Μεταφορικα Πειραματα Στην Εξυπνη Πολη Santander

Βασίλης Τσέτσος*

Η βέλτιστη διαχείριση των αστικών κέντρων αλλά και η δυνατότητα για προηγμένες υπηρεσίες προς τους πολίτες και επισκέπτες τους, έχει οδηγήσει τα τελευταία χρόνια στη δημιουργία ενός νέου πεδίου έρευνας και εφαρμογών με τον όρο «ευφυείς ή έξυπνες πόλεις» (smart cities, digital cities).

Μάλιστα οι δραστηριότητες σε αυτή την περιοχή υποστηρίζονται σημαντικά και από την Ευρωπαϊκή Ένωση μέσα από διάφορα ερευνητικά πλαίσια (π.χ., [1][2]). Οι βασικότερες ερευνητικές περιοχές που σχετίζονται με το πεδίο των έξυπνων πόλεων είναι το Internet of Things και το Future Internet. Και τα δύο μπορούμε να θεωρήσουμε ότι αναφέρονται στο πώς το Διαδίκτυο και οι σχετικές τεχνολογικές υποδομές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επικοινωνία μεταξύ κατανεμημένων υπολογιστικών διατάξεων (π.χ. ασύρματα δίκτυα αισθητήρων) και για τη συλλογή μεγάλου όγκου πληροφορίας που μπορεί να αξιοποιηθεί προς όφελος της πολιτείας, των πολιτών, του περιβάλλοντος κλπ.

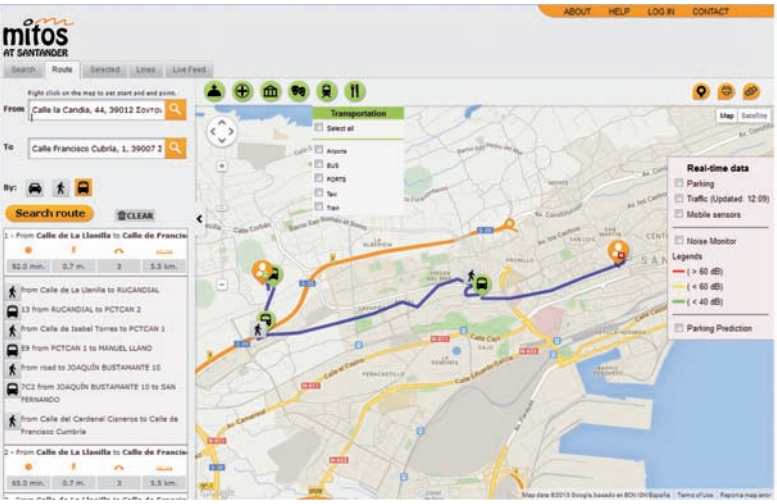
Όσον αφορά στις εφαρμογές που θα μπορούσαν να επωφεληθούν από τα νέα αυτά αστικά οικοσυστήματα, μάλλον προκρίνονται αυτές που σχετίζονται με τις μεταφορές, την εξοικονόμηση ενέργειας (και γενικά φυσικών πόρων) και την προστασία του περιβάλλοντος. Ενδεικτικό παράδειγμα μιας έξυπνης πόλης είναι η ισπανική πόλη Santander, που στα πλαίσια διαφόρων επιδοτούμενων ερευνητικών έργων, με πρώτο και βασικότερο το Smart Santander [3][4], έχει γίνει από τις πιο δημοφιλείς και καλά εξοπλισμένες «έξυπνες» πόλεις στην Ευρώπη αλλά και σε όλο τον κόσμο. Στο Santander μέχρι το τέλος του έργου τον Δεκέμβριο του 2013, θα έχουν εγκατασταθεί περίπου 20.000 αισθητήρες διαφόρων τύπων: στάθμευσης σε δρόμους, έντασης κίνησης στις εισόδους της πόλης, θορύβου, ποιότητας του αέρα (CO, όζον, σωματίδια) πάνω σε λεωφορεία, θερμοκρασίας, υγρασίας σε πάρκα, κλπ. Σημαντική συμβολή έχουν και οι ίδιοι οι πολίτες που με εφαρμογές στα κινητά τους τηλέφωνα, μπορούν και ενημερώνουν τους άλλους συμπολίτες τους και τις δημοτικές αρχές σχετικά με συμβάντα ή συνθήκες που έχουν ενδιαφέρον.

Τον περασμένο Μάρτιο η εταιρεία μας MOBICS [5], τεχνοβλαστός

του ΕΚΠΑ (Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών), επιλέχθηκε, μέσα από μια άκρως ανταγωνιστική διαδικασία, για να πειραματιστεί με υπηρεσίες για μεταφορές στην πόλη αυτή. Βασικό ρόλο στην επιλογή της διαδραμάτισε το γεγονός ότι είχε την εμπειρία της δημοφιλούς υπηρεσίας www.ploigos.gr αλλά και το ότι εκτελούσε ήδη ένα έργο, συγχρηματοδοτούμενο από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας και την Ευρωπαϊκή Ένωση, με την ονομασία «Bus κι Έρχεται» [6]. Ένα άλλο κριτήριο για την επιλογή είναι το γεγονός ότι η ομάδα έργου ήταν διεπιστημονική: ερευνητές πληροφορικής, συγκοινωνιολόγοι και επικοινωνιολόγοι. Το πείραμα ονομάζεται «MITOS» και στην επόμενη ενότητα περιγράφονται οι υπηρεσίες που έχουν υλοποιηθεί και κάποια πρώτα αποτελέσματα από την αξιολόγησή τους.

Το «μεταφορικό πείραμα»

Βασικός στόχος του πειράματος είναι η παροχή κάποιων υπηρεσιών που δεν είναι εύκολο να υλοποιηθούν χωρίς την ύπαρξη εξειδικευμένης υπολογιστικής και πληροφοριακής υποδομής. Συγκεκριμένα, η πρώτη από τις υπηρεσίες αυτές είναι ένα διαδικτυακό portal όπου οι χρήστες έχουν πρόσβαση στις εξής βασικές λειτουργίες (βλ. Εικόνα 1):



Εικόνα 1. Γενική άποψη του web portal

1. Αναζήτηση δρόμων, σημείων ενδιαφέροντος και γραμμών συγκοινωνίας
2. Εύρεση διαδρομής με συνδυασμό μέσων μεταφοράς
3. Βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη ελεύθερων θέσεων στάθμευσης (σε ζώνες στάθμευσης πάνω στο δρόμο)
4. Πρόσβαση σε ζωντανή ροή συμβάντων (live feed) και συμμετοχή τους σε αυτή μέσα από ένα απλό μεταφορικό παίγνιο.

Επίσης, αναπτύχθηκε και μια αντίστοιχη εφαρμογή για κινητές συσκευές (smart phones) από όπου οι κινητοί χρήστες μπορούσαν να έχουν άμεση πρόσβαση στις αντίστοιχες πληροφορίες και λειτουργίες.

Τα σημεία που έχουν το περισσότερο ενδιαφέρον είναι οι δύο τελευταίες λειτουργίες της ανωτέρω λίστας, δηλαδή η χρήση αλγορίθμων πρόβλεψης ελεύθερων θέσεων στάθμευσης και η «παιγνιοποίηση» (gamification) της συμμετοχής των χρηστών στην έγκαιρη ανίχνευση συμβάντων που επηρεάζουν τις μεταφορές (κάτι που γενικά αναφέρεται ως participatory sensing [7] και είναι μια μορφή crowd sourcing).

Πρόβλεψη ελεύθερων θέσεων στάθμευσης

Η αυτοματοποιημένη παρακολούθηση θέσεων στάθμευσης σε δρόμο (on-street parking) αποτελεί μια υπηρεσία που μέχρι πρόσφατα δεν ήταν εύκολο να υλοποιηθεί (βέβαια, ακόμα αντιμετωπίζει διάφορα τεχνικά προβλήματα, αλλά δεν θα επεκταθούμε σε αυτό στο παρόν άρθρο). Στο Santander έχουν εγκατασταθεί στο οδόστρωμα εκατοντάδες ασύρματοι αισθητήρες στάθμευσης. Τους αισθητήρες, που απεικονίζονται στην Εικόνα 2, κατασκευάζει η εταιρεία Libelium [8].

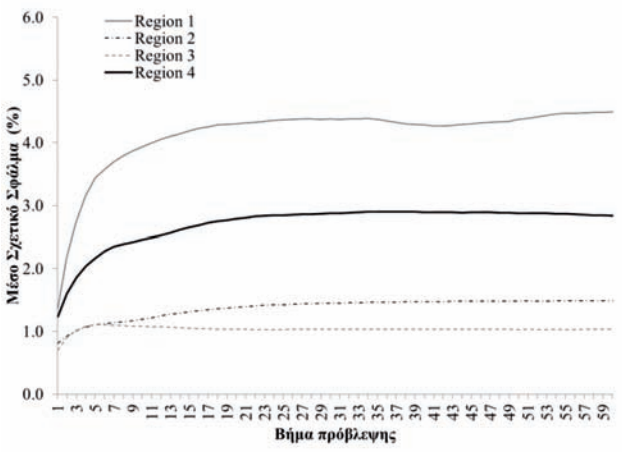
Εικόνα 2. Αισθητήρας κατάληψης θέσης στάθμευσης (πηγή: Libelium.com)

Στα πλαίσια του πειράματος υλοποιήθηκαν αλγόριθμοι βραχυπρόθεσμης διαθεσιμότητας των παρακολουθούμενων θέσεων. Το σκεπτικό είναι ότι η πληροφορία του αν θα έχει ελεύθερες θέσεις στάθμευσης σε μια περιοχή που προτίθεται να μεταβεί ένας οδηγός είναι πιο σημαντική από την πληροφορία πραγματικού χρόνου. Έτσι, στα πλαίσια του έργου σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν δύο αλγόριθμοι πρόβλεψης, διαφορετικής πολυπλοκότητας και προσέγγισης. Ο πρώτος βασίζεται σε ένα απλό νευρωνικό δίκτυο που εκπαιδεύτηκε με ένα σύνολο δεδομένων 2 μηνών. Μετά την εκπαίδευση, το νευρωνικό δίκτυο μπορεί να προβλέψει τον αναμενόμενο αριθμό ελεύθερων θέσεων για τα επόμενα 5, 10 και 15 λεπτά της ώρας.

Στον Πίνακα 1 φαίνονται τα αποτελέσματα πρόβλεψης της κατάληψης θέσεων στάθμευσης για τέσσερις διαφορετικές περιοχές στάθμευσης (Regions) στην πόλη Santander (βλ. Εικόνα 3 για τις περιοχές στάθμευσης). Στο Διάγραμμα 1 φαίνεται η εξέλιξη του μέσου % σχετικού σφάλματος πρόβλεψης κατάληψης θέσης στάθμευσης για τις τέσσερις περιοχές στάθμευσης ως προς το βήμα πρόβλεψης (ένα βήμα ισοδυναμεί με 1 λεπτό).

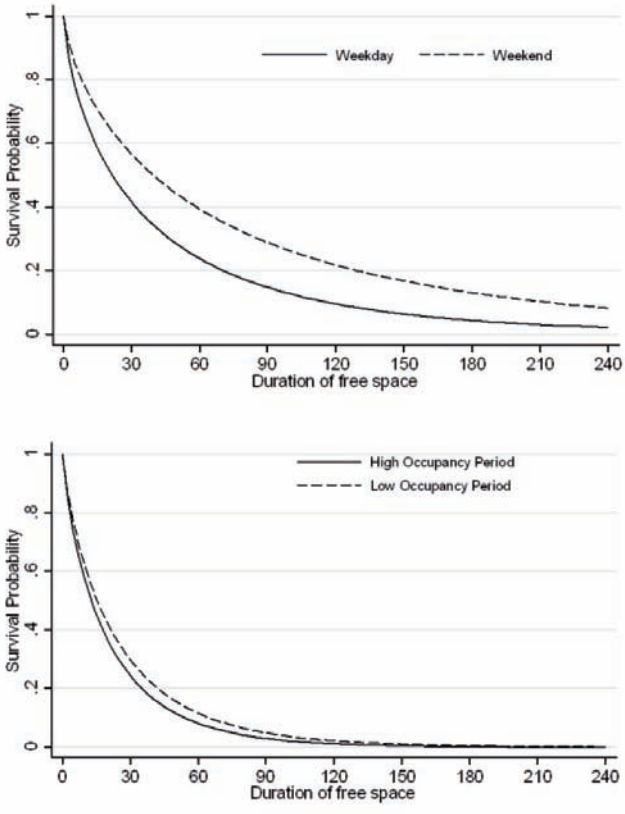
	Ορίζοντας Πρόβλεψης				
	1 λεπτό	*5 λεπτά*	*15 λεπτά*	*30 λεπτά*	*60 λεπτά*
Region 1	1.374	3.437	4.188	4.377	4.490
Region 2	0.816	1.103	1.312	1.449	1.488
Region 3	0.702	1.11	1.062	1.037	1.033
Region 4	1.237	2.169	2.611	2.873	2.835

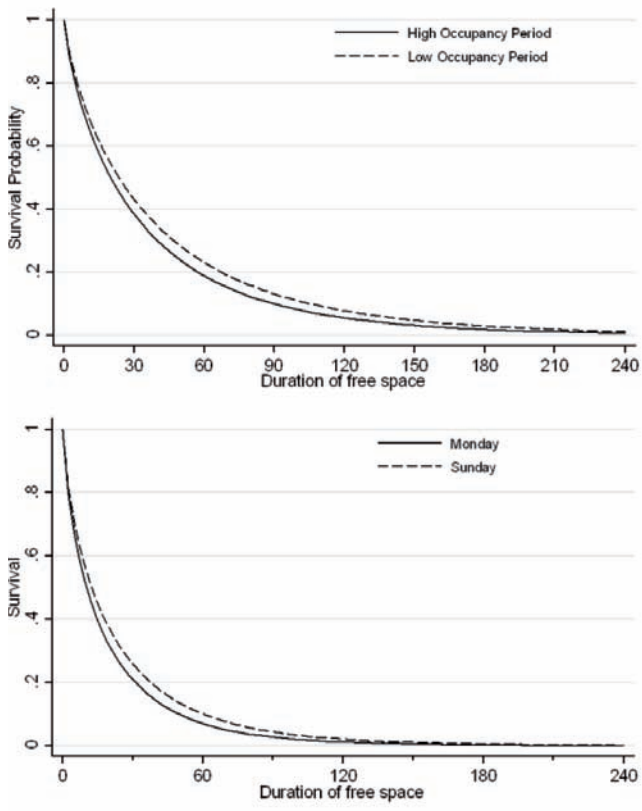
Πίνακας 1. Αποτελέσματα πρόβλεψης κατάληψης θέσεων στάθμευσης (μέσο % σχετικό σφάλμα πρόβλεψης) για τέσσερις διαφορετικές περιοχές στάθμευσης (Regions) στην πόλη Santander.



Διάγραμμα 1. Εξέλιξη του μέσου % σχετικού σφάλματος πρόβλεψης

Ο δεύτερος αλγόριθμος βασίζεται σε στατιστικά μοντέλα επιβίωσης και στόχο έχει να εκτιμήσει την πιθανότητα να υπάρχουν σε μια συγκεκριμένη περιοχή στην πόλη ελεύθερες θέσεις στα επόμενα 5, 10 και 15 λεπτά της ώρας ανάλογα με την περιοχή, την ημέρα και ώρα και τις συνθήκες στάθμευσης που επικρατούν (περίοδοι υψηλής ή χαμηλής κατάληψης θέσεων στάθμευσης). Στο Διάγραμμα 2 φαίνονται οι καμπύλες επιβίωσης (survival) για τις ίδιες τέσσερις περιοχές ανάλογα με τη διάρκεια που μια θέση στάθμευσης παραμένει ελεύθερη. Παρατηρούνται διαφοροποιήσεις από περιοχή σε περιοχή ανάλογα με την ημέρα και την περίοδο που εξετάζεται (υψηλής ή χαμηλής ζήτησης σε στάθμευση).

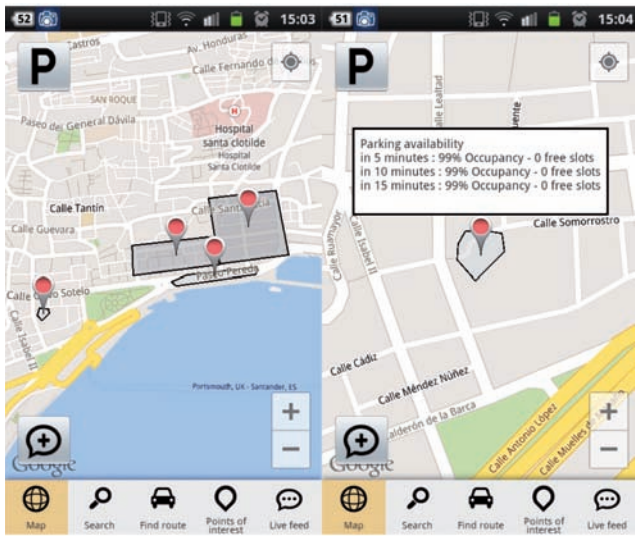




Διάγραμμα 2. Καμπύλες επιβίωσης (Survival curves) σε σχέση με τη χρονική διάρκεια που μια θέση παραμένει ελεύθερη στις τέσσερις περιοχές μελέτης.

Η εφαρμογή της παραπάνω μεθοδολογίας πρόβλεψης στάθμευσης στην πόλη Santander έδειξε ότι οι οδηγοί μπορούν να πληροφορηθούν ανά πάσα στιγμή αν υπάρχει αυξημένη πιθανότητα να βρουν θέση στην περιοχή ενδιαφέροντος για τα επόμενα 15 λεπτά, αλλά και τον αριθμό των αναμενόμενων θέσεων με ακρίβεια μικρότερη από 4.2% (μέσο % σχετικό σφάλμα πρόβλεψης). Η πληροφορία αυτή παρέχεται μέσα από εύληπτα γραφικά εργαλεία (Εικόνες 3 και 4).

Εικόνα 3. Οπτικοποίηση περιοχών στάθμευσης στην Web εκδοχή της υπηρεσίας



Εικόνα 4. **Οπτικοποίηση περιοχών στάθμευσης στην εκδοχή της υπηρεσίας για κινητά τηλέφωνα**

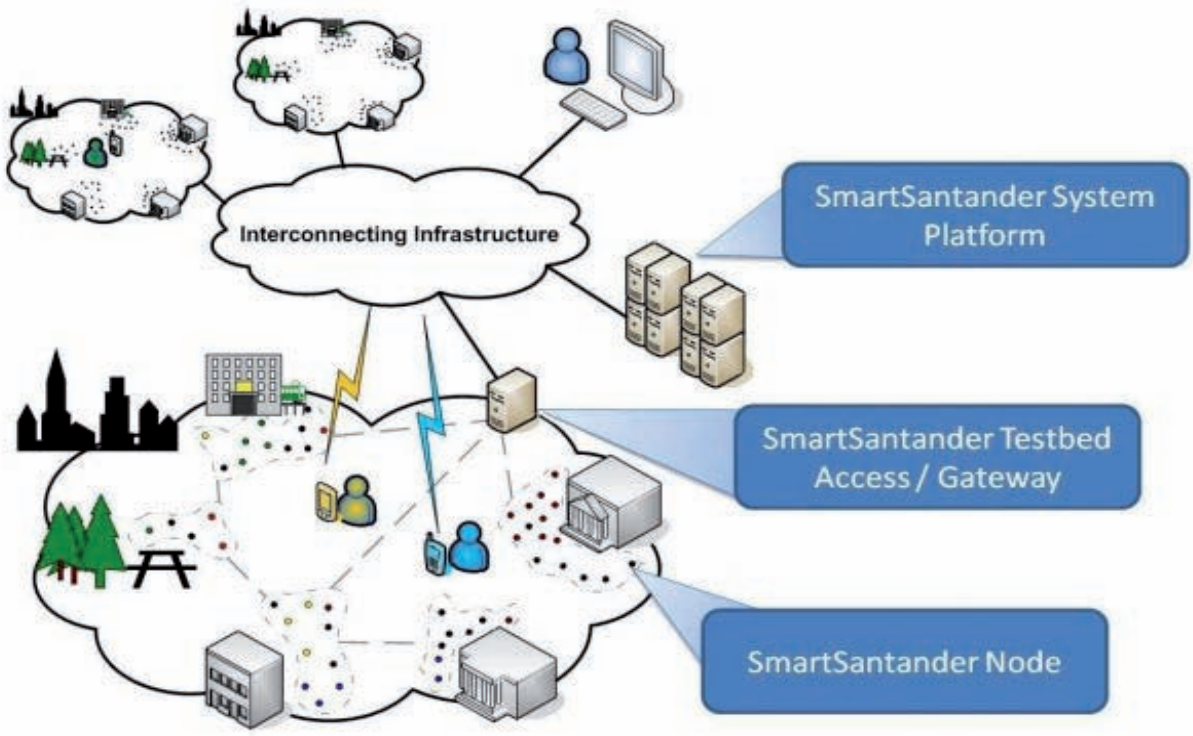
Παιγνιοποίηση της συμμετοχής των χρηστών

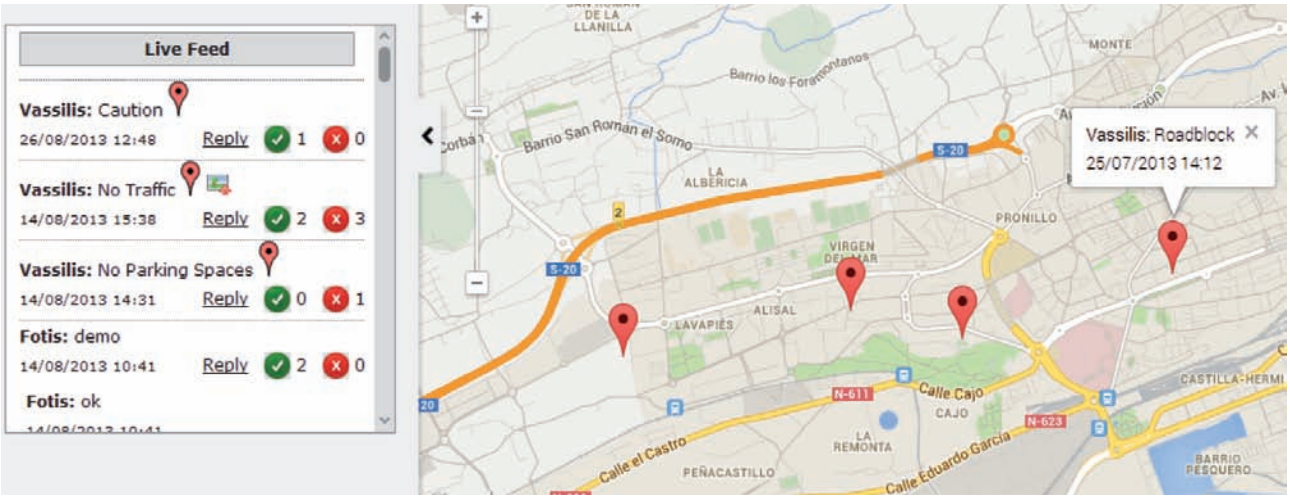
Το να συμμετέχουν οι χρήστες/μετακινούμενοι στην παρακολούθηση της κατάστασης κάποιων παραμέτρων μιας πόλης εκτός από επιθυμητό, για λόγους εξοικονόμησης πόρων για υποδομών, είναι και απαραίτητο για να υπάρχει άμεση εμπλοκή τους στην ποιότητα των παρεχόμενων σχετικών υπηρεσιών. Στην περίπτωση του συγκεκριμένου πειράματος, οι χρήστες μπορούν να στείλουν άμεσα ειδοποίηση σε όλους τους άλλους χρήστες σχετικά με προβλήματα που μπορεί να εντόπισαν όσον αφορά στη μετακίνησή τους. Πιο συγκεκριμένα κάποιος κινητός χρήστης μπορεί να στείλει ένα προκαθορισμένο μήνυμα (βλ. λίστα στον Πίνακα 2) ή ένα σύντομο μήνυμα ελεύθερου κειμένου ή και μια φωτογραφία. Αυτό αυτόματα συσχετίζεται με τη θέση του, που λαμβάνεται από το δέκτη GPS του κινητού τηλεφώνου, και αποστέλλεται σε όλους τους άλλους χρήστες σε πραγματικό χρόνο. Αυτοί με τη σειρά τους μπορούν να το σχολιάσουν και να το κρίνουν ως έγκυρο ή όχι (ως προς την ισχύ του). Ο απλός αυτός μηχανισμός κρίσης αλλά και ο σχολιασμός θα αξιοποιηθούν για να αποτιμηθεί το κατά πόσο οι χρήστες ενδιαφέρονται για αυτή τη διαδικασία, κατά πόσο η συνεισφορά τους είναι έγκυρη και μπορεί να αξιοποιηθεί και κατά πόσο αυτή βοηθάει τελικά τους μετακινούμενους.

Συμβάν	
"Heavy Traffic"	"Strike"
"No Traffic"	"Caution"
"No Parking Spaces"	"Traffic Accident"
"Free Parking Spaces"	"Roadblock"
"Interesting Social Event"	"Bus Route out of Service"

Πίνακας 2. **Λίστα με προκαθορισμένα συμβάντα**

Η παιγνιοποίηση της διαδικασίας αυτής υλοποιήθηκε ως εξής: κάθε χρήστης για κάθε αλληλεπίδραση με το σύστημα λαμβάνει συγκεκριμένους βαθμούς (credits). Για παράδειγμα, όταν αναρτά ένα νέο συμβάν από τη κινητή του συσκευή με προκαθορισμένο μήνυμα λαμβάνει 4 βαθμούς, ενώ αν γράψει ελεύθερο κείμενο λαμβάνει 6 βαθμούς. Οι αντίστοιχοι βαθμοί για χρήστες από το Διαδίκτυο είναι 2 και 4. Όταν μοιράζεται κάποια φωτογραφία ή σχολιάζει κάποιες προηγούμενες αναρτήσεις κερδίζει 2 βαθμούς. Τέλος, όταν απαντά σε ερωτήσεις που του απευθύνει αυτόματα το σύστημα και σχετίζονται με την αξιολόγηση της εφαρμογής κερδίζει 1 βαθμό. Ο στόχος είναι κάποιος χρήστης που έχει συλλέξει από ένα σύνολο βαθμών και πάνω να μπορεί να τους ανταλλάξει με κάποιο «βραβείο» (π.χ. δωρεάν κάρτα μετακινήσεων, δωρεάν χρόνο στάθμευσης κ.λπ.). Στο τέλος του πειράματος, οι συνεργάτες επικοινωνιολόγοι θα πραγματοποιήσουν αξιολόγηση της εφαρμογής ως προς την εμπειρία

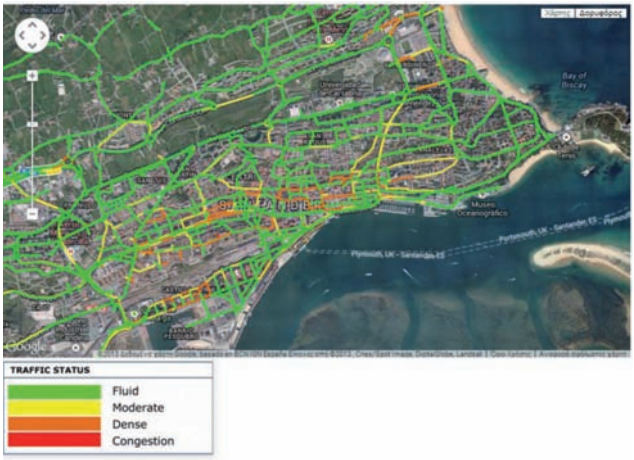




Εικόνα 5. **Live feed με συμβάντα και απεικόνισή τους στο χάρτη**

Άλλα πειράματα ευφυών μεταφορών

Εκτός από τις ανωτέρω υπηρεσίες που αναπτύχθηκαν από την εταιρεία μας, υπάρχουν και άλλες ενδιαφέρουσες προσπάθειες. Για παράδειγμα, η κοινοπραξία των εταιρειών HERITAS και MOBITRANS αναπτύσσει μια υπηρεσία (Smarter Travel ή SMEL [9]) για την αποτύπωση της κίνησης σε όλο το οδικό δίκτυο της πόλης. Αυτό γίνεται αξιοποιώντας ιστορικά στοιχεία αλλά και μετρήσεις πραγματικού χρόνου. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται σε μοντέλα ανάθεσης κίνησης (traffic assignment) και εκτίμησης ροής κίνησης (flow estimation model), ώστε να υπάρξει μια αποτύπωση σε πραγματικό χρόνο για τις κυκλοφοριακές συνθήκες στην πόλη (βλ. Εικόνα 6). Όπως και στο πείραμα MITOS, έτσι και σε αυτό θα υπάρξει αξιολόγηση της υπηρεσίας με πραγματικούς χρήστες.



Εικόνα 6. **Ενδεικτική οθόνη για την αποτύπωση των επιπέδων κίνησης από το πείραμα SMEL**

Μελλοντικά σχέδια

Η αξιολόγηση των υπηρεσιών του πειράματος θα έχει ολοκληρωθεί ως το τέλος του έργου (τέλος 2013), και πιθανώς θα οδηγήσει σε αλλαγές και βελτιώσεις της λειτουργικότητας. Έτσι, το 2014 αναμένεται να ενσωματωθούν οι ανωτέρω λειτουργίες συμμετοχής των χρηστών στο Ploigos.gr. Επίσης, το υποσύστημα πρόβλεψης θέσεων στάθμευσης υλοποιείται ήδη σαν αυτόνομη υπηρεσία που θα μπορεί να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις που υπάρχουν εγκατεστημένοι σχετικοί αισθητήρες. Υπό εξέλιξη είναι και ο συνδυασμός του αλγορίθμου πρόβλεψης με αλγορίθμους βέλτιστης δρομολόγησης με πολλαπλά μέσα μεταφοράς, για συνδυαστική μετακίνηση με αυτοκίνητο και μέσα μαζικής μεταφοράς σε μεγάλα αστικά κέντρα.

Τέλος, να σημειωθεί ότι, λόγω της ερευνητικής φύσης της εταιρείας, η πλατφόρμα Ploigos.gr μπορεί να διατεθεί για δοκιμή ερευνητικών αποτελεσμάτων και γενικά σκοπούς έρευνας και ενθαρρύνονται οι αναγνώστες-ερευνητές του Ενημερωτικού Δελτίου του ΣΕΣ να επικοινωνήσουν με την εταιρεία σχετικά.

Βασίλης Τσέτσος
Δ/νων Σύμβουλος MOBICS A.E., Δρ. Πληροφορικής

Σημείωση: *Στο σχεδιασμό, την υλοποίηση και την αξιολόγηση των ανωτέρω υπηρεσιών υπήρξε συνεργασία με τους: Δρ. Ελένη Βλαχογιάννη (Λέκτορας ΕΜΠ), Δρ. Κωνσταντίνος Κεπαπτσόγλου (Ερευνητής ΕΜΠ), Δρ. Δημήτρης Χαρίτος (Επικ. Καθηγητής ΕΚΠΑ), τους οποίους ευχαριστώ θερμά για τη σημαντική συμβολή τους.*

[1] European Future Internet Portal, http://www.future-internet.eu/
[2] Future Internet Research & Experimentation (FIRE), http://cordis.europa.eu/fp7/ict/fire/
[3] SmartSantander Project, http://www.smartsantander.eu
[4] Spiegel Online International, Living Lab: Urban Planning Goes Digital in Spanish 'Smart City', http://www.spiegel.de/international/world/santander-a-digital-smart-city-prototype-in-spain-a-888480.html
[5] MOBICS, http://www.mobics.gr
[6] «Bus κι Έρχεται;», http://www.busfinder.gr
[7] **J. Burke, D. Estrin, M. Hansen, A. Parker, N. Ramanathan, *S. Reddy, M. B. Srivastava*.** *"Participatory Sensing,"* World Sensor Web Workshop, ACM Sensys 2006, Boulder, Colorado, 2006.
[8] Libelium, http://www.libelium.com/
[9] SMEL Experiment, http://www.smartsantander.eu/index.php/smart-travel