατεία Σιντριβανιού
G	Πλατεία Δημοκρατίας
H	Αγίου Δημητρίου με Εθνικής Αμύνης
I	Δυτική Είσοδος στο ύψος της Ιωάννη Κολέτη
J	Μοναστηρίου μετά την Λεωφόρο Δενδροποτάμου

Σχήμα 2: Δίκτυο μετρητών χρόνου διαδρομής

Τα χαρακτηριστικά των επιλεγμένων διαδρομών παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.- Χαρακτηριστικά των 22 διαδρομών

Διαδρομή	Από	Έως	Μήκος (μέτρα)	Μέση ταχύτητα διαδρομής σε συνθήκες ελεύθερης κυκλοφοριακής ροής (δευτερόλεπτα)	Μέση χωρητικότητα οδικών τμημάτων της διαδρομής (οχ. /ώρα)	Μέσος φόρτος (οχ. /ώρα)	Μέσος χρόνος διαδρομής (δευτερόλεπτα)
1	E	D	1.902	114	2.400	1.556	343
2	E	F	2.385	143	2.526	1.172	146
3	A	G	981	59	2.492	1.636	66
4	A	H	2.532	152	3.109	1.388	160
5	I	G	1.702	102	3.840	924	102
6	F	C	667	48	3.300	1.896	126
7	B	D	1.620	97	3.600	1.092	99

8	D	F	522	37	2.460	564	39
9	G	F	1.766	106	2.400	2.128	187
10	J	G	2.679	161	3.467	1.612	170
11	D	J	2.361	142	4.080	1.700	145
12	H	F	443	32	1.100	776	71
13	C	D	322	23	2.200	736	41
14	D	E	1.889	113	2.400	636	115
15	F	E	2.338	140	2.500	1.104	142
16	F	H	443	32	1.100	768	46
17	F	G	1.765	106	2.400	1.728	165
18	G	A	965	58	2.300	1.348	60
19	G	J	2.679	161	3.467	2.772	553
20	G	C	2.148	129	3.273	1.860	145
21	D	G	3.601	216	3.960	1.612	220
22	I	C	3.400	204	3.680	988	209

Οι χρόνοι διαδρομής προέρχονται από 600.000 καταγραφές κάθε εβδομάδα. Ο αριθμός των καταγεγραμμένων διαδρομών για μια εβδομάδα παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.- Αριθμός καταγεγραμμένων διαδρομών

Διαδρομή	Ανιχνευμένες διελεύσεις						
	Δεύτερα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	Σάββατο	Κυριακή
1	1.977	2.360	3.037	3.673	4.266	4.645	4.589
2	3.358	3.686	3.573	2.744	3.556	3.060	2.558
3	3.916	4.236	4.038	4.158	4.305	4.117	2.904
4	1.347	1.333	1.395	1.306	1.075	1.170	940
5	1.350	1.379	1.345	1.342	1.459	1.000	833
6	3.589	3.683	3.742	3.300	4.099	4.026	3.447
7	16.977	17.340	16.683	16.860	19.332	14.759	12.479
8	8.799	8.838	8.535	7.022	10.001	8.142	6.880
9	5.930	5.702	5.766	4.335	5.776	5.035	4.358
10	1.018	1.075	1.070	1.066	1.119	624	433
11	300	316	353	280	294	261	293
12	5.083	5.366	5.203	5.024	4.198	4.851	4.030
13	8.338	8.474	8.348	9.294	9.587	8.157	6.502
14	683	616	670	925	671	570	440
15	3.520	3.523	3.610	2.623	4.003	2.907	2.568
16	3.995	4.165	3.746	3.370	3.326	3.650	3.063
17	7.735	7.953	7.269	6.172	8.233	6.907	6.051
18	4.188	4.260	3.982	3.706	4.100	3.772	3.083
19	2.624	2.802	2.604	2.119	2.959	2.036	1.657
20	3.090	3.091	2.978	3.520	3.359	2.624	2.389
21	1.570	1.616	1.446	1.466	1.658	1.392	1.012
22	2.681	2.474	2.671	2.482	2.819	1.864	2.012

1.1. Πρότυπα καταμερισμού της κυκλοφορίας

Το κυκλοφοριακό πρότυπο αναπτύχθηκε από το Ινστιτούτο Βιώσιμης Κινητικότητας και Δικτύων Μεταφορών για τις ανάγκες του έργου «Ευφυές Σύστημα Διαχείρισης Αστικής Κινητικότητας και Ελέγχου Κυκλοφορίας για τη Βελτίωση της ποιότητας του αστικού περιβάλλοντος στην κεντρική περιοχή του Πολεοδομικού Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης».

Το δίκτυο του ΠΣΘ κωδικοποιήθηκε στο λογισμικό κυκλοφοριακού σχεδιασμού VISUM και αποτελείται από 47.804 κόμβους και διασταυρώσεις που καλύπτουν με λεπτομέρεια ολόκληρο το εύρος του Νομού Θεσσαλονίκης καθώς και μέρος των όμορων νομών. Η σύνδεση των κόμβων γίνεται μέσω 137.804 οδικών τμημάτων που φέρουν γεωμετρικά, κυκλοφοριακά και άλλα χαρακτηριστικά. Ανάλογα με την κυκλοφοριακή τους ικανότητα και την μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα ελεύθερης ροής, τα οδικά τμήματα του δικτύου της Θεσσαλονίκης ιεραρχούνται σε 6 κατηγορίες οδών. Στο δίκτυο έχουν οριστεί 339 κυκλοφοριακές ζώνες. Οι κυκλοφοριακές ζώνες περιλαμβάνουν την πληροφορία ζήτησης για μετακινήσεις με τη μορφή αριθμού μετακινήσεων που έλκονται και παράγονται από/προς τη ζώνη.

Το μητρώο Προέλευσης – Προορισμού (Π-Π) που χρησιμοποιήθηκε στο πρότυπο είναι βασισμένο στα δεδομένα που συλλέχθηκαν στα πλαίσια της Κυκλοφοριακής Μελέτης για το ΠΣΘ το 2000 όπως αυτό έχει επικαιροποιηθεί βάσει τηλεφωνικής έρευνας σε 5.043 νοικοκυριά (2010) και έρευνας 36.188 ερωτηματολογίων παρά την οδό (2010). Τα 24 μητρώα που προέκυψαν διορθώνονται καθημερινά περαιτέρω μέσω της μεθόδου διόρθωσης μητρώων TFlowFuzzy βάσει καθημερινών κυκλοφοριακών μετρήσεων.

3. Διαδικασίες επεξεργασίας δεδομένων πραγματικού χρόνου

Στην συνέχεια περιγράφονται οι διαδικασίες επεξεργασίας των δεδομένων για την παροχή των υπηρεσιών σε πραγματικό χρόνο. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει την ροή δεδομένων από τις πηγές στις βάσεις δεδομένων για την παροχή των υπηρεσιών.

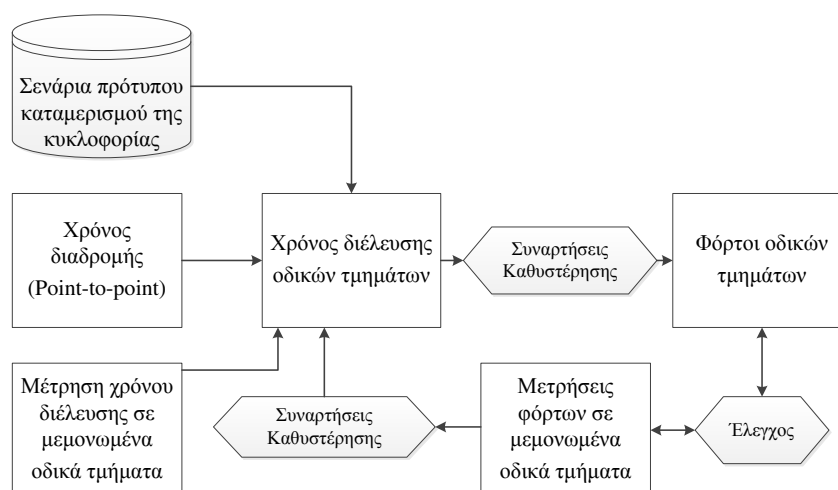


Σχήμα 3: Διάγραμμα συστήματος εκτίμησης και πρόβλεψης της κυκλοφορίας σε πραγματικό για την παροχή υπηρεσιών πληροφορίας και δρομολόγησης

Οι δύο κύριες πηγές δεδομένων είναι οι μετρήσεις κυκλοφοριακών φόρτων και οι μετρήσεις χρόνων διαδρομής. Οι μετρήσεις φόρτων φιλτράρονται και συλλέγονται στην βάση δεδομένων ιστορικών δεδομένων και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται στη βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη των κυκλοφοριακών φόρτων. Τα δεδομένα χρησιμοποιούνται από το πρότυπο καταμερισμού της κυκλοφορίας για την δημιουργία των κυκλοφοριακών σεναρίων καταμερισμού της κυκλοφορίας. Τα σεναρία καταμερισμού της κυκλοφορίας χρησιμοποιούνται για την χωρο-χρονική εξέλιξη των φόρτων και για την εκτίμηση τους από μετρήσεις χρόνου διαδρομών σαν βάση για την εκτίμηση των χρόνων διελύσεων σε κάθε οδικό τμήμα. Οι μετρήσεις χρόνων διαδρομής φιλτράρονται και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται στην εκτίμηση των κυκλοφοριακών φόρτων από μετρήσεις χρόνου διαδρομής και στην υπηρεσία παροχής χρόνων διαδρομών. Όλοι οι φόρτοι εισάγονται στη διαδικασία βραχυπρόθεσμης πρόβλεψης κυκλοφοριακού φόρτου για την εκτίμηση τους για το επόμενο χρονικό διάστημα και «ανοίγονται» σε όλο το δίκτυο βάσει της διαδικασίας χωρο-χρονικής εξέλιξης των φόρτων. Οι «ανοιγμένοι» φόρτοι χρησιμοποιούνται για την παροχή υπηρεσιών πληροφόρησης ταχύτητας και συνθηκών του δικτύου.

3.1 Εκτίμηση κυκλοφοριακών φόρτων από μετρήσεις χρόνου διαδρομής

Οι μετρήσεις χρόνων διαδρομής στις 22 διαδρομές μετατρέπονται σε κυκλοφοριακό φόρτο σύμφωνα με τη διαδικασία που παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.



Σχήμα 4: Διαδικασία εκτίμησης φόρτων από μετρήσεις χρόνων διαδρομής

Οι χρόνοι διαδρομής και διέλευσης που συλλέγονται, χρησιμοποιούνται για την διόρθωση των χρόνων διέλευσης των οδικών τμημάτων που ανήκουν στις διαδρομές αυτές. Οι μετρήσεις κυκλοφοριακών φόρτων χρησιμοποιούνται επίσης για την διόρθωση των χρόνων διέλευσης των οδικών τμημάτων. Τελικά, οι χρόνοι διέλευσης μετατρέπονται σε φόρτο για την χρήση τους από την διαδικασία χωρο-χρονικής εξέλιξης των φόρτων μέσω συναρτήσεων καθυστέρησης για κάθε οδικό τμήμα.

Η μετατροπή από χρόνο διαδρομής σε χρόνο διέλευσης στα οδικά τμήματα που αποτελούν τη διαδρομή γίνεται μέσω της επίλυσης του παρακάτω μαθηματικού προγράμματος:

$$\text{Ελαχιστοποίηση } \delta_1 * \sum(A * x - b) + \delta_2 * \sum((x - v0)/v0) \quad (1)$$

$$\text{β.τ.π. } x_i > t_{0i} \forall i \in I \quad (2)$$

$$x_j = t_j \forall j \in J \quad (3)$$

Όπου,

δ_1 και δ_2 είναι βάρη της συνάρτησης

A είναι ο πίνακας συσχέτισης των διαδρομών και των οδικών τμημάτων

a_{ij} είναι 1 εάν το οδικό τμήμα j ανήκει στην διαδρομή i

x είναι ο χρόνος διέλευσης σε κάθε οδικό τμήμα

b είναι οι χρόνοι διαδρομής των διαδρομών

$v0$ είναι ο χρόνος διέλευσης των οδικών τμημάτων του πρότυπου καταμερισμού

t_{0i} είναι ο χρόνος ελεύθερης ροής των οδικών τμημάτων

I είναι το σύνολο των οδικών τμημάτων που αποτελούν τις διαδρομές

J είναι το υποσύνολο του I στον οποίο υπάρχει μέτρηση ή χρόνου διαδρομής

t είναι οι χρόνοι διαδρομής των οδικών τμημάτων στα οποία υπάρχει μέτρηση φόρτου ή χρόνου διαδρομής (εάν υπάρχει μέτρηση φόρτου η μετατροπή γίνεται μέσω συναρτήσεων καθυστέρησης)

Η εξίσωση (1) έχει δυο μέρη: στο πρώτο μέρος υπολογίζεται η διαφορά μεταξύ του χρόνου διαδρομής και του αθροίσματος των χρόνων διέλευσης των οδικών τμημάτων που την αποτελούν. Στο δεύτερο μέρος υπολογίζεται η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του χρόνου διέλευσης από το κυκλοφοριακό πρότυπο και ο καινούργιος χρόνος διέλευσης, με σκοπό να μην επιβαρυνθούν τα οδικά τμήματα με μικρό χρόνο διέλευσης. Τα βάρη της συνάρτησης σταθμίζουν τα δυο μεγέθη.

Ο πρώτος περιορισμός διασφαλίζει τον ελάχιστο χρόνο διέλευσης ως προς το χρόνο ελεύθερης ροής. Ο δεύτερος περιορισμός διασφαλίζει ότι ο χρόνος διέλευσης στα οδικά τμήματα στα οποία υπάρχουν μετρήσεις είναι ο μετρούμενος.

3.2 Βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη φόρτου

Για την βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη κυκλοφοριακού φόρτου χρησιμοποιούνται γραμμικά αυτοπαλινδρομούμενα (AR) μοντέλα διαφόρων βαθμών. Ο βαθμός του κάθε πρότυπου εξαρτάται από την χρονοσειρά προηγούμενων χρονικών περιόδων και διατυπώνεται ως εξής:

$$\varphi_k^{i+1} = \bar{\varphi} + \sum_{j=1}^N \beta_k^j * (\varphi_k^{i+1-j} - \bar{\varphi}) \quad (4)$$

Όπου,

φ_k^i είναι ο φόρτος του οδικού τμήματος k για το διάστημα i

$\bar{\varphi}$ είναι ο μέσος φόρτος του οδικού τμήματος k των προηγούμενων δυο ημερών

β_j είναι ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης j του οδικού τμήματος k

N είναι ο βαθμός του αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα

3.3 Χωρο-χρονική εξέλιξη των φόρτων

Η διαδικασία χωρο-χρονικής εξέλιξης των φόρτων βασίστηκε στον αλγόριθμο Data Expansion (Lederman & Winter 2009). Η εφαρμογή διαφοροποιήθηκε σε σχέση με την χρήση του φόρτου στα οδικά τμήματα ως περιορισμού, ενώ η βελτιστοποίηση έχει ως σκοπό να ελαχιστοποιήσει τις διαφορές των κατανομών των οχημάτων στους κόμβους. Η μαθηματική διατύπωση είναι η ακόλουθη:

$$\text{Βελτιστοποίηση } (D - p.* C_n) * x - (p.* C_c * c) \quad (5)$$

$$\text{β.τ.π. } x_i > lb_i \forall i \in I \quad (6)$$

$$x_i < ub_i \forall i \in I \quad (7)$$

$$x_j = f_j \forall j \in J \quad (8)$$

Όπου,

D είναι διαγωνίως μοναδιαίος πίνακας (με διάσταση ίση με τον αριθμό των οδικών τμημάτων)

p είναι το διάνυσμα των ποσοστών του φόρτου της διασταύρωσης που κατανέμεται σε κάθε οδικό τμήμα

C_n είναι ο πίνακας γειτνίασης σε επίπεδο οδικού τμήματος

x είναι το διάνυσμα των κυκλοφοριακών φόρτων

C_c είναι ο πίνακας προσπτώσεων

c είναι το διάνυσμα με τους φόρτους των συνδετήριων συνδέσμων των διασταυρώσεων

lb είναι το διάνυσμα με τις ελάχιστες τιμές κυκλοφοριακού φόρτου

ub είναι το διάνυσμα με τις μέγιστες τιμές κυκλοφοριακού φόρτου

f είναι το διάνυσμα με τους μετρημένους κυκλοφοριακούς φόρτους

I είναι το σύνολο όλων των οδικών τμημάτων

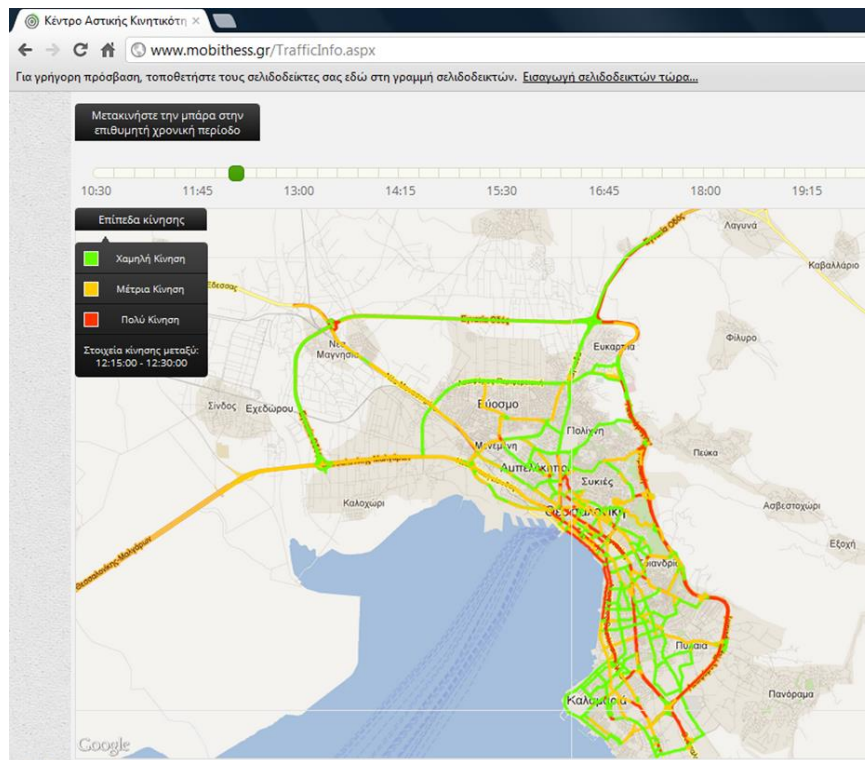
J είναι το υποσύνολο του I στο οποίο υπάρχει μέτρηση φόρτου

Η εξίσωση (5) αποτελείται από δυο μέρη: στο πρώτο μέρος υπολογίζεται ο πίνακας γειτνίασης σε επίπεδο οδικών τμημάτων, στον οποίο περιλαμβάνονται όλα τα ποσοστά της κυκλοφορίας από κάθε οδικό τμήμα προς κάθε οδικό τμήμα. Στο δεύτερο μέρος υπολογίζεται ο φόρτος των συνδετήριων συνδέσμων σε κάθε οδικό τμήμα.

Ο πρώτος και ο δεύτερος περιορισμός διασφαλίζουν τον ελάχιστο και τον μέγιστο φόρτο σε κάθε οδικό τμήμα. Ο τρίτος περιορισμός διασφαλίζει ότι ο φόρτος στα οδικά τμήματα, στα οποία υπάρχουν μετρήσεις, είναι ο μετρούμενος.

4. Εφαρμογή στην Θεσσαλονίκη

Η διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω εφαρμόζεται στην Θεσσαλονίκη από το Μάιο του 2012, παρέχοντας υπηρεσίες πληροφόρησης και δρομολόγησης στους πολίτες της Θεσσαλονίκης μέσω της ιστοσελίδας www.mobithess.gr.



***Σχήμα 5:** Υπηρεσία πληροφόρησης κατάστασης δικτύου μέσω της ιστοσελίδας www.mobithess.gr*

Οι πληροφορίες ανανεώνονται ανά 15 λεπτά και δίνουν την δυνατότητα πρόβλεψης μέχρι και μια ώρα, ενώ για παραπάνω από μια ώρα προσφέρονται πληροφορίες βασισμένες σε ιστορικά δεδομένα.

Οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης υπολογίζονται κάθε μέρα βάση τη χρονοσειρά των προηγούμενων δυο ημερών και χρησιμοποιούνται για όλη την ημέρα.

5. Αναφορές – Βιβλιογραφία

Mitsakis E., Stamos I., Salanova Grau J. M., Chrysohoou E. and Ayfadopoulou G. 2013, "Urban Mobility indicators for Thessaloniki", *Journal of Traffic and Logistics Engineering (JTLE)* (ISSN: 2301-3680), Vol. 1 No. 2, June 2013. pp. 148 - 152.

Lederman, R., Wynter, L. (2009). Real-Time Traffic Estimation Using Data Expansion, *Transportation Research Part B: Methodological Issue 7*, 1062-1079.