

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΤΩΝ ΧΡΟΝΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΠΟΥ ΠΡΟΒΑΛΛΟΝΤΑΙ ΣΤΙΣ ΠΜΜ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Σερμπής Δημήτρης
Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας, Αθήνα, Ελλάδα

Θεοφίλης Γιάννης
Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας, Αθήνα, Ελλάδα

Μπάμπης Χάρης
Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας, Αθήνα, Ελλάδα

Χαζίρης Αντώνης
Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας, Αθήνα, Ελλάδα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας (ΚΔΚ) του Νομού Αττικής προβάλλει καθημερινά στις 24 Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων που διαθέτει στο ευρύτερο οδικό δίκτυο της Αττικής χρόνους διάνυσης 60 διαδρομών. Η επιθυμητή ακρίβεια των εκτιμώμενων χρόνων διαδρομών βάσει του τρόπου εκτίμησής τους από το Σύστημα Διαχείρισης που διαθέτει το ΚΔΚ είναι 20%. Στόχο της παρούσας εργασίας αποτελεί ο υπολογισμός της ακρίβειας των εκτιμώμενων χρόνων διαδρομής σε σχέση με τους πραγματικούς χρόνους διάνυσης των συγκεκριμένων διαδρομών, όπως αυτές μετρούνται καθημερινά από τους χειριστές του Κέντρου Διαχείρισης της Κυκλοφορίας. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων κατέδειξε πως στο 89% των περιπτώσεων η εκτίμηση των χρόνων διαδρομής βρίσκεται εντός του επιθυμητού διαστήματος ακρίβειας του 20%. Παράλληλα, παρουσιάζονται και οι λόγοι για τους οποίους στο υπόλοιπο 11% των περιπτώσεων παρουσιάζεται απόκλιση μεγαλύτερη του 20%.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας (ΚΔΚ) του Νομού Αττικής, το οποίο ανήκει στο Υπουργείο Υποδομών Μεταφορών και Δικτύων, ξεκίνησε τη λειτουργία του τον Ιούλιο του 2004 και έκτοτε λειτουργεί συνεχώς (24 ώρες την ημέρα, 365 ημέρες τον χρόνο). Βασικοί στόχοι του ΚΔΚ είναι η βελτιστοποίηση των κυκλοφοριακών συνθηκών του βασικού οδικού δικτύου, η γρήγορη απόκριση στα συμβάντα, η λήψη – επεξεργασία – μελέτη και αξιοποίηση των κυκλοφοριακών δεδομένων του βασικού οδικού δικτύου, οι παρεμβάσεις στην φωτεινή σηματοδότηση καθώς και η παροχή των κυκλοφοριακών στοιχείων σε «πραγματικό χρόνο» προς τρίτους για στήριξη εφαρμογών τηλεματικής (π.χ. ευφυής πλοήγηση). Ο κύριος εξοπλισμός του Κέντρου αποτελείται από περίπου 550 θέσεις μέτρησης, 75% των οποίων είναι απλοί επαγωγικού βρόχοι και 25% είναι θέσεις μηχανικής όρασης – VD (Autoscope, 2003), 208 κάμερες επίβλεψης κυκλοφορίας, 24 Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων, το σύστημα Εποπτείας και Παρακολούθησης της Κυκλοφορίας SITRAFFIC CONCERT (Siemens, 2001) καθώς και ρυθμιστές κυκλοφορίας στους σηματοδοτούμενους κόμβους για την επικοινωνία τους με το σύστημα (περίπου 900 κόμβοι με φωτεινή σηματοδότηση).

Οι Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων που έχει στη διάθεσή του το ΚΔΚ αποτελούν τεχνολογία αιχμής στο χώρο των Μεταφορών και χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό ευφυούς διαχείρισης της κυκλοφορίας μέσα από την ευφυή πληροφόρηση των χρηστών του οδικού δικτύου για την κυκλοφορία και τις μετακινήσεις τους. Παράλληλα, αποτελώντας ελκυστική πηγή πληροφόρησης των οδηγών, παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη βελτιστοποίηση των κυκλοφοριακών συνθηκών του οδικού δικτύου, εφόσον μεταδίδουν εγκαίρως ακριβείς και αξιόπιστες πληροφορίες. Ο στόχος της χρήσης των Πινακίδων Μεταβλητών Μηνυμάτων (ΠΜΜ) είναι η μετάδοση σε πραγματικό χρόνο κυκλοφοριακών πληροφοριών στους οδηγούς-χρήστες, με σκοπό την πληροφόρησή τους για την έγκαιρη και με ασφάλεια απόκρισή τους στις κυκλοφοριακές συνθήκες που δημιουργούνται στους βασικούς οδικούς άξονες. Οι ΠΜΜ έχουν τοποθετηθεί σε θέσεις ανάντη σημαντικών κυκλοφοριακά κόμβων (ανισόπεδων ή και ισόπεδων) όπου πρέπει να ληφθούν από τους χρήστες του οδικού δικτύου κρίσιμες αποφάσεις σχετικά με εναλλακτικές διαδρομές. Οι Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση τριών ειδών μηνυμάτων προς τους οδηγούς-χρήστες: μηνύματα αναγγελίας γεγονότων (σε περιπτώσεις προγραμματισμένων ή έκτακτων γεγονότων), μηνύματα αναγγελίας χρόνων μετακίνησης και μηνύματα γενικού ενδιαφέροντος (π.χ. Amber Alert, Silver Alert).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΧΡΟΝΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ

Οι εκτιμώμενοι χρόνοι διαδρομής αποτελούν σημαντική πηγή ενημέρωσης των χρηστών του οδικού δικτύου ενώ ταυτόχρονα αποτελούν και μια σημαντική παράμετρο εισαγωγής σε πλήθος εφαρμογών υπολογισμού κυκλοφοριακών μεγεθών αποδοτικότητας, όπως εκτίμηση της μέσης καθυστέρησης (η οποία είναι ιδιαίτερα σημαντικό μέγεθος και για την οικονομική ανάλυση στο χώρο των Μεταφορών),

εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας κλπ. Οι χρόνοι διαδρομής δύναται είτε να εκτιμηθούν είτε να προβλεφθούν. Οι μέθοδοι εκτίμησης των χρόνων διαδρομής δύναται να χωριστούν σε πέντε κατηγορίες και πιο συγκεκριμένα: Μέθοδοι με μετρήσεις σημειακής ταχύτητας (Coifman and Cassidy, 2002), μέθοδοι χωρικής εκτίμησης χρόνων διαδρομής, μέθοδοι με χρήση κινούμενων οχημάτων – floating cars (Van Aerde et al, 1993), μέθοδοι παλινδρόμησης (Zhang and He, 1998) και νευρωνικά δίκτυα (Dougherty, 1995)

Το Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας χρησιμοποιεί μεθόδους με μετρήσεις σημειακής ταχύτητας για την εκτίμηση των χρόνων διαδρομής. Για το λόγο αυτό, έχουν εγκατασταθεί σε χαρακτηριστικά σημεία του οδικού δικτύου θέσεις μέτρησης (είτε απλοί επαγωγικοί βρόχοι είτε μηχανικής όρασης – VD) από τις οποίες συλλέγονται ή υπολογίζονται τα κυκλοφοριακά στοιχεία του κυκλοφοριακού φόρτου, της μέσης κατάληψης και της μέσης ταχύτητας κίνησης ανά χρονικά διαστήματα των 60 ή των 90 δευτερολέπτων. Στη συνέχεια, τα συγκεκριμένα κυκλοφοριακά δεδομένα χρησιμοποιούνται ως παράμετροι εισαγωγής στους αλγορίθμους εκτίμησης των χρόνων διαδρομής. Οι συγκεκριμένοι αλγόριθμοι είναι διαφορετικού τύπου, ανάλογα με την κατηγορία της αρτηρίας - είτε αρτηρία με ύπαρξη φωτεινών σηματοδοτών είτε ελεύθερη λεωφόρος. Σε κάθε πάντως περίπτωση πέρα από τα προαναφερθέντα κυκλοφοριακά δεδομένα που αποτελούν παραμέτρους εισαγωγής στους αλγορίθμους, απαιτείται και εκτενής παραμετροποίηση των αλγορίθμων η οποία αφορά κυρίως σε παραμέτρους δημιουργίας και διάλυσης των ουρών.

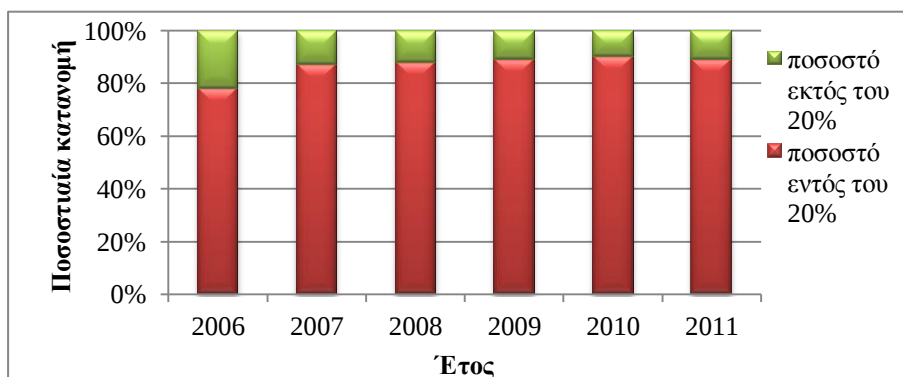
Το Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας εκτιμά τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή χρόνους διάνυσης για 60 διαδρομές που μεταδίδονται στις 24 Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων. Οι διαδρομές αυτές έχουν ως αρχή τη θέση που βρίσκεται η εκάστοτε ΠΜΜ και ως τέλος χαρακτηριστικούς προορισμούς των οδηγών που διέρχονται από τη θέση της εκάστοτε ΠΜΜ. Η ακριβής μεθοδολογία εκτίμησης των χρόνων διαδρομής έχει περιγραφεί αναλυτικά σε παλαιότερη εργασία (Sermis et al, 2006). Συνοπτικά και για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, αξίζει να τονιστεί πως κάθε διαδρομή χωρίζεται σε επιμέρους τμήματα διανυσμάτων, τα οποία ορίζονται ανάλογα με τις κρίσιμες διατομές της κάθε διαδρομής. Σε κάθε τμήμα διανύσματος έχουν εγκατασταθεί μια ή περισσότερες θέσεις μέτρησης, η ακριβής θέση των οποίων ορίζεται από τη φιλοσοφία των χρησιμοποιούμενων αλγορίθμων. Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση των αρτηριών με φωτεινή σηματοδότηση έχει εγκατασταθεί μια θέση μέτρησης που αφορά στη διατομή του κύριου ρεύματος κίνησης, ενώ στις ελεύθερες λεωφόρους έχουν εγκατασταθεί περισσότερες θέσεις μέτρησης που αφορούν τόσο στη διατομή του κύριου ρεύματος κίνησης όσο και στη διατομή της εκάστοτε ράμπας. Με τον τρόπο που περιγράφηκε νωρίτερα (συλλογή κυκλοφοριακών δεδομένων από τις θέσεις μέτρησης και εισαγωγή τους στον εκάστοτε αλγόριθμο) πραγματοποιείται εκτίμηση των χρόνων διαδρομής του κάθε τμήματος διανύσματος και ο αθροιστικός χρόνος των επιμέρους τμημάτων διανυσμάτων αποτελεί τον εκτιμώμενο χρόνο της συνολικής διαδρομής που αποστέλλεται στις Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων του ΚΔΚ.

ΑΝΑΛΥΣΗ

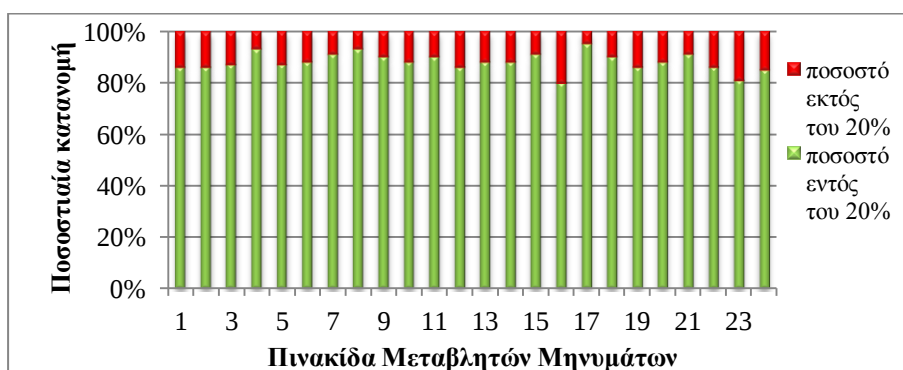
Στόχο της παρούσας εργασίας αποτελεί ο υπολογισμός της ακρίβειας των εκτιμώμενων χρόνων μετακίνησης που προβάλλονται στις ΠΜΜ. Αρχικά πρέπει να τονισθεί, πως ο στόχος που τέθηκε από το ΚΔΚ όσον αφορά στην ακρίβεια των εκτιμώμενων χρόνων διαδρομής με βάση τον τρόπο εκτίμησής τους από το Σύστημα Εποπτείας και Παρακολούθησης της Κυκλοφορίας SITRAFFIC CONCERT, ήταν να επιτευχθεί ακρίβεια της τάξης του 20%. Για τον υπολογισμό της ακρίβειας των εκτιμώμενων χρόνων διαδρομής (όσο και των επιμέρους τμημάτων διανυσμάτων), οι χρόνοι διάνυσης που εκτιμώνται από τους αλγορίθμους του συστήματος συγκρίνονται καθημερινά με τους πραγματικούς χρόνους μετακίνησης των οχημάτων, όπως αυτοί μετρώνται από τους χειριστές του ΚΔΚ μέσω των καμερών εποπτείας (ακολουθώντας σε πραγματικό χρόνο την κίνηση οχημάτων που πραγματοποιούν την υπό μέτρηση διαδρομή). Τα αποτελέσματα των συγκρίσεων των χρόνων που εκτιμά το σύστημα με τους μετρούμενους από τους χειριστές χρόνους, χρησιμοποιούνται για τις απαραίτητες τροποποιήσεις των παραμέτρων των αλγορίθμων εκτίμησης των χρόνων διαδρομής.

Το Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας απέστειλε για πρώτη φορά χρόνους διαδρομής σε Πινακίδα Μεταβλητών Μηνυμάτων στις αρχές του 2005. Κατά τη διάρκεια του 2005 ολοκληρώθηκε η διαδικασία εκτίμησης και αποστολής χρόνων διαδρομής σε όλες τις Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων και έκτοτε η συγκεκριμένη λειτουργία παραμένει διαρκής. Για το λόγο αυτό, τα στατιστικά στοιχεία τα οποία υπάρχουν και χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας εκτείνονται από τον Ιανουάριο του 2006 έως και τον Ιούλιο του 2011. Το συνολικό δείγμα της στατιστικής ανάλυσης ήταν 9916 μετρήσεις χρόνων διαδρομής. Στο 88% του δείγματος οι εκτιμώμενοι χρόνοι διαδρομής βρίσκονταν εντός του επιθυμητού διαστήματος ακρίβειας του 20%, ενώ το υπόλοιπο 12% βρισκόταν εκτός του επιθυμητού διαστήματος ακρίβειας. Θα πρέπει να τονιστεί ότι στην πλειοψηφία του το δείγμα αποτελείται από μετρήσεις οι οποίες δεν έχουν πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια των ελάχιστων χρόνων διαδρομής (όταν δηλαδή επικρατούν αραιές κυκλοφοριακές συνθήκες), αλλά κατά τη διάρκεια πυκνών ή κορεσμένων κυκλοφοριακών συνθηκών, όταν ο βαθμός κορεσμού είναι μεγαλύτερος του 0,75.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε περαιτέρω ανάλυση του δείγματος ώστε να εξεταστεί κατά πόσο το δείγμα παρουσίαζε στατιστικά σημαντικές μεταβολές σε σχέση είτε με το έτος των μετρήσεων είτε με την εκάστοτε ΠΜΜ. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στα Γραφήματα 1 και 2.



Γράφημα 1: Ποσοστιαία κατανομή της ακρίβειας των μετρηθέντων χρόνων διαδρομής ανά έτος



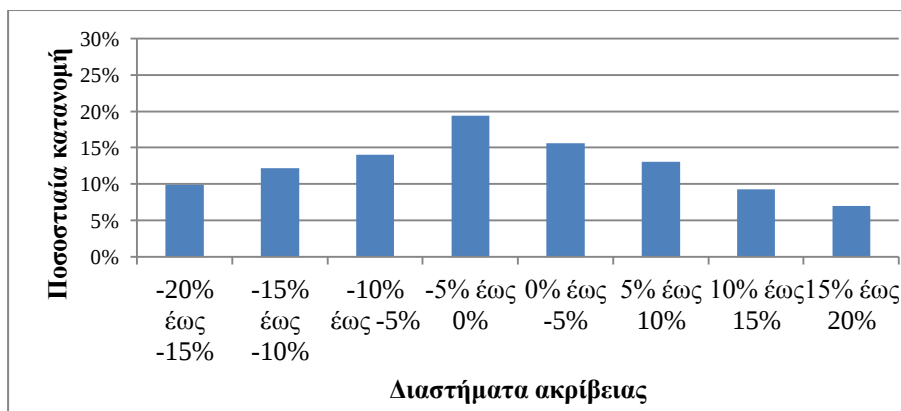
Γράφημα 2: Ποσοστιαία κατανομή της ακρίβειας των μετρηθέντων χρόνων διαδρομής ανά Πινακίδα Μεταβλητών Μηνυμάτων

Από το Γράφημα 1 γίνεται φανερό πως η μόνη στατιστικά σημαντική διαφορά στην ποσοστιαία κατανομή της ακρίβειας των μετρηθέντων χρόνων διαδρομής ανά έτος έχει να κάνει με το έτος 2006 σε σχέση με τα υπόλοιπα έτη (2007, 2008, 2009, 2010 και 2011). Πιο συγκεκριμένα το ποσοστό των μετρηθέντων διαδρομών εκτός του επιθυμητού διαστήματος ακρίβειας του 20% κατά το έτος 2006 ανέρχεται στο 22% ενώ τα υπόλοιπα έτη ανέρχεται στο 11% (κατά μέσο όρο) – το οποίο θεωρείται αντιπροσωπευτικό της υφιστάμενης κατάστασης. Ο λόγος για τη διαφοροποίηση που προκύπτει κατά το έτος 2006 είναι πως η συγκεκριμένη χρονιά ήταν η πρώτη – ουσιαστικά – χρονιά κατά την οποία προβλήθηκαν εκτενώς χρόνοι διαδρομής στις Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων του Κέντρου Διαχείρισης της Κυκλοφορίας με αποτέλεσμα να υπάρξουν περισσότερες μετρήσεις οι οποίες δεν βρίσκονταν εντός του επιθυμητού διαστήματος ακρίβειας του 20% εξαιτίας προβλημάτων που είχαν να κάνουν με την έλλειψη της απαραίτητης εμπειρίας και τα οποία σχολιάζονται

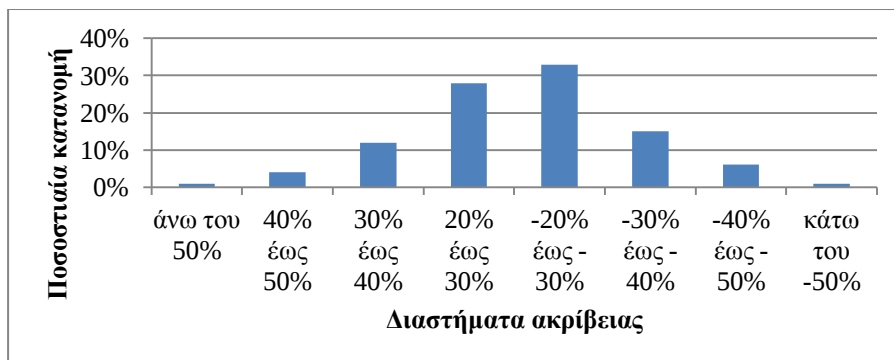
εκτενέστερα στο κεφάλαιο των Συμπερασμάτων. Στη συνέχεια τα συγκεκριμένα λάθη ελαχιστοποιήθηκαν με αποτέλεσμα κατά τα επόμενα έτη το ποσοστό των μετρηθέντων χρόνων διαδρομής εκτός του επιθυμητού ποσοστού του 20% να παραμείνει σταθερό και σε χαμηλότερες τιμές.

Από το Γράφημα 2 (από το οποίο έχουν εξαιρεθεί οι τιμές του 2006) γίνεται φανερό πως παρουσιάζονται μικρές διαφοροποιήσεις στο ποσοστό των μετρηθέντων διαδρομών που βρίσκονται εκτός του διαστήματος ακρίβειας του 20% ανά Πινακίδα Μεταβλητών Μηνυμάτων. Ο λόγος για τον οποίο παρουσιάζεται το συγκεκριμένο φαινόμενο έχει να κάνει με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου για το οποίο εκτιμώνται οι χρόνοι διαδρομής ανάλογα με τη θέση εγκατάστασης της εκάστοτε Πινακίδας Μεταβλητών Μηνυμάτων και το συγκεκριμένο φαινόμενο περιγράφεται αναλυτικότερα στο κεφάλαιο των Συμπερασμάτων.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ξεχωριστή ανάλυση των μετρηθέντων χρόνων διαδρομής για τα έτη 2007, 2008, 2009, 2010 και 2011 (έως Ιούλιο) ανάλογα με το αν βρίσκονταν εντός ή εκτός του επιθυμητού διαστήματος ακρίβειας με στόχο να προσδιοριστεί η ποσοστιαία κατανομή τους σε επιμέρους διαστήματα ακρίβειας. Αξίζει να τονισθεί πως με θετικό πρόσημο ορίζονται οι περιπτώσεις κατά τις οποίες οι εκτιμώμενοι χρόνοι διαδρομής είναι μικρότεροι των πραγματικών χρόνων διαδρομής, ενώ με αρνητικό πρόσημο ορίζονται οι περιπτώσεις κατά τις οποίες οι εκτιμώμενοι χρόνοι διαδρομής είναι μεγαλύτεροι των πραγματικών χρόνων διαδρομής. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα Γραφήματα 3 και 4:



Γράφημα 3: Ποσοστιαία κατανομή της ακρίβειας των μετρηθέντων χρόνων διαδρομής εντός του επιθυμητού διαστήματος ακρίβειας ανά επιμέρους διάστημα ακρίβειας



Γράφημα 4: Ποσοστιαία κατανομή της ακρίβειας των μετρηθέντων χρόνων διαδρομής εκτός του επιθυμητού διαστήματος ακρίβειας ανά επιμέρους διάστημα ακρίβειας

Από το Γράφημα 3 γίνεται φανερό πως η ακρίβεια των μετρηθέντων χρόνων διαδρομής εντός του επιθυμητού διαστήματος ακρίβειας κατανέμεται με τέτοιο τρόπο ανά διάστημα ακρίβειας (της τάξης του 5%) από τον οποίο προκύπτει πως όσο πλησιέστερο είναι το διάστημα ακρίβειας στο 0%, τόσο μεγαλύτερο είναι και το ποσοστό των μετρηθέντων χρόνων διαδρομής. Αυτό το στοιχείο αποτελεί θετικό χαρακτηριστικό των μετρηθέντων χρόνων διαδρομής υπό την έννοια πως καταδεικνύει ότι στατιστικά παρουσιάζεται η τάση να είναι όλο και μεγαλύτερη η ακρίβεια των εκτιμώμενων χρόνων διαδρομής.

Κατ' αντιστοιχία, από το Γράφημα 4 γίνεται φανερό πως η ακρίβεια των μετρηθέντων χρόνων διαδρομής εκτός του επιθυμητού διαστήματος ακρίβειας κατανέμεται με τέτοιο τρόπο ανά διάστημα ακρίβειας από τον οποίο συνάγεται πως στην πλειοψηφία των περιπτώσεων (61%) – για τα διαστήματα ακρίβειας από -20% έως -30% και από 20% έως 30% - η ακρίβειά τους βρίσκεται κοντά στον επιθυμητό στόχο του 20%.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι 24 Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων του Κέντρου Διαχείρισης της Κυκλοφορίας του Νομού Αττικής και ο τρόπος χρήσης τους αποτελούν τη σημαντικότερη εφαρμογή ευφών συστημάτων μεταφορών στην Ελλάδα. Το Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας χρησιμοποιεί τις 24 Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων κυρίως για την αποστολή μηνυμάτων αναγγελίας χρόνων διαδρομής, η επιθυμητή ακρίβεια εκτίμησης των οποίων είναι της τάξης του 20%. Η συγκεκριμένη ακρίβεια κρίθηκε αντιπροσωπευτική των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών κίνησης των οδηγών στο οδικό δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα, ο κάθε χρήστης του οδικού δικτύου έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά κίνησης (ταχύτητα κίνησης, χρήση λωρίδας κίνησης, αντίληψη οδικού δικτύου, αντίδραση σε εξωτερικά ερεθίσματα) λόγω των οποίων παρουσιάζει και διαφορετική συμπεριφορά οδήγησης. Η επιθυμητή ακρίβεια εκτίμησης του 20% εμπεριέχει ένα

ασφαλές διάστημα το οποίο δύναται να συμπεριλαμβάνει τις διαφορετικές συμπεριφορές οδήγησης της συντριπτικής πλειονότητας των χρηστών του οδικού δικτύου και ταυτόχρονα να αντιπροσωπεύει τον θεωρούμενο και ως «μέσο» οδηγό. Για το λόγο αυτό άλλωστε αξίζει να σημειωθεί πως οι χειριστές του Κέντρου Διαχείρισης της Κυκλοφορίας χρησιμοποιούν για τις καθημερινές μετρήσεις τους μέσω των καμερών αντιπροσωπευτικά οχήματα, δηλαδή οχήματα τα οποία δεν παρουσιάζουν κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, που να τα διαφοροποιούν από τα θεωρούμενα ως «μέσα» οχήματα.

Οι λόγοι για τους οποίους προκύπτουν διαφοροποιήσεις της τάξης του 11% ανάμεσα στους εκτιμώμενους και τους πραγματικούς χρόνους διάνυσης των διαδρομών δύναται να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες, οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά στη συνέχεια:

- ενδογενή προβλήματα που εμπεριέχει η μεθοδολογία εκτίμησης
- παράγοντες οι οποίοι δύναται είτε να βελτιωθούν είτε και να εξαλειφθούν
- λοιποί παράγοντες

Ενδογενή προβλήματα που εμπεριέχει η μεθοδολογία εκτίμησης

Για την εκτίμηση των χρόνων διαδρομής το Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας χρησιμοποιεί κατάλληλα διαμορφωμένους αλγόριθμους, που μεταξύ άλλων έχουν ως παραμέτρους εισαγωγής τα κυκλοφοριακά δεδομένα που συλλέγονται από τις θέσεις μέτρησης. Η συγκεκριμένη μέθοδος με μετρήσεις σημειακής ταχύτητας αποτελεί την πρώτη αιτία για την οποία παρουσιάζονται εκτιμήσεις των χρόνων διαδρομής που δεν βρίσκονται εντός του επιθυμητού ορίου του 20%. Πιο συγκεκριμένα, τα συλλεγόμενα κυκλοφοριακά δεδομένα παρά τον χαρακτηρισμό που έχουν ως κυκλοφοριακά δεδομένα σε «πραγματικό χρόνο», εν τούτοις στον λεγόμενο αυτό «πραγματικό χρόνο» εμπεριέχεται μια μικρή (αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις σημαντική) απόκλιση ανάμεσα στις διελεύσεις των οχημάτων και την χρονική στιγμή εισαγωγής αυτών των στοιχείων στους αλγόριθμους. Αυτή η απόκλιση προκύπτει για διάφορους τεχνικούς λόγους, όπως χρονικό διάστημα συλλογής των στοιχείων (συνήθως της τάξης των 90 δευτερολέπτων), χρονικό διάστημα αποστολής των στοιχείων και χρονικό διάστημα ανανέωσης της εκτίμησης των αλγόριθμων. Για το λόγο αυτό, σε ορισμένες περιπτώσεις όπου δημιουργείται ξαφνική και απότομη αλλαγή των κυκλοφοριακών δεδομένων, οι αλγόριθμοι εκτίμησης των χρόνων διαδρομής δύναται να παρουσιάζουν μια χρονική απόκλιση έως ότου χρησιμοποιήσουν τα αντιπροσωπευτικά κυκλοφοριακά δεδομένα και κατ' επέκταση εκτιμήσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τους χρόνους διαδρομής. Σε κάθε περίπτωση άλλωστε, ο τρόπος λειτουργίας του συγκεκριμένου συστήματος είναι αντιδραστικός (re-active), υπό την έννοια πως ακόμα και σε «πραγματικό χρόνο» να επεξεργάζονταν τα δεδομένα, ο εκτιμώμενος χρόνος διαδρομής θα αφορούσε σε ένα χρόνο διαδρομής που εκτιμάται τη χρονική στιγμή διέλευσης ενός οχήματος αλλά αφορά στο υπόλοιπο ταξίδι του (μέχρι δηλαδή τον τελικό προορισμό του), αν και κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του δύναται να αλλάξουν οι κυκλοφοριακές συνθήκες και επομένως η αρχική εκτίμηση να μην είναι ακριβής.

Ένας άλλος λόγος για τον οποίο παρουσιάζονται οι προαναφερθείσες αποκλίσεις ανάμεσα στους εκτιμώμενους και τους πραγματικούς χρόνους διαδρομής είναι η ακρίβεια εκτίμησης των χρησιμοποιούμενων αλγορίθμων. Το Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας χρησιμοποιεί τους αλγόριθμους του Sachse (Siemens, 2001) και του Tannert (Siemens, 2001), οι οποίοι όπως και όλοι οι αλγόριθμοι αποτελούν μια μαθηματική φόρμουλα προσέγγισης των χρόνων διαδρομής η οποία παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ως πλεονέκτημα τους θεωρείται η ευκολία παραμετροποίησης ενώ το μειονέκτημά τους είναι η «απλοϊκότητα» τους..

Τέλος, η πληροφόρηση που λαμβάνουν οι χρήστες του οδικού δικτύου για τους χρόνους διαδρομής (μέσω των ΠΜΜ) μπορεί να αποτελέσει αιτία αλλαγής των αποφάσεων τους (π.χ. σε περίπτωση που οι χρόνοι διαδρομής είναι μεγαλύτεροι από τους χρόνους διαδρομής που οι ίδιοι θα επιθυμούσαν), με αποτέλεσμα να επηρεάσουν τις επιλογές της μετακίνησής τους (επιλογή διαδρομής) και επομένως να παρουσιαστεί και απόκλιση των πραγματικών χρόνων διαδρομής από τους εκτιμώμενους χρόνους διαδρομής.

Παράγοντες που είτε δύναται να βελτιωθούν είτε και να εξαλειφθούν

Στην συγκεκριμένη κατηγορία περιλαμβάνονται διαφορών φύσεων προβλήματα τα οποία κυρίως παρουσιάστηκαν κατά το πρώτο έτος προβολής των εκτιμώμενων χρόνων διαδρομής στις Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων (2006). Τα προβλήματα αυτά έχουν να κάνουν με τις θέσεις εγκατάστασης των θέσεων μέτρησης. Όπως τονίστηκε και πρωτύτερα, η ακριβής θέση εγκατάστασης των θέσεων μέτρησης ορίζεται από τη φιλοσοφία των αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται. Σε ορισμένες περιπτώσεις – κατά το πρώτο κυρίως έτος χρήσης των ΠΜΜ – έγινε φανερό πως οι θέσεις στις οποίες είχαν εγκατασταθεί οι θέσεις μέτρησης θα μπορούσαν να βελτιωθούν με στόχο να αντιπροσωπεύουν καλύτερα τις κυκλοφοριακές συνθήκες του οδικού δικτύου. Για το λόγο αυτό, πραγματοποιήθηκε επανεγκατάσταση αυτών των θέσεων μέτρησης σε αντιπροσωπευτικότερα σημεία κατόπιν σχετικής ανάλυσης.

Όσον αφορά τη βελτίωση των συγκεκριμένων παραγόντων, για την όσο το δυνατόν αντιπροσωπευτικότερη εκτίμηση των υφιστάμενων κυκλοφοριακών συνθηκών ανά τακτά χρονικά διαστήματα και κατόπιν εκτίμησης των σχετικών αναγκών πραγματοποιείται εμπλουτισμός των θέσεων μέτρησης με στόχο τον χωρισμό των συνολικών διαδρομών σε περισσότερα επιμέρους τμήματα διανυσμάτων. Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται και οι όποιες διαφοροποιήσεις προκύπτουν σε σχέση με την εκάστοτε Πινακίδα Μεταβλητών Μηνυμάτων (Γράφημα 2), μια και σε κάθε ΠΜΜ προβάλλονται χρόνοι διαδρομής που αφορούν σε διαφορετικό οδικό δίκτυο με άλλα χαρακτηριστικά, τόσο γεωμετρικά όσο και κυκλοφοριακά.

Λοιποί παράγοντες

Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται διάφοροι άλλοι παράγοντες, οι οποίοι δύναται να συμβάλλουν στην μη επιθυμητή ακρίβεια. Ένας χαρακτηριστικός τέτοιος παράγοντας είναι η ύπαρξη τροχονόμων για τη ρύθμιση της κυκλοφορίας. Όπως τονίστηκε και νωρίτερα, η θέση στην οποία έχουν εγκατασταθεί οι θέσεις

μέτρησης ορίζεται από τη φιλοσοφία των χρησιμοποιούμενων αλγορίθμων. Ειδικά στην περίπτωση των αρτηριών με κόμβους με φωτεινή σηματοδότηση, η επιλογή της θέσης εγκατάστασης εξαρτάται από τους χρόνους πρασίνου των φωτεινών σηματοδοτών. Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες η ρύθμιση της κυκλοφορίας πραγματοποιείται με τροχονόμους, οι οποίοι υποκαθιστούν στην ρύθμιση τους φωτεινούς σηματοδότες, οι θέσεις στις οποίες έχουν εγκατασταθεί οι θέσεις μέτρησης δεν είναι πλέον αντιπροσωπευτικές των υφιστάμενων κυκλοφοριακών συνθηκών.

Ένας άλλος παράγοντας αφορά στην ίδια τη διαδικασία μετρήσεων των πραγματικών χρόνων από τους χειριστές. Σε ορισμένες περιπτώσεις η επιλογή των οχημάτων ίσως να μην είναι αντιπροσωπευτική του «μέσου» οχήματος με αποτέλεσμα τη μέτρηση χρόνων διαδρομής που δεν αντιπροσωπεύουν τις υφιστάμενες κυκλοφοριακές συνθήκες.

Συνοπτικά από την ανάλυση που προηγήθηκε, αλλά και από την εμπειρία των 7 χρόνων λειτουργίας του Συστήματος Διαχείρισης της Κυκλοφορίας, προκύπτει πως τα όποια προβλήματα παρουσιάζονται στους εκτιμώμενους χρόνους διαδρομής προκύπτουν κυρίως στις περιπτώσεις κατά τις οποίες παρουσιάζεται απότομη αλλαγή των υφιστάμενων κυκλοφοριακών συνθηκών και σπάνια στις περιπτώσεις όπου οι κυκλοφοριακές συνθήκες παραμένουν σταθερές. Σε κάθε πάντως περίπτωση θα πρέπει να τονιστεί πως το υφιστάμενο σύστημα καθώς και ο τρόπος λειτουργίας του από το Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας αποτελούν ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα για το ποια είναι η ικανότητα ενός τέτοιου συστήματος εκτίμησης των χρόνων διαδρομής και για το ποια είναι τα προβλήματα τα οποία δύναται να μειώνουν την ακρίβεια της εκτίμησης των χρόνων διαδρομής.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Autoscope, (2003). Autoscope Software Suite User Manual. User manual.
- Coifman, B., Cassidy, M., 2002. Vehicle reidentification and travel time measurement on congested freeways. *Transportation Research Part A*, 36(10), pp. 899-917.
- Dougherty, M. (1995). A review of Neural Networks applied to Transport. *Transportation Research C*, 3(4), pp. 247-260.
- Sermpis, D.V, Babis, C., Theofilis, I., 2006. Travel time information via VMS in Athens. In: *Proceedings of the 1st International Symposium on Freeway and Tollway Operations*, Athens, Greece, June 2006.
- Siemens, 2001. SITRAFFIC CONCERT: Traffic Control and Monitoring System, Manual.
- Van Arde, M., Hellenga, B., Yu, L., Rakha, H., 1993. Vehicle probes as real-time ATMS sources of dynamic O-D and travel time data: Large urban systems. In: *Proceedings of the ATMS Conference held in St. Petersburg, Florida*, pp. 207-230.
- Zhang, M. and He, J.C. (1998). Estimating arterial travel time using loop data. Public Policy Center, University of Iowa.

ESTIMATION OF THE ACCURACY OF THE TRAVEL TIMES WHICH ARE DISPLAYED ON THE VMS OF THE ATHENS TRAFFIC MANAGEMENT CENTRE

The Athens Traffic Management Centre (ATMC) which is operated by the Hellenic Ministry of Infrastructure, Transport and Networks was built in 2004. The Variable Message Signs of the ATMC are characteristic leading technology on Intelligent Transport Systems and are used for intelligent traffic management in the city of Athens. Three types of messages are displayed in these 24 VMS, namely: Immediate and Advance Warning Messages, Travel-Time Information Messages and Public Announcement Messages.

The travel times are estimated by the use of spot speed measurement methods and namely, the use of the Tannert algorithm (Siemens, 2001) in case of urban roads involving traffic signals and the Sachse algorithm (Siemens, 2001) in case of highways. The aim of the ATMC is to estimate these travel times with an accuracy of 20%. For the calculation of the achieved accuracy the travel times which are estimated by the use of the algorithms were compared to the actual travel times as measured by the ATMC operators by the use of the CCTV cameras.

The sample for these calculations was 9916 measurements which were conducted within the period from January 2006 until June 2011. The analysis indicated that 89% of the measurements were within the desired accuracy whilst 11% was outside the desired accuracy. The analysis of the measured travel times which were within the desired 20% accuracy indicated that the closer the examined accuracy level to 0%, the more the measured travel times, which is a positive characteristic for the overall accuracy of the estimated travel times. The analysis of the measured travel times which were outside the desired 20% accuracy indicated that the vast majority of these measurements (61%) were in the 20% to 20% accuracy level.

As far as the main reasons for the 11% of the measured travel times which are outside the desired accuracy level is concerned, they are split into three categories, namely: generic problems of the methodology used (technical capabilities of both the traffic controllers and the algorithms, re-activeness of the system), parameters which could either be improved or removed (placement and enrichment of the monitoring positions) and other factors (regulation by traffic policemen and mistakes being made by the camera operators).