

Μέτρηση και Εκτίμηση Αβεβαιότητας Ηλεκτρομαγνητικού Πεδίου σε Σύγχρονα Συστήματα Ασύρματων Ευρυζωνικών Επικοινωνιών



του Δρ. Δημήτρη Στρατάκη

Η παρούσα διδακτορική διατριβή, εκπονήθηκε με την καθοδήγηση και επίβλεψη του Καθηγητή του Τομέα Τηλεπικοινωνιών του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΤΗΜΜΥ) της Πολυτεχνικής Σχολής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης κ. Θωμά Ξένου, από τα τέλη Δεκεμβρίου του 2006 ως τον Ιούνιο του 2010.

Θα ήθελα λοιπόν, εν πρώτοις και εκ βάθους καρδίας, να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Θωμά Ξένο για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου και την πρόταση του θέματος, για τη συνεχή και ουσιαστική καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής, για τη στήριξη που μου προσέφερε σε όλους τους επιμέρους παράγοντες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση μιας διδακτορικής διατριβής και όχι μόνο, για τις ευρύτερες γνώσεις που μου παρείχε στο επιστημονικό πεδίο των μετρήσεων και της αξιολόγησης των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων των σύγχρονων συστημάτων επικοινωνιών που άπτονται του αντικειμένου της παρούσας διατριβής. Επίσης, τον ευχαριστώ θερμά για την άμεση ανταπόκριση του οποτεδήποτε αυτό χρειάστηκε για την αντιμετώπιση των θεμάτων που προέκυπταν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διατριβής.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τους συνεργάτες μου στο Εργαστήριο Μή Ιοντιζουσών

Ακτινοβολιών (EMIA) του Τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων (ΕΠΠ) του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος (ΤΕΙ) Κρήτης. Πιο συγκεκριμένα, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Καθηγητή του ΕΠΠ κ. Βασίλειο Ζαχαρόπουλο, νυν αντιπρόεδρο του ΤΕΙ Κρήτης και Διευθυντή του EMIA, τόσο για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε στο επιστημονικό πεδίο της παρούσας διατριβής, όσο και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, αναθέτοντας μου τη θέση του αναπληρωτή υπευθύνου του EMIA και την ευθύνη της διενέργειας των μετρήσεων πεδίων μη ιοντιζουσών ακτινοβολιών που πραγματοποιούνται από την πρότυπη κινητή μονάδα που διαθέτει το εργαστήριο. Επίσης, εκφράζω τις θερμές μου ευχαριστίες στον συνεργάτη μου στη διενέργεια των μετρήσεων κ. Μιαουδάκη Ανδρέα, Δρ. του Πανεπιστημίου Πατρών και Επιστημονικό συνεργάτη του ΕΠΠ, για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε στην οργάνωση της πρότυπης κινητής μονάδας του EMIA και στην ανάπτυξη του λογισμικού πραγματοποίησης μετρήσεων και επεξεργασίας δεδομένων που υλοποιεί τις μεθόδους που προτείνονται από την παρούσα διατριβή, αλλά και για την αποτελεσματική συμβολή του στην ανάπτυξη των μεθοδολογιών εκτίμησης της αβεβαιότητας των μετρήσεων.

Θεωρώ επίσης υποχρέωση μου, να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στο Τμήμα ΕΠΠ του ΤΕΙ Κρήτης και στο ίδιο το

ΤΕΙ Κρήτης, που εκτός της εκπαιδευτικής άδειας που μου χορήγησαν για την αποπεράτωση της παρούσας διατριβής, μου επέτρεψαν κατά τη διάρκεια της άδειας αυτής την ελεύθερη χρήση του εξοπλισμού του ΕΜΙΑ για την πραγματοποίηση των μετρήσεων που απαιτήθηκαν. Χωρίς τους παραπάνω δύο παράγοντες ίσως να ήταν αδύνατη η εκπόνηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Σκοπός και στόχοι της διατριβής

Σκοπός της διδακτορικής διατριβής ήταν η διερεύνηση των μεθόδων μέτρησης και αξιολόγησης Η/Μ πεδίων που υπάρχουν πλέον στο καθημερινό περιβάλλον του σύγχρονου ανθρώπου και οφείλονται στη ραγδαία ανάπτυξη των συστημάτων ασυρμάτων ευρυζωνικών μικροκυματικών επικοινωνιών.

Η ραγδαία αυτή ανάπτυξη, που οδηγεί στην ταχύτερη, ασφαλέστερη και αποδοτικότερη μετάδοση της γνώσης με ταυτόχρονη απαίτηση αύξησης του όγκου των διακινούμενων πληροφοριών και έχει ως απώτερο σκοπό τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου του σύγχρονου ανθρώπου, προϋποθέτει τη σε νέες βάσεις αξιολόγηση και βελτίωση των γενικά παραδεκτών σήμερα σχετικών τεχνικών μετρήσεων και ενδεχομένως και την εισαγωγή νέων. Επίσης, οποιοδήποτε νέο μοντέλο ασύρματης μετάδοσης πληροφορίας προταθεί στο μέλλον ή οποιοδήποτε παλιό μοντέλο αξιολογηθεί και τροποποιηθεί με σκοπό τη βελτίωσή του, θα πρέπει να πιστοποιηθεί με αξιόπιστες μετρήσεις, βασικό στοιχείο των οποίων θα αποτελεί η εκτίμηση της συμπαραμαρτούσας αβεβαιότητας. Εάν στο πρόβλημα αυτό συνυπολογιστεί και η σημασία της εκτίμησης και των πιθανών αρνητικών επιπτώσεων των Η/Μ πεδίων στην ανθρώπινη υγεία, καταδεικνύεται η σημασία και η πολυπλοκότητα του προ-

βλήματος.

Η εκτίμηση αυτή όμως, η οποία προφανώς αποτελεί γνωστικό αντικείμενο της βιολογίας και της ιατρικής, δεν παύει να συναρτάται με τη σωστή, in situ συνήθως, μέτρηση και αξιολόγηση των επιδρώντων Η/Μ πεδίων. Προς την κατεύθυνση αυτή λοιπόν, έχουν προταθεί και θεσπιστεί πολλά πρότυπα διεξαγωγής και αξιολόγησης των αποτελεσμάτων μετρήσεων. Παρά ταύτα και λόγω της προφανούς πολυπλοκότητας του προβλήματος και παρά το γεγονός της ύπαρξης σχετικών προτύπων μετρήσεων, αυτά δεν έχουν γίνει πλήρως αποδεκτά και κατά συνέπεια δεν επιλύουν τα προβλήματα που αντιμετωπίζονται σε σύνθετα Η/Μ περιβάλλοντα.

Συνεπώς, δεδομένου ότι οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται με την υπάρχουσα σημερινή τεχνολογία των οργάνων μέτρησης μπορούν να καταταχθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, στις μετρήσεις ευρείας ζώνης και στις μετρήσεις στενής ζώνης, οι επιμέρους στόχοι που τέθηκαν για την ολοκλήρωση της διατριβής ήταν οι παρακάτω:

- (α) Η μελέτη του τρόπου διεξαγωγής ευρυζωνικών μετρήσεων και η ανάπτυξη μιας γενικής μεθοδολογίας υπολογισμού της συνολικής αβεβαιότητας που τις συνοδεύει, είτε πρόκειται για μετρήσεις διακριτού σημείου, είτε πρόκειται για μετρήσεις εξαγωγής της χωρικής μέσης τιμής από ένα πλήθος μετρήσεων σε διαφορετικά χωρικά σημεία.
- (β) Η μελέτη του τρόπου διεξαγωγής μετρήσεων στενής ζώνης με χρήση κατευθυντικών κεραιών λήψης και η ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη λήψη του μέγιστου πεδίου από μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, χωρίς την εκ των προτέρων γνώση της γωνίας λήψης και τη μεσολήβηση του χειριστή για τον εντοπισμό της, γεγονός που θα μπορούσε να οδηγήσει σε εσφαλμένα αποτελέσματα ένεκα της

διαταραχής στην κατανομή των πεδίων εντάσεων από το ίδιο το σώμα του χειριστή. Σημειώνεται μάλιστα, ότι πάνω από ένα κατώτερο όριο συχνοτήτων, οι μόνες κεραιές που υπάρχουν στο εμπόριο σήμερα είναι οι κατευθυντικές κεραιές και επομένως έχει μεγάλη σημασία η ανάπτυξη της μεθοδολογίας αυτής.

- (γ) Η μελέτη του τρόπου διεξαγωγής πολλαπλών μετρήσεων στενής ζώνης και η ανάπτυξη μεθοδολογίας για την εύρεση των συνολικών Η/Μ μεγεθών και των σχετικών αβεβαιοτήτων τους σε ένα ευρύτερο φάσμα συχνοτήτων, όπου ενδέχεται για τη λήψη των μετρήσεων αυτών να απαιτούνται διαφορετικές ρυθμίσεις των παραμέτρων του συστήματος μέτρησης, ή ακόμα και διαφορετικά όργανα μέτρησης.
- (δ) Επίσης, για να μπορούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτών να χρησιμοποιηθούν και για την εκτίμηση της έκθεσης των ανθρώπων σε Η/Μ περιβάλλοντα πολλαπλών και πολλαπλών συχνοτήτων, ετέθη και ως επιπλέον στόχος η ανάπτυξη μεθοδολογίας υπολογισμού των μερικών και του συνολικού αθροίσματος των πηλικών έκθεσης (Sum of Exposure Quotients - SEQ) και των σχετικών αβεβαιοτήτων τους, που αποτελούν μέτρο της συμμόρφωσης με τα εκάστοτε θεσμοθετημένα όρια έκθεσης.
- (ε) Η διερεύνηση των τρόπων διεξαγωγής μετρήσεων για την εξαγωγή της χωρικής μέσης τιμής των διαφόρων Η/Μ μεγεθών και η ανάπτυξη γενικής μεθοδολογίας υπολογισμού της χωρικής μέσης τιμής και εκτίμησης της αντίστοιχης συνολικής αβεβαιότητάς της από πολλαπλές μετρήσεις στενής ζώνης, σε πλήθος διαφορετικών χωρικών σημείων, σε περιβάλλοντα πολλαπλών

συχνοτήτων διαφορετικών τύπων σταθμών εκπομπής. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, για να μπορούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτών να χρησιμοποιηθούν και για την εκτίμηση της έκθεσης των ανθρώπων σε τέτοιου τύπου σύνθετα Η/Μ περιβάλλοντα, ετέθησαν και τρεις επιπλέον στόχοι:

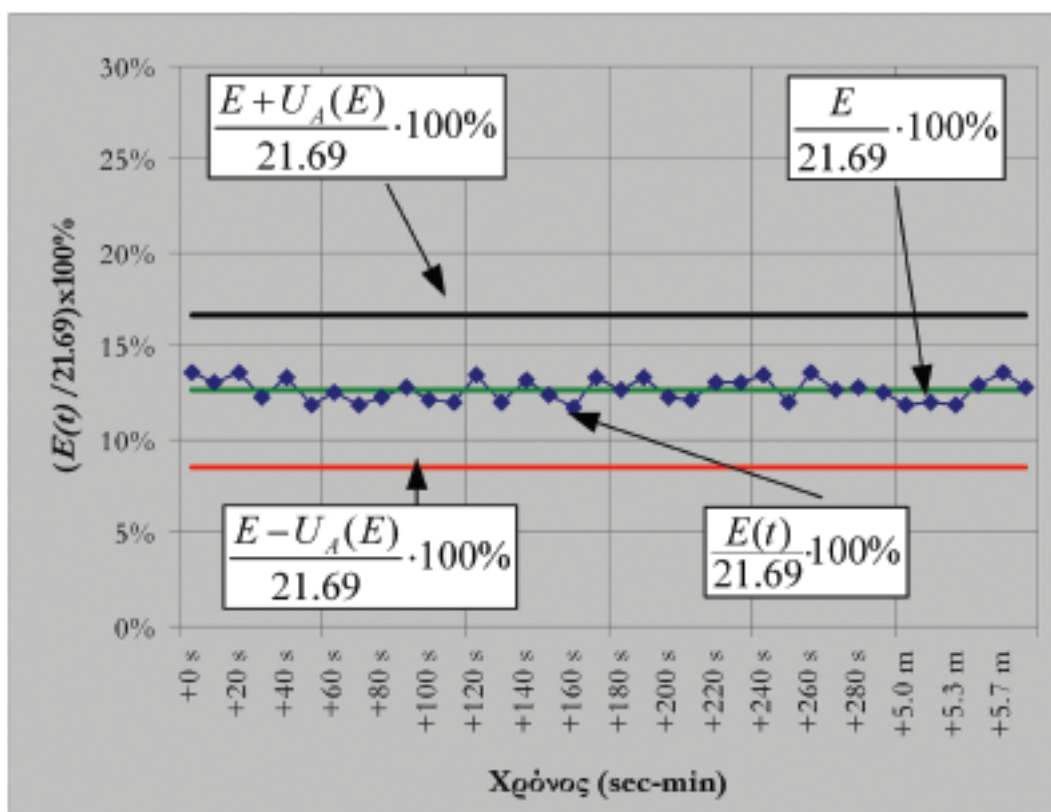
- 1) Η ανάπτυξη μεθοδολογίας υπολογισμού, από δεδομένα πραγματικών μετρήσεων, των μέγιστων πιθανών σταθμών και των αντίστοιχων αβεβαιοτήτων τους όσον αφορά τα πεδία που προέρχονται από σταθμούς εκπομπής μεταβαλλόμενης ισχύος λόγω συνήθως της μεταβαλλόμενης συνδρομητικής κίνησης που εξυπηρετούν (π.χ. συστήματα GSM κινητής τηλεφωνίας 2ης γενιάς) σε περίπτωση που δεν είναι γνωστό εκ των προτέρων το πλάνο εκχώρησης συχνοτήτων από όλους τους παρόχους υπηρεσιών του δικτύου, πράγμα που ισχύει στην πράξη για την πλειοψηφία των περιπτώσεων. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να εκτιμηθούν οι συνθήκες μέγιστης έκθεσης σε ένα δεδομένο σημείο ή οι συνθήκες μέγιστης έκθεσης σε ένα σύνολο χωρικών σημείων, που προσομοιώνουν την προβολή του ανθρώπινου σώματος, ακόμα και όταν οι μετρήσεις στην ζώνη εκπομπής των σταθμών τέτοιου τύπου δε ληφθούν σε συνθήκες εκπομπής ταυτοχρονισμού μέγιστης ισχύος από όλους τους σταθμούς όλων των παρόχων της περιοχής.
- 2) Η αντιμετώπιση των χρονικών περιορισμών, που στην πράξη εισάγει η διαδικασία λήψης πολλαπλών μετρήσεων σε πολλαπλά χωρικά σημεία για τον υπολογισμό της χωρικής μέσης τιμής, και επομένως η εξεύρεση του καλύτερου συνδυασμού και

του ελάχιστου αριθμού σημείων λήψης μετρήσεων για αξιόπιστα αποτελέσματα της χωρικής μέσης τιμής στον μικρότερο δυνατό χρόνο μετρήσεων και με τις συγκριτικά μικρότερες αποκλίσεις από τα αντίστοιχα που ενδεχομένως θα προέκυπταν από πολύ μεγαλύτερο αριθμό σημείων.

- 3) Η ανάπτυξη γενικής μεθοδολογίας υπολογισμού της χωρικής μέσης τιμής του SEQ και της αντίστοιχης αβεβαιότητάς της, που αποτελεί και το καθολικό μέτρο συμμόρφωσης με τα εκάστοτε θεσμοθετημένα όρια έκθεσης σε όλα σχεδόν τα Διεθνή

πρότυπα έκθεσης. Ο υπολογισμός τόσο της χωρικής μέσης τιμής του SEQ, όσο και της σχετιζόμενης με αυτήν αβεβαιότητας, αποκτά ιδιαίτερη σημασία και είναι επιβεβλημένος, όταν τα αποτελέσματα από την εκτίμηση της έκθεσης σε ένα σημείο υπερβαίνουν κάποιες στάθμες των ορίων έκθεσης.

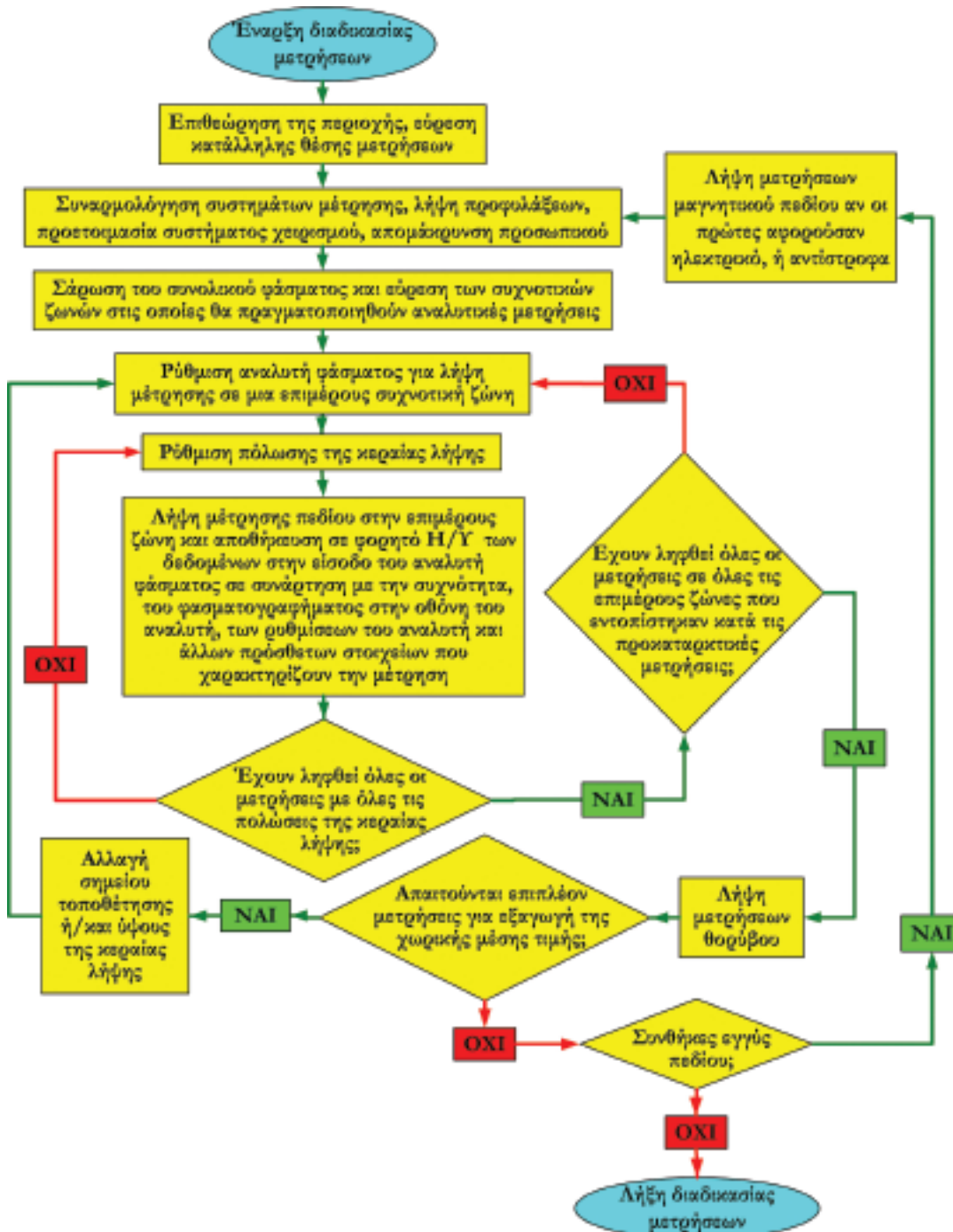
- (στ) Η οριοθέτηση των απαιτήσεων και η ανάπτυξη λογισμικών πακέτων, που θα μπορούν να καθοδηγούν το εκάστοτε σύστημα μετρήσεων στην αυτοματοποιημένη λήψη των μετρήσεων, επεξεργασία των δεδομένων και εξαγωγή των αποτελεσμάτων, με τις ελάχιστες δυνα-



Σχήμα 1. Μεταβολή της RMS τιμής του ηλεκτρικού πεδίου, μέση τιμή της () και μεταβολή της μέσης τιμής λόγω της διευρυμένης αβεβαιότητας (U_A) για μια μέτρηση διάρκειας 6 λεπτών, σαν ποσοστά της δυσμενέστερης τιμής των επιπέδων αναφοράς για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που υιοθετούνται από την Ελληνική Νομοθεσία για το φάσμα συχνότητας από 100kHz ως 3GHz

τές παρεμβάσεις από τους χειριστές. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό αφού έτσι αποκλείονται οι διαταραχές των με-

τρούμενων πεδίων από τη φυσική παρουσία των χρηστών.



Σχήμα 2. Τυπικά βήματα, απαραίτητα για τη λήψη πολλαπλών μετρήσεων στενής ζώνης, σε περιβάλλον πολλών πομπών και πολλών συχνοτήτων

Αποτελέσματα

Για τις μετρήσεις ευρείας ζώνης, αναπτύχθηκε γενική μεθοδολογία υπολογισμού της συνολικής αβεβαιότητας του μετρούμενου πεδίου και στην περίπτωση των σημειακών μετρήσεων και στην περίπτωση των μετρήσεων εξαγωγής χωρικής μέσης τιμής, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί για οποιοδήποτε ευρυζωνικό σύστημα μέτρησης εφόσον χρησιμοποιηθούν οι αντίστοιχες τιμές για τις επιμέρους αβεβαιότητες των τμημάτων του.

Για τις κατευθυντικές μετρήσεις στενής ζώνης, αναπτύχθηκε μεθοδολογία για τη λήψη του μέγιστου πεδίου από μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, χωρίς την εκ των προτέρων γνώση της γωνίας λήψης και τη μεσολήβηση του χειριστή για τον εντοπισμό της.

Το πρόβλημα γενικεύτηκε και συνακόλουθα αναπτύχθηκε γενική μεθοδολογία λήψης πολλαπλών μετρήσεων στενής ζώνης, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί είτε σε μετρήσεις με κατευθυντικές κεραιές, είτε με διπολικές κεραιές, είτε με ιστροπικές κεραιές, είτε σε μετρήσεις που απαιτούν το συνδυασμό των παραπάνω κεραιών σε μικρό ή σε μεγάλο εύρος φάσματος ανεξάρτητα από τους τύπους των συστημάτων επικοινωνίας που λειτουργούν σε αυτό. Επίσης, αναπτύχθηκε μεθοδολογία υπολογισμού των αβεβαιοτήτων των πεδιακών μεγεθών, η οποία εκτός του ότι μπορεί να εφαρμοστεί σε μετρήσεις διαφορετικών ζωνών συχνότητας, μπορεί να εφαρμοστεί για ταυτόχρονες μετρήσεις πολλών καναλιών στη ζώνη κάλυψης μιας υπηρεσίας, όπως π.χ. για όλα τα κανάλια στη ζώνη κάτω ζεύξης κάποιου συστήματος κινητών επικοινωνιών, για μετρήσεις στη ζώνη συχνότητας ενός συγκεκριμένου καναλιού μιας υπηρεσίας, π.χ. ενός καναλιού GSM ή UMTS, ή ακόμα και για μετρήσεις σε μια

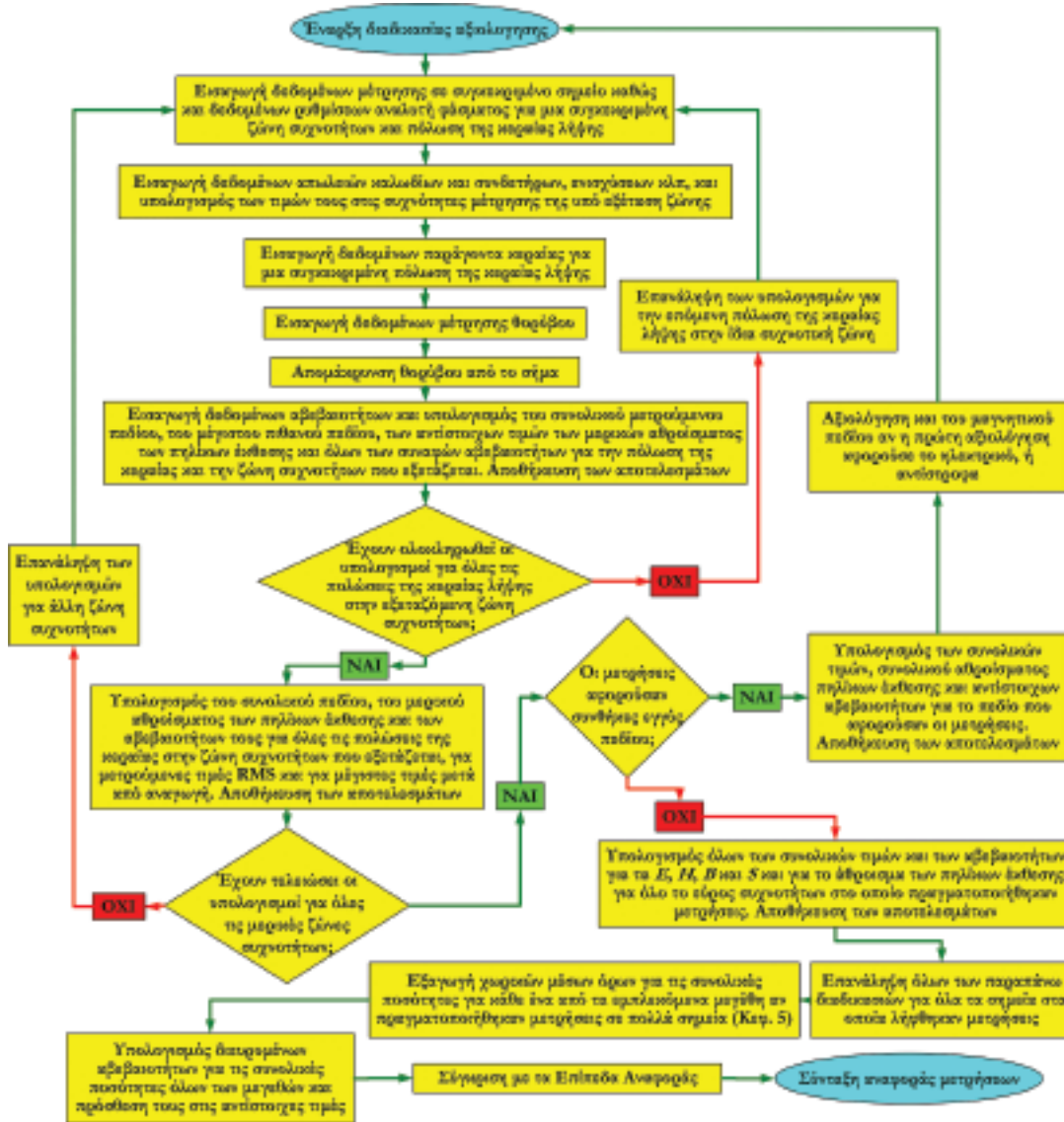
μόνο συγκεκριμένη συχνότητα. Επιπρόσθετα, αναπτύχθηκε και μεθοδολογία υπολογισμού του αθροίσματος των πηλίκων έκθεσης και των αντίστοιχων αβεβαιοτήτων. Οι μεθοδολογίες αυτές μπορούν να προσαρμοστούν σε οποιαδήποτε μετρητικά συστήματα στενής ζώνης χρησιμοποιώντας τις τιμές των επιμέρους αβεβαιοτήτων που συνδέονται με τα διάφορα τμήματά τους.

Τέλος, αναπτύχθηκε μεθοδολογία για τη γενικότερη περίπτωση που απαιτείται η εξαγωγή της χωρικής μέσης τιμής και του υπολογισμού της αβεβαιότητάς της όταν εκτελούνται πολλαπλές μετρήσεις στενής ζώνης σε μικρό ή σε μεγάλο εύρος φάσματος, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί ανεξάρτητα από το είδος και το πλήθος των χρησιμοποιούμενων κεραιών και τον τύπο των σημάτων εντός της ζώνης συχνότητας ενδιαφέροντος. Για την εξαγωγή της χωρικής μέσης τιμής επιλέχθηκε η μέθοδος ράστερ χωρικών σημείων, λόγω της αξιοπιστίας της ως προς την επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων των μετρήσεων. Όσον αφορά την εκτίμηση της ανθρώπινης έκθεσης σε Η/Μ πεδία, προτάθηκε η χρήση ράστερ τύπου τετραέδρου αφού με μικρό αριθμό χωρικών σημείων που προσομοιώνουν τις διαστάσεις του εκτιθέμενου σώματος δίνει αποτελέσματα με τις μικρότερες αποκλίσεις από ράστερ πολύ περισσότερων σημείων. Αυτό είναι σημαντικό για τη μείωση του απαιτούμενου αριθμού και χρόνου λήψης των μετρήσεων. Βεβαίως, η ίδια μεθοδολογία μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε τύπο ράστερ, ανάλογα με τον σκοπό που εξυπηρετούν οι μετρήσεις.

Στην προτεινόμενη μεθοδολογία, περιλαμβάνεται και ο τρόπος υπολογισμού της χωρικής μέσης τιμής των αθροισμάτων των πηλίκων έκθεσης και της αβεβαιότητάς του. Επίσης, περιλαμβάνεται και πρακτική μεθο-

δολογία υπολογισμού των μέγιστων πιθανών πεδίων και των αβεβαιοτήτων τους από συστήματα κινητής τηλεφωνίας 2ης γενιάς μεταβλητής ισχύος εκπομπής, ανάλογης με την εξυπηρετούμενη συνδρομητική κίνηση. Η προτεινόμενη μεθοδολογία για τα συστήματα αυτά ελαχιστοποιεί τον απαιτούμενο χρόνο για την πραγματοποίηση των μετρήσεων, εξαλείφοντας ταυτό-

χρονα πιθανά σφάλματα των χειριστών του συστήματος μέτρησης και δεν προϋποθέτει την εκ των προτέρων γνώση της κατανομής συχνοτήτων στους σταθμούς βάσης των διαφόρων παρόχων του δικτύου, κάτι το οποίο συνήθως δεν είναι γνωστό στην πράξη.



Σχήμα 3. Βασικά στάδια αλγορίθμου επεξεργασίας δεδομένων για μετρήσεις σημείου, αλλά και για μετρήσεις εξαγωγής χωρικής μέσης τιμής

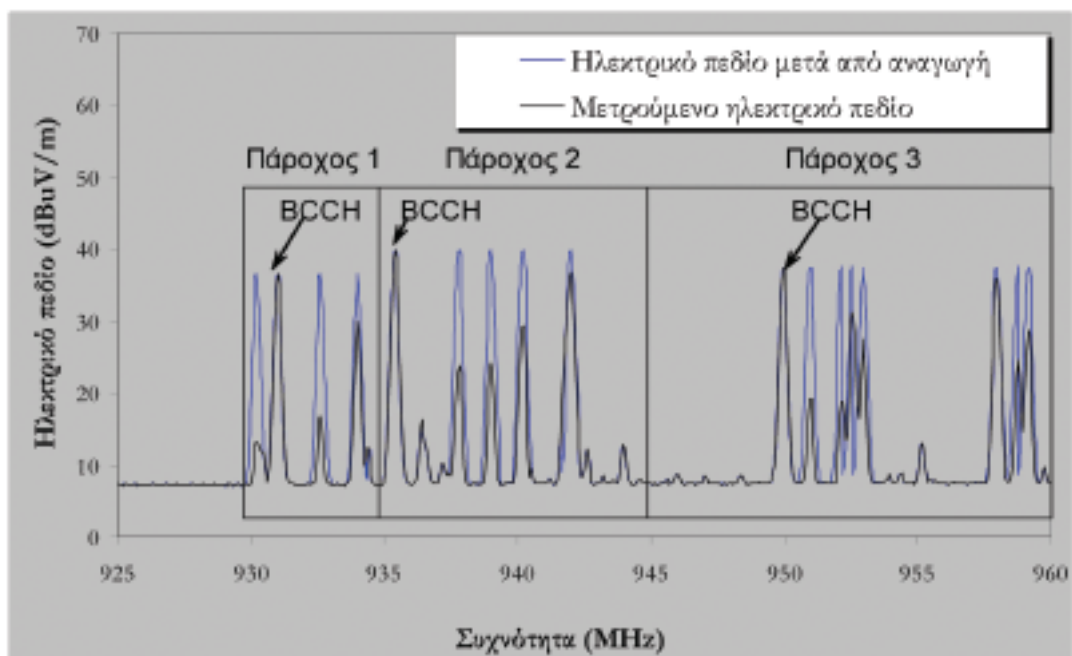
Επιπρόσθετα, για όλα τα παραπάνω συζητήθηκαν οι απαιτήσεις για την ανάπτυξη λογισμικών πακέτων αυτοματοποίησης μετρήσεων, επεξεργασίας δεδομένων και παρουσίασης αποτελεσμάτων και αναπτύχθηκε αντίστοιχο λογισμικό που τα υλοποιεί.

Πρέπει να σημειωθεί ότι για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων με την εφαρμογή των προτεινόμενων μεθοδολογιών, πραγματοποιήθηκε μεγάλος αριθμός και

Συμπεράσματα και συμβολή

Συνοψίζοντας, οι μεθοδολογίες διεξαγωγής μετρήσεων υπολογισμού αβεβαιοτήτων και αξιολόγησης των αποτελεσμάτων που προτείνονται στην παρούσα διατριβή, είναι πρωτότυπες και καλύπτουν κατά ένα γενικό τρόπο ένα ευρύ φάσμα τρόπου διενέργειας μετρήσεων και εφαρμογών ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν οι μετρήσεις.

Έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε πρακτικές εφαρμογές, εφόσον με την αυτομα-



Σχήμα 4. Φάσμα ηλεκτρικού πεδίου που υπολογίζεται από το μετρημένο και ανηγμένο επίπεδο για τη ζώνη DL του συστήματος GSM900. Τρεις πάροχοι υπηρεσιών λειτουργούν

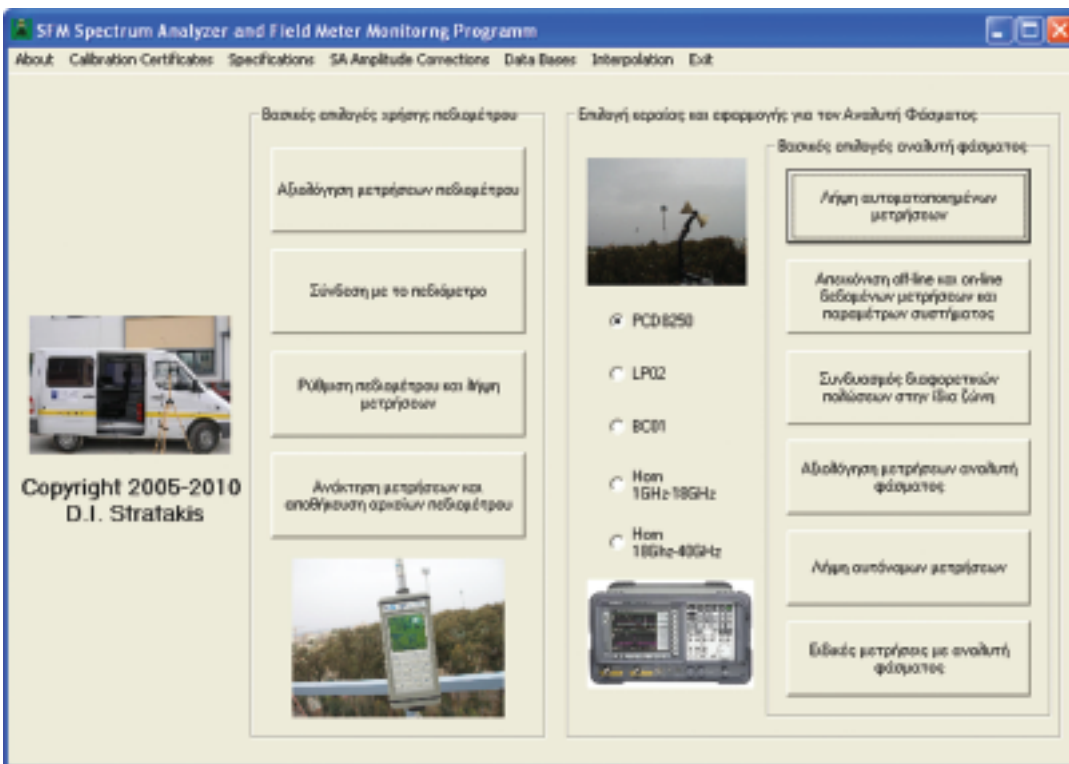
ευριζωνικών μετρήσεων και μετρήσεων στενής ζώνης στις ίδιες ζώνες συχνοτήτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν εξαιρετικά καλή συμφωνία των δύο τύπων μετρήσεων για τα συνολικά πεδία με διαφορές μέσα στα πλαίσια των αβεβαιοτήτων των εκάστοτε χρησιμοποιούμενων οργάνων του μετρητικού συστήματος.

τοποίηση που προτείνεται, ο χρόνος διεξαγωγής των μετρήσεων ειδικά σε ευριζωνικά περιβάλλοντα πολλαπλών συχνοτήτων και πολλών πομπών καθώς και σε προβλήματα εξαγωγής χωρικής μέσης τιμής, μειώνεται σημαντικά με ταυτόχρονο αποκλεισμό τυχαίων η εξ αμελείας σφαλμάτων από τη συμμετοχή των χειριστών στις διαδικασίες μετρήσεων.

Με τις κατάλληλες τροποποιήσεις και

αλληλαγές στις επιμέρους παραμέτρους που περιγράφουν ένα δεδομένο σύστημα μετρήσεων (δέκτης και βέλτιστες ρυθμίσεις, κεραίες, καλώδια, πρόβολοι, παράμετροι επιμέρους αβεβαιοτήτων κλπ), μπορούν να εφαρμοστούν γενικά για πολλή από τα είδη των ευρέως χρησιμοποιούμενων σήμερα οργάνων και τύπους Η/Μ σημάτων. Αντιμετωπίζονται κατά τον τρόπο αυτό, πολλή από τα προβλήματα και ελλείψεις

Η πρωτοτυπία και η επάρκεια των προτεινόμενων μεθόδων μπορεί να θεωρηθεί ότι επιβεβαιώνεται και πιστοποιείται με 6 δημοσιεύσεις σε έγκριτα Διεθνή επιστημονικά περιοδικά και 7 ανακοινώσεις σε πρακτικά Διεθνών επιστημονικών συνεδρίων των αποτελεσμάτων από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της διατριβής.



Σχήμα 5. Το παράθυρο εισαγωγής του λογισμικού που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διατριβής

των υπάρχοντων προτύπων μέτρησης και αξιολόγησης Η/Μ πεδίων των σημερινών συστημάτων ασύρματων επικοινωνιών, συμβάλλοντας είτε στην επιβεβαίωση νέων αναπτυσσόμενων μοντέλων διάδοσης είτε στην εξέλιξη των ήδη υπάρχοντων, ή στην πιο ουσιαστική μελέτη των πιθανών επιπτώσεων των Η/Μ πεδίων στην ανθρώπινη υγεία.

Δρ. Στρατάκης Ι. Δημήτριος

Καθηγητής Εφαρμογών

Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων

ΤΕΙ Κρήτης

Email: stratakis@epp.teicrete.gr