

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

**ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ  
ΤΟΥ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΟΥ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΈΡΓΟΥ**

**ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΖΥΓΚΙΡΙΔΗΣ**

**ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2016**

## ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Θεόδωρος Θ. Ζυγκιρίδης, Ανάπτυξη βελτιστοποιημένων σχημάτων πεπερασμένων διαφορών ανώτερης τάξης για την ακριβή επίλυση ηλεκτρομαγνητικών προβλημάτων στο πεδίο του χρόνου, Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2005.**

Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο της διατριβής πραγματοποιείται εκτενής βιβλιογραφική έρευνα, σχετική με τα σφάλματα της αριθμητικής μεθόδου των πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου (finite-difference time-domain – FDTD method), καθώς και την ύπαρξη εναλλακτικών-βελτιωμένων λύσεων. Το 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο επικεντρώνεται σε πλεγματικά φαινόμενα όπως αριθμητική διασπορά, ανισοτροπία και αποκοπή υψίσυχων ρυθμών, ενώ γίνεται αναφορά και σε συνήθεις πρακτικές χωροχρονικής διακριτοποίησης. Οι αδυναμίες του συμβατικού σχήματος FDTD (2,4) αντιμετωπίζονται στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο με την εισαγωγή τεχνητής ανισοτροπίας στον υπολογιστικό χώρο. Η συγκεκριμένη τεχνική είναι απλή σε σύλληψη και εφαρμογή και, παράλληλα, οδηγεί σε σημαντική βελτίωση της απόδοσης. Το 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο αφιερώνεται στην ανάπτυξη δύο νέων αλγορίθμων τύπου (2,4), μέσω κατάλληλων τεχνικών σχεδίασης. Η πρώτη αξιολογεί τη σχέση αριθμητικής διασποράς ως μέτρο σφαλμάτων, ενώ η δεύτερη επιδιώκει ξεχωριστά τη βελτιστοποίηση χωρικών και χρονικών τελεστών. Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο θεμελιώνεται μια νέα οικογένεια βελτιστοποιημένων τεχνικών FDTD, οι οποίες υιοθετούν πολυδιάστατες χωρικές προσεγγίσεις και σχεδιάζονται με τρόπο ώστε να ελαχιστοποιούνται οι πλεγματικές ανακρίβειες. Συγκεκριμένα, χάρη στην εισαγωγή και ανάλυση καινοτόμων εκτιμητών σφαλμάτων καθίσταται δυνατή η προσαρμογή των υπολογιστικών δυνατοτήτων στις απαιτήσεις του εκάστοτε προβλήματος. Τέλος, στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο συνοψίζονται τα σημαντικότερα συμπεράσματα.

## ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΕ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ

- [J.38] **Georgios G. Pyrialakos, Theodoros T. Zygiridis, and Nikolaos V. Kantartzis, “A 3-D polynomial-chaos FDTD technique for complex inhomogeneous media with arbitrary stochastically varying index gradients,” *ACES Express J.*, vol. 1, no. 3, pp. 109–112, Mar. 2016.**

Ένας βελτιωμένος αλγόριθμος πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου βασισμένος σε αναπαράστασεις πολυωνυμικού χάους παρουσιάζεται σε αυτό το άρθρο για προβλήματα με στοχαστικές αβεβαιότητες. Εστιάζοντας στη λύση των μερικών διαφορικών εξισώσεων που ισχύουν, η νέα τρισδιάστατη τεχνική χρησιμοποιεί την ανάλυση Karhunen-Loève για να αποσυσχετίσει αποτελεσματικά τυχαίες παραμέτρους εισόδου που εισάγονται από στοχαστικές διαδικασίες. Έτσι, οι διαστάσεις του χώρου περιορίζονται και επιτυγχάνονται υψηλά επίπεδα ακρίβειας, ακόμα και για μέσα με απότομες και άγνωστες στατιστικές μεταβολές. Το κέρδος επιβεβαιώνεται μέσω αριθμητικών αποτελεσμάτων.

- [J.37] **Theodoros T. Zygiridis, Nikolaos V. Kantartzis, and Theodoros D. Tsiboukis, “Four-stage split-step FDTD method with error-cancellation features,” *ACES Express J.*, vol. 1, no. 3, pp. 105–108, Mar. 2016.**

Αναπτύσσουμε μια μεθοδολογία που επιτρέπει την ορθή εισαγωγή χωρικών τελεστών ανώτερης τάξης σε ένα σχήμα πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου που είναι ευσταθές άνευ συνθήκης. Η προτεινόμενη προσέγγιση καταλήγει σε χωρικές προσεγγίσεις που εξασφαλίζουν καλύτερη εξισορρόπηση των χωρο-χρονικών λαθών, σε σχέση με τις κλασικές εκφράσεις τέταρτης τάξης. Οι τελευταίες δεν είναι όσο αποτελεσματικές θα περίμενε κανείς, εξαιτίας της διαφορετικής τάξης τους, σε σχέση με την ακρίβεια δεύτερης τάξης στο χρόνο της μεθοδολογίας. Η νέα τεχνική χρησιμοποιεί τη σχέση διασποράς ως δείκτη σφαλμάτων, καταλήγει σε τελεστές που εξαρτώνται από το σχήμα των κελιών και το χρονικό βήμα και βελτιώνει την απόδοση σε όλες τις συχνότητες.

- [J.36] **Theodoros T. Zygiridis, Nikolaos V. Kantartzis, and Theodoros D. Tsiboukis, “Development of optimized operators based on spherical-harmonic expansions for 3D FDTD schemes,” *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics*, vol. 51, no. s1, pp. S57- S66, 2016.**

Το αντικείμενο αυτού του άρθρου σχετίζεται με τη θεμελίωση εκφράσεων πεπερασμένων διαφορών με ελαχιστοποιημένα, όπως και ελεγχόμενα, σφάλματα διακριτοποίησης, κατάλληλων για 3D FDTD προσομοιώσεις σε προβλήματα εκτεταμένης κλίμακας. Οι προτεινόμενες χωρικές προσεγγίσεις είναι σχεδιασμένες να μιμούνται τη συμπεριφορά των «συνεχών» τελεστών, όταν εφαρμόζονται σε συναρτήσεις που περιγράφουν επίπεδα κύματα. Για την εξάλειψη ανεπιθύμητων εξαρτήσεων από την κατεύθυνση διάδοσης, πραγματοποιείται η ανάλυση κατάλληλων εκφράσεων σφαλμάτων ως προς σφαιρικές αρμονικές συναρτήσεις, η οποία διευκολύνει τη βελτίωση της ακρίβειας και οδηγεί σε κλειστές εκφράσεις βελτιστοποιημένων συντελεστών για τους τελεστές. Ο συνδυασμός των νέων τελεστών με χρονικούς ολοκληρωτές, τόσο χαμηλής όσο και υψηλότερης τάξης, οδηγεί σε αποτελεσματικά χωρο-χρονικά μοντέλα, των οποίων η αξιοπιστία τα καθιστά κατάλληλα για την αντικατάσταση άλλων συμβατικών λύσεων.

- [J.35] **Nikolaos V. Kantartzis, Theodoros T. Zygiridis, Christos S. Antonopoulos, Yasushi Kanai, and Theodoros D. Tsiboukis, “A generalized domain-decomposition stochastic FDTD technique for**

**complex nanomaterial and graphene structures,” *IEEE Trans. Magn.*, vol. 52, no. 3, #7203804, Mar. 2016.**

Η συστηματική και ακριβής διαδικασία σχεδίασης ρεαλιστικών νανοσύνθετων εφαρμογών και πεπερασμένου μεγέθους διατάξεων γραφενίου με τυχαίες αβεβαιότητες υλικών παρουσιάζεται σε αυτό το άρθρο μέσω μιας 3-Δ στοχαστικής μεθόδου πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου. Η νέα τεχνική χρησιμοποιεί επιπλέον κόμβους που προέρχονται από το συνδυασμό όλων των πιθανών χωρικών ιχνών και παρουσιάζει μια διατύπωση διαχωρισμού περιοχών, συνδυασμένη με πολλαπλασιαστές Lagrange για τη σημαντική μείωση του απαιτούμενου υπολογιστικού φορτίου. Με αυτόν τον τρόπο, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση πεδιακών συνιστωσών υπολογίζονται με μία προσομοίωση, η οποία επιταχύνεται περαιτέρω μέσω παράλληλου προγραμματισμού. Η απόδοση του προτεινόμενου αλγορίθμου επιβεβαιώνεται από διάφορες στατιστικά μεταβαλλόμενες εφαρμογές σε νανοκλίμακα.

**[J.34] Theodoros T. Zygidis, Nikolaos V. Kantartzis, Christos S. Antonopoulos, and Theodoros D. Tsi-boukis, “Efficient integration of high-order stencils into the ADI-FDTD method,” *IEEE Trans. Magn.*, vol. 52, no. 3, #7201704, Mar. 2016.**

Η ενσωμάτωση συμβατικών χωρικών προσεγγίσεων ανώτερης τάξης στην έμμεση εναλλασσόμενης κατεύθυνσης (ADI) μέθοδο πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου (FDTD) δεν επαρκεί για τη βελτίωση της ακρίβειάς της, καθώς οι τελεστές αυτοί μπορούν να μειώσουν μόνο τα χωρικά σφάλματα. Εδώ αναπτύσσουμε μια εναλλακτική μέθοδο σχεδίασης, η οποία καταλήγει στην κατασκευή εκφράσεων πεπερασμένων διαφορών που περιορίζουν τα συνδυασμένα χωρο-χρονικά σφάλματα. Ουσιαστικά, δείχνουμε ότι τρεις συναρτήσεις σφάλματος εξάγονται από ισάριθμες έμμεσες εξισώσεις, όταν οι ADI ανανεώσεις αντιμετωπιστούν ως διαδικασίες που υλοποιούνται με ενιαίο βήμα. Τότε, πιο αποτελεσματικές χωρικές εκφράσεις μπορούν να εξαχθούν μέσω κατάλληλης διαχείρισης αυτών των συναρτήσεων και, στη συνέχεια, με εφαρμογή διαδικασιών ελέγχου σφαλμάτων.

**[J.33] Georgios G. Pyrialakos, Theodoros T. Zygidis, Nikolaos V. Kantartzis, and Theodoros D. Tsi-boukis, “GPU-based calculation of lightning-generated electromagnetic fields in 3-D problems with statistically defined uncertainties,” *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, vol. 57, no. 6, pp. 1556-1567, Dec. 2015.**

Ένα πλήρες υπολογιστικό πλαίσιο εργασίας για την αποτελεσματική μελέτη ΗΜ πεδίων προκαλούμενων από κεραυνούς και την επίλυση σχετικών προβλημάτων με αβεβαιότητες σε ρεαλιστικά περιβάλλοντα παρουσιάζεται στο παρόν άρθρο. Τα εξεταζόμενα προβλήματα εξαρτώνται από ποικίλους παράγοντες, όπως ανομοιογένειες υλικών, ανώμαλες επιφάνειες εδάφους και γεωμετρικά περίπλοκα κεραυνικά κανάλια, οι οποίοι ενδέχεται να εμποδίζουν τη χρησιμοποίηση απλοποιημένων μεθοδολογιών. Για την αντιμετώπιση τέτοιων καταστάσεων αυξημένης πολυπλοκότητας, η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου εφαρμόζεται με βάση μια 3Δ καμπυλόγραμμη διατύπωση, εξασφαλίζοντας ότι όλες οι απαραίτητες λεπτομέρειες λαμβάνονται υπόψη. Καθώς η μελέτη ρεαλιστικών προβλημάτων με κεραυνούς περιλαμβάνει εκτεταμένους υπολογισμούς, ο αλγόριθμος επιταχύνεται αξιοποιώντας τις δυνατότητες σύγχρονων καρτών επεξεργασίας γραφικών. Η προτεινόμενη υλοποίηση βασίζεται σε μαζική παραλληλοποίηση, εισάγει διάφορες νέες βελτιστοποιημένες πρακτικές και εξασφαλίζει σημαντική μείωση της διάρκειας των προσομοιώσεων. Έτσι, η διερεύνηση προβλημάτων με αβεβαιότητες και η εξαγωγή των στατιστικών χαρακτηριστικών διευκολύνεται σε μεγάλο βαθμό. Με άλλα λόγια, η

προτεινόμενη προσέγγιση αποτελεί μια σημαντική συνεισφορά προς τη θεμελίωση ενός χρήσιμου εργαλείου για τη σε βάθος μελέτη φαινομένων σχετιζόμενων με κεραυνικά πλήγματα.

**[J.32] Georgios Pyrialakos, Athanasios Papadimopoulos, Theodoros Zygiridis, Nikolaos Kantartzis, and Theodoros Tsiboukis, “A curvilinear stochastic-FDTD algorithm for 3-D EMC problems with media uncertainties,” *COMPEL: The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering*, vol. 34, no. 5, pp. 1637-1651, 2015.**

Σκοπός – Στοχαστικές αβεβαιότητες στις παραμέτρους υλικών έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ανάλυση ρεαλιστικών προβλημάτων ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας. Συμβατικές προσεγγίσεις μέσω Monte-Carlo σχημάτων επιδιώκουν να παρέχουν βιώσιμες λύσεις, ωστόσο απαιτούν απαγορευτικά μεγάλες προσομοιώσεις και υπολογιστικό φορτίο, εξαιτίας του μεγάλου πλήθους των διαφορετικών υλοποιήσεων. Ο στόχος αυτού του άρθρου είναι να εισάγει μια 3-Δ στοχαστική τεχνική πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου για την ακριβή μοντελοποίηση γενικευμένων εφαρμογών ΗΜ συμβατότητας με τυχαίες παραμέτρους υλικών, παρέχοντας ταυτόχρονα γρήγορες και οικονομικές υλοποιήσεις.

Σχεδίαση/μεθοδολογία/προσέγγιση – Η προτεινόμενη μέθοδος εισάγει την έννοια των covariant/contravariant μετρικών για ευέλικτες διακριτοποιήσεις τυχαίων καμπύλων δομών και υπολογίζει τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση των παραγόμενων πεδίων με μία προσομοίωση. Επιπλέον, οι κρίσιμες περιπτώσεις γεωμετρικών και φυσικών αβεβαιοτήτων αντιμετωπίζεται μέσω βέλτιστης παραμετροποίησης, η οποία μεταβάλλει τοπικά το καμπυλόγραμμο πλέγμα. Για την εξασφάλιση αποτελεσματικότερης ταχύτητας εκτέλεσης, η υλοποίηση του κώδικα λαμβάνει χώρα σε σύγχρονες κάρτες επεξεργασίας γραφικών με τη βοήθεια παράλληλου προγραμματισμού.

Ευρήματα – Ο καμπυλόγραμμος αλγόριθμος S-FDTD αποδεικνύεται πολύ ακριβής και ευσταθής, σε σχέση με υπάρχουσες πολλαπλές υλοποιήσεις, όσον αφορά την ανάλυση στατιστικά μεταβαλλόμενων προβλημάτων. Επιπλέον, η γενικευμένη διατύπωσή του επιτρέπει την αποτελεσματική αντιμετώπιση ρεαλιστικών δομών με τυχαίες καμπύλες γεωμετρίας, σε αντίθεση με σχήματα κλιμακωτής προσέγγισης. Τέλος, οι βελτιώσεις που βασίζονται σε GPU επιτυγχάνουν σημαντική επιτάχυνση των προσομοιώσεων, η οποία μπορεί να είναι μεγαλύτερη και από 120x. Συμπερασματικά, η προτεινόμενη τεχνική μπορεί να επιτύχει πολύ ακριβή αποτελέσματα με περιορισμένες απαιτήσεις συστήματος.

Πρωτοτυπία/αξία – Ανάπτυξη μιας γενικευμένης καμπυλόγραμμης μεθοδολογίας S-FDTD, βασισμένη σε έναν covariant/contravariant αλγόριθμο. Ενσωμάτωση των σημαντικών γεωμετρικών/φυσικών αβεβαιοτήτων μέσω ενός τοπικά προσαρμοσμένου καμπύλου πλέγματος. Βελτίωση της ταχύτητας μέσω GPU και προγραμματισμού σε CUDA που οδηγεί σε αξιόπιστες εκτιμήσεις, ακόμα και για απότομες στατιστικές μεταβολές των παραμέτρων των υλικών.

**[J.31] Theodoros Zygiridis, Georgios Pyrialakos, Nikolaos Kantartzis, and Theodoros Tsiboukis, “Accelerated unconditionally stable FDTD scheme with modified operators,” *COMPEL: The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering*, vol. 34, no. 5, pp. 1564-1577, 2015.**

Στόχος – Η τοπικά μονοδιάστατη (LOD) μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου (FDTD) χαρακτηρίζεται από ευστάθεια άνευ συνθήκης, ωστόσο η χαμηλή ακρίβειά της στο χρόνο ενδέχεται να έχει αρνητικά αποτελέσματα. Σχετικά με τη βελτίωση της αξιοπιστίας της μεθόδου, υπάρχου-

σες λύσεις εισάγουν χωρικούς τελεστές ανώτερης τάξης, οι οποίοι όμως δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν τα λάθη της χρονικής ολοκλήρωσης. Ο στόχος του άρθρου είναι να περιγραφεί μια συστηματική διαδικασία που επιτρέπει την αποτελεσματική εφαρμογή χωρικών τελεστών με εκτεταμένο χωρικό ίχνος στο πλαίσιο της μεθόδου LOD-FDTD, ικανής να περιορίσει τα συνδυασμένα χωρο-χρονικά σφάλματα χωρίς πρόσθετο υπολογιστικό κόστος.

Σχεδίαση/μεθοδολογία/προσέγγιση – Για την επίτευξη του στόχου, οι συγγραφείς εισάγουν προσεγγίσεις χωρικών παραγώγων σε παραμετρική μορφή και, έπειτα, κατασκευάζουν συναρτήσεις σφάλματος από τις εξισώσεις ανανέωσης, όταν αυτές γραφούν ως υλοποιήσεις σε ένα στάδιο. Οι άγνωστοι τελεστές προσδιορίζονται με τη βοήθεια δύο τεχνικών ελαχιστοποίησης λαθών, οι οποίες βελτιώνουν τις διακριτοποιήσεις τόσο στο χώρο, όσο και στο χρόνο. Επιπρόσθετα, η υλοποίηση του σχήματος επιτυγχάνεται μέσω παραλληλοποίησης σε κάρτα επεξεργασίας γραφικών (GPU), η οποία μειώνει σημαντικά τη διάρκεια των έμμεσων ανανεώσεων.

Ευρήματα – Δείχνουμε ότι η απόδοση της μεθόδου LOD-FDTD μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά, αν τροποποιηθεί κατάλληλα σύμφωνα με τις προτεινόμενες αρχές διατήρησης αξιοπιστίας. Επιπλέον, τα αριθμητικά αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι η εκτέλεση σε GPU του έμμεσου λύτη μπορεί να επιταχυνθεί μέχρι και 100x. Συνολικά, η διατύπωση που αναπτύξαμε περιγράφει μια γρήγορη, ευσταθή χωρίς συνθήκη τεχνική που παραμένει αξιόπιστη, ακόμα και στην περίπτωση αραιών χρονικών διακριτοτήτων.

Πρωτοτυπία/αξία – Εφαρμόζεται μια βελτιστοποίηση που διατηρεί τη σχέση διασποράς σε μια τεχνική FDTD που παραμένει ευσταθής άνευ συνθήκης. Ακόμη, ο παράλληλος αλγόριθμος κυκλικού υποβιβασμού προσαρμόζεται σε επταδιαγώνια συστήματα και αποδεικνύεται ότι παραλληλοποίηση σε GPU μπορεί να προσφέρει σημαντικά κέρδη σε έμμεσες μεθόδους FDTD.

**[J.30] T. T. Zygidis, N. V. Kantartzis, and T. D. Tsiboukis, "Parallel LOD-FDTD method with errorbalancing properties," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 51, no. 3, #7205804, Mar. 2015.**

Παρουσιάζουμε μια βελτιωμένη έκδοση της τοπικά μονοδιάστατης μεθόδου πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου σε 2-Δ διατύπωση, η οποία χρησιμοποιεί χωρικές εκφράσεις που παράγονται από μια διορθωτικού τύπου διαδικασία. Η τελευταία αποσκοπεί στην ισορροπημένη διαχείριση των χωρο-χρονικών ανακρίβειών και εξασφαλίζει την αποτελεσματική χρήση χωρικών τελεστών τεσσάρων σημείων, οι οποίοι τώρα εξαρτώνται από το μέγεθος του χρονικού βήματος. Οι προσομοιώσεις επιταχύνονται με την υλοποίηση του αλγορίθμου σε κάρτες επεξεργασίας γραφικών, μια διαδικασία που απαιτεί την ενσωμάτωση ενός παραλληλοποιήσιμου λύτη συστημάτων. Αυτός εξασφαλίζεται με την προσαρμογή τους αλγορίθμου παράλληλου κυκλικού υποβιβασμού σε επταδιαγώνια συστήματα. Συνεπώς, παρουσιάζεται ένα αξιόπιστο πλαίσιο εργασίας για προσομοιώσεις ελεύθερες από περιορισμούς στο χρονικό βήμα.

**[J.29] N. V. Kantartzis, T. T. Zygidis, and T. D. Tsiboukis, "A 3-D stochastic FVTD method based on reduced-order modeling for statistically random media in nano-electromagnetic applications," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 51, no. 3, #7205705, Mar. 2015.**

Μια φασματικά βελτιστοποιημένη στοχαστική τεχνική πεπερασμένων όγκων στο πεδίο του χρόνου αναπτύσσεται σε αυτό το άρθρο για την ανάλυση 3-Δ διατάξεων νανοκλίμακας με στατιστικά μεταβαλλόμενες ανομοιογένειες υλικών. Ο νέος αλγόριθμος βασίζεται σε ένα συμπαγές πλαίσιο εργασίας καταστά-

σεων χώρου και προσφέρει υπολογισμό της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης με μία μόνο προσομοίωση, αποφεύγοντας έτσι τις αυξημένες απαιτήσεις συστήματος των τυπικών μεθόδων Monte Carlo που βασίζονται στη μέθοδο FDTD. Επιπλέον, μια κατάλληλη διαχείριση της ροής που διατηρεί την ενέργεια εξασφαλίζει την ακριβή διακριτοποίηση ηλεκτρομαγνητικών πεδίων σε περιοχές με απότομες γεωμετρικές λεπτομέρειες. Με τον τρόπο αυτό, οι περίπλοκες δομές νανοσυνθετικών εφαρμογών μοντελοποιούνται αξιόπιστα, ακόμα και για πεδιακές αβεβαιότητες μικρότερες του μήκους κύματος, όπως προκύπτει από διάφορες αριθμητικές προσομοιώσεις.

**[J.28] T. T. Zygiridis, N. V. Kantartzis, and T. D. Tsiboukis, “GPU-accelerated efficient implementation of FDTD methods with optimum time-step selection,” *IEEE Trans. Magn.*, vol. 50, no. 2, #7011704, Feb. 2014.**

Ο επιτυχής συνδυασμός ανόμοιων χωρο-χρονικών τάξεων σε αλγορίθμους πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου (FDTD) αποτελεί το αντικείμενο του παρόντος άρθρου. Όταν χρονική ολοκλήρωση χαμηλής τάξης χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με χωρικές εκφράσεις ανώτερης τάξης, η εφαρμογή του αριθμητικού σχήματος κοντά στο όριο ευστάθειας οδηγεί σε χαμηλή απόδοση και αργή σύγκλιση. Εκμεταλλευόμενοι συγκεκριμένες τεχνικές βελτίωσης, εξάγουμε μια εκτίμηση του βέλτιστου — και πολύ μικρότερου — μεγέθους του χρονικού βήματος που περιορίζει τα λάθη κατά μία μέση έννοια και οδηγεί σε βελτιωμένη ακρίβεια. Για να αντιμετωπιστούν οι επιδράσεις του αυξημένου αριθμού επαναλήψεων, επιδιώκεται η παράλληλη υλοποίηση των τεχνικών FDTD σε κάρτες επεξεργασίας γραφικών, εξασφαλίζοντας χαμηλότερους χρόνους εκτέλεσης και πιο αποτελεσματικά μοντέλα.

**[J.27] N. V. Kantartzis, T. T. Zygiridis, and T. D. Tsiboukis, “Enhanced analysis of multiconductor nanostructured devices via a compact block FDTD/VFETD method,” *IEEE Trans. Magn.*, vol. 50, no. 2, #7004104, Feb. 2014.**

Η μοντελοποίηση μειωμένης τάξης με μια υβριδική μέθοδο FDTD/διανυσματικών πεπερασμένων στοιχείων στο πεδίο του χρόνου παρουσιάζεται σε αυτό το άρθρο, για την αξιόπιστη και μελέτη διατάξεων νανοκλίμακα με πολλαπλούς αγωγούς. Η νέα μεθοδολογία συνδυάζει μια μέθοδο διακριτοποίησης με βελτιστοποιημένα χωρικά ίχνη με διανυσματικά πεπερασμένα στοιχεία μέσω των κατάλληλων συνοριακών συνθηκών και διαιρεί το χώρο σε διασυνδεδεμένα τμήματα. Βασική ιδιότητα είναι ότι και οι δύο προσεγγίσεις προχωρούν στο χρόνο ανεξάρτητα, ενώ τα μοντέλα καταστάσεων χώρου εξάγονται μέσω ενός σχήματος Krylov με κλιμακωτές συναρτήσεις Laguerre, μειώνοντας δραστικά την τάξη του πίνακα μεταφοράς. Επομένως, περίπλοκες γεωμετρίες αντιμετωπίζονται χωρίς την ανάγκη για πολύ λεπτομερή πλέγματα. Αριθμητικά αποτελέσματα από διάφορες νανοσύνθετες διατάξεις επιβεβαιώνουν την υβριδική μέθοδο και αποκαλύπτουν τις δυνατότητες εφαρμογής της.

**[J.26] Theodoros T. Zygiridis, “High-order error-optimized FDTD algorithm with GPU implementation,” *IEEE Trans. Magn.*, vol. 49, no. 5, pp. 1817-1820, May 2013.**

Στην εργασία αυτή αναπτύσσεται ένας λύτης FDTD σε δύο διαστάσεις που χαρακτηρίζεται από αξιόπιστους υπολογισμούς και μειωμένους χρόνους προσομοιώσεων. Η ακρίβεια των υπολογισμών βασίζεται σε ειδικά σχεδιασμένους χωρικούς τελεστές με εκτεταμένα χωρικά ίχνη, οι οποίοι συνοδεύονται από ένα βελτιστοποιημένο ολοκληρωτή ανώτερης τάξης. Όλα τα σχήματα διακριτοποίησης βασίζονται σε μεθόδους ελαχιστοποίησης σφαλμάτων, ενώ η κατάλληλη εφαρμογή της τεχνικής ελαχίστων τετραγώνων

ων επιτρέπει τον έλεγχο της απόκρισης της μεθόδου σε εκτεταμένο εύρος ζώνης. Δεδομένης της δυνατότητας παραλληλοποίησης των αλγορίθμων FDTD, σημαντική επιτάχυνση επιτυγχάνεται σε σχέση με σειριακά εκτελεσμένους αλγορίθμους σε CPU, χάρη στην υλοποίησή τους σε σύγχρονες κάρτες γραφικών. Όπως φανερώνει η παρούσα μελέτη, ο κώδικας σε GPU χαρακτηρίζεται από εξαιρετικά χαμηλούς χρόνους εκτέλεσης, γεγονός που καθιστά τον προτεινόμενο αλγόριθμο ιδιαίτερα αποτελεσματικό.

**[J.25] Theodoros T. Zygiridis, "Design of least-squares time integrators for reliable FDTD simulations," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 49, no. 5, pp. 1809-1812, May 2013.**

Λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία αξιόπιστων διακριτών μοντέλων για τις εξισώσεις του Maxwell, βελτιωμένοι χρονικοί ολοκληρωτές σχεδιάζονται σε αυτήν την εργασία για προσομοιώσεις κυματικών φαινομένων στο πεδίο του χρόνου. Η προτεινόμενη τεχνική παράγει τροποποιημένες τεχνικές leapfrog ανώτερης τάξης με δυνατότητες περιορισμού σφαλμάτων, υπό την έννοια ότι τα σφάλματα διακριτοποίησης αντιμετωπίζονται επαρκώς. Η αναβάθμιση της ακρίβειας επιτυγχάνεται με εφαρμογή της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων, ενώ η ενσωμάτωση και βελτιστοποιημένων χωρικών εκφράσεων βελτιώνει περαιτέρω την αξιοπιστία. Ο συνδυασμός των νέων ολοκληρωτών με συμβατικές ή βελτιστοποιημένες χωρικές προσεγγίσεις εξετάζεται σε αριθμητικά παραδείγματα και προκύπτει ότι η νέος τρόπος διαχείρισης της χρονικής ολοκλήρωσης συμβάλλει αποφασιστικά στη θεμελίωση αξιόπιστων και αποτελεσματικών υπολογιστικών μοντέλων.

**[J.24] Theodoros T. Zygiridis, "Fourth-order finite-difference time-domain method based on error-controlling concepts," *Int. J. Numer. Model.*, vol. 25, no. 5-6, pp. 587-598, Sept.-Dec. 2012.**

Οι συμβατικές μέθοδοι FDTD βασίζονται σε τελεστές με τα μικρότερα σφάλματα αποκοπής, όπως αυτά προκύπτουν από τα αναπτύγματα Taylor. Είναι γενικώς γνωστό ότι τέτοιες επιλογές, αν και αρκετά επαρκείς, δεν παρέχουν απαραίτητα βέλτιστες λύσεις σε προβλήματα κυματικών φαινομένων. Αποσκοπώντας στη βελτίωση της ακρίβειας χωρίς σημαντική αύξηση του υπολογιστικού κόστους, η εργασία αυτή παρουσιάζει έναν αλγόριθμο FDTD ανώτερης τάξης, ο οποίος εφαρμόζει τεχνικές ελέγχου σφαλμάτων στις προσεγγίσεις που χρησιμοποιεί. Παρουσιάζουμε μια μέθοδο 4<sup>ης</sup> τάξης, όπου οι χωρικές εκφράσεις «διορθώνουν» τους πρώτους όρους σε κατάλληλες συναρτήσεις σφάλματος. Οι τελευταίες προκύπτουν για κάθε τελεστή ξεχωριστά και βασίζονται στη γνώση των ακριβών λύσεων του προβλήματος. Ένας διορθωτικός συντελεστής εισάγεται στους χρονικούς τελεστές, για να αντιμετωπιστούν τα σφάλματα που απομένουν, σε συγκεκριμένο μήκος κύματος. Σε αντίθεση με άλλες μονοσυχνοτικές βελτιστοποιήσεις, η προτεινόμενη τεχνική δεν είναι στενής συχνοτικής ζώνης και υπερτερεί της συμβατικής μεθόδου 4<sup>ης</sup> τάξης, ακόμα και σε ευρυζωνικά προβλήματα, χωρίς άλλες μετατροπές. Οι ιδιότητες του προτεινόμενου αλγορίθμου μελετώνται θεωρητικά, αλλά και σε διάφορα υπολογιστικά παραδείγματα, όπου πραγματοποιούνται συγκρίσεις με κλασικές τεχνικές.

**[J.23] T. T. Zygiridis, "Optimum time-step size for 2D (2, 4) FDTD method," *Electron. Lett.*, vol. 47, no. 5, pp. 317-319, March 2011.**

Η σωστή επιλογή του μεγέθους του χρονικού βήματος έχει εξαιρετική σημασία, στην περίπτωση μεθόδων (2, 4) FDTD, διότι έχει επίδραση στην ακρίβεια και τη σύγκλιση του αλγορίθμου. Εδώ εισάγεται μια περιγραφή του σφάλματος διακριτοποίησης, το οποίο αξιοποιείται στη συνέχεια για τη διατύπωση μιας απλής, αλλά αξιόπιστης προσέγγισης του βέλτιστου χρονικού ρυθμού δειγματοληψίας. Η προτεινόμενη



επιλογή βελτιώνει τις ανακρίβειες κατά μία μέση έννοια και οδηγεί σε ιδιαίτερα αποτελεσματικές υλοποιήσεις του αλγορίθμου FDTD.

**[J.22] T. T. Zygiridis, "Bandwidth control of optimized FDTD schemes," *ACES Journal*, vol. 25, no. 12, pp. 1078-1085, Dec. 2010.**

Εξετάζουμε τη δυνατότητα ελέγχου της ευρυζωνικής συμπεριφοράς μεθόδων FDTD, οι οποίες ενσωματώνουν εκτεταμένους χωρικούς τελεστές, ενώ διατηρούν τον κλασικό τρόπο χρονικής ανανέωσης. Συγκεκριμένα, αρχικά επιδιώκουμε μονοσυχνотική βελτιστοποίηση και, στη συνέχεια, ευρύτερες συχνοτικές περιοχές αντιμετωπίζονται με τη βοήθεια της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων. Η προτεινόμενη μεθοδολογία εφαρμόζεται σε ποικίλα σχήματα διακριτοποίησης με διάφορα μεγέθη χωρικού ίχνους. Παρουσιάζουμε θεωρητικά και αριθμητικά αποτελέσματα, τα οποία αποδεικνύουν ότι η συγκεκριμένη τεχνική βελτιστοποίησης έχει θετική επίδραση στην αποτελεσματικότητα μεθόδων FDTD και οδηγεί σε αξιόπιστες λύσεις για προσομοιώσεις σε πολυσυχνотικά προβλήματα.

**[J.21] T. T. Zygiridis, "Two-dimensional time-domain algorithm with adaptive spectral properties," *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. 20, no. 5, pp. 241-243, May 2010.**

Ως εναλλακτική λύση στην κλασική μέθοδο FDTD, εδώ αναπτύσσουμε έναν αλγόριθμο σε δύο διαστάσεις, του οποίου οι φασματικές ιδιότητες χαρακτηρίζονται από αυξημένο βαθμό ελέγχου. Η νέα τεχνική υιοθετεί μια μη συμβατική δομή για τους χωρικούς τελεστές, των οποίων η τελική μορφή προκύπτει μέσα από μια συνεπή διαδικασία ελαχιστοποίησης σφαλμάτων. Αποδεικνύεται ότι ιστροπική βελτίωση της ακρίβειας επιτυγχάνεται σε μία συχνότητα, ενώ ευρύτερες συχνοτικές ζώνες αντιμετωπίζονται με τη βοήθεια ενός μηχανισμού ελαχίστων τετραγώνων. Ο αλγόριθμος εξασφαλίζει αξιόπιστες επιδόσεις, χωρίς να υποβαθμίζει την περιοχή ευστάθειας ή να αυξάνει την υπολογιστική πολυπλοκότητα.

**[J.20] T. T. Zygiridis, T. K. Katsibas, C. S. Antonopoulos, and T. D. Tsiboukis, "Treatment of grid-conforming dielectric interfaces in FDTD methods," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 45, no. 3, pp. 1396-1399, Mar. 2009.**

Το πρόβλημα εφαρμογής χωρικών τελεστών ανώτερης τάξης σε σημεία κοντά σε διηλεκτρικές διεπιφάνειες αντιμετωπίζεται στη συγκεκριμένη εργασία μέσω της κατασκευής νέων προσεγγίσεων πεπερασμένων διαφορών. Οι τελευταίες έχουν το ίδιο χωρικό μέγεθος με τις συνήθεις εκφράσεις, ωστόσο είναι μη συμμετρικές, με συνέπεια να διαθέτουν περισσότερους βαθμούς ελευθερίας. Αυτοί προκύπτουν απαιτώντας οι νέες προσεγγίσεις να δίνουν όσο το δυνατό περισσότερο αξιόπιστα (στο χώρο και το χρόνο) αποτελέσματα, στην περίπτωση που οι πεδιακές κυματομορφές αντιστοιχούν σε συγκεκριμένη αναλυτική λύση μονοδιάστατης φύσης. Αριθμητικά αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης μεθοδολογίας, αφού διαπιστώνεται ανάκτηση των μέγιστων ρυθμών σύγκλισης σε προσομοιώσεις με τεχνικές τέταρτης και έκτης τάξης.

**[J.19] T. T. Zygiridis and T. D. Tsiboukis, "Error estimation and performance control for the (2,4) FDTD method in lossy spaces," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 45, no. 3, pp. 1356-1359, Mar. 2009.**

Εδώ παρουσιάζεται μια νέα τεχνική κατασκευής νέων τελεστών πεπερασμένων διαφορών με εκτεταμένο χωρικό ίχνος για χρονικά εξαρτημένες προσομοιώσεις σε χώρους που περιλαμβάνουν υλικά με απώ-

λεις. Συγκεκριμένα, προτείνεται η εκτίμηση των σφαλμάτων διακριτοποίησης όλων των κατηγοριών μέσω μιας κατάλληλης αλγεβρικής έκφρασης, η οποία, μετά από κατάλληλη τροποποίηση, επιτρέπει βελτίωση της ακρίβειας ανεξάρτητα της γωνίας διάδοσης των κυμάτων. Αναφερόμενοι στο σχήμα διακριτοποίησης (2, 4), τελικά προκύπτουν τρεις διαφορετικοί αλγόριθμοι με ξεχωριστές ιδιότητες, ενώ και το συμβατικό σχήμα ανώτερης τάξης μπορεί να προκύψει μέσω της προτεινόμενης μεθοδολογίας, ως ειδική περίπτωση. Επιπλέον, η συγκεκριμένη μέθοδος σχεδίασης αποτελεί τη βάση για αξιόπιστες θεωρητικές προβλέψεις, όσον αφορά τη δυναμική περιοχή του εκάστοτε σχήματος πεπερασμένων διαφορών, επιτρέποντας την εκ των προτέρων εκτίμηση της καταλληλότητάς του για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα.

**[J.18] T. T. Zygiridis and T. D. Tsiboukis, "Assessment of human head exposure to wireless communication devices: combined electromagnetic and thermal studies for diverse frequency bands," *Progress In Electromagnetic Research B*, vol. 9, pp. 83-96, 2008.**

Αντικείμενο μελέτης αποτελούν τα ηλεκτρομαγνητικά και θερμικά φαινόμενα που σχετίζονται με την έκθεση του ανθρώπινου οργανισμού σε μικροκυματική ακτινοβολία, η οποία προέρχεται από σύγχρονα συστήματα και συσκευές ασύρματων επικοινωνιών. Η συγκεκριμένη εργασία αποτελεί μια γενική και πολύπλευρη μελέτη, όπου εξετάζονται συχνοτικές περιοχές στη μπάνα 900 MHz – 5.8 GHz, καθώς και διαφορετικές περιπτώσεις πηγών εκπομπής ηλεκτρομαγνητικής ισχύος (όπως κινητά τηλέφωνα, διπολικές κεραίες, επίπεδα κύματα). Έχοντας αναπτύξει ένα τρισδιάστατο υπολογιστικό μοντέλο του ανθρώπινου κεφαλιού υψηλής χωρικής ανάλυσης (1 mm) και λεπτομέρειας (24 τύποι ιστών), υπολογίζεται ο ρυθμός ειδικής απορρόφησης SAR με προσομοιώσεις της μεθόδου FDTD, ενώ οι προκαλούμενες θερμοκρασιακές μεταβολές προκύπτουν από την επίλυση της βιοθερμικής εξίσωσης, χρησιμοποιώντας ως πηγές τα αποτελέσματα των ηλεκτρομαγνητικών προσομοιώσεων. Τα τελικά δεδομένα που προκύπτουν αξιολογούνται βάσει των διεθνών προτύπων ασφαλούς έκθεσης, διερευνάται η σχέση μεταξύ SAR και θερμικών φαινομένων και εξετάζονται οι επιπτώσεις από οριακές περιπτώσεις ακτινοβολίας.

**[J.17] T. T. Zygiridis and T. D. Tsiboukis, "Improved finite-difference time-domain algorithm based on error control for lossy materials", *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 56, no. 6, pp. 1440-1445, June 2008.**

Στην εργασία αυτή αναπτύσσεται μια νέα μεθοδολογία πεπερασμένων διαφορών για τη μοντελοποίηση της ηλεκτρομαγνητικής διάδοσης σε χώρους με ηλεκτρικές απώλειες. Αξιοποιώντας κατάλληλα τις εξισώσεις του Maxwell, διατυπώνονται νέοι τρόποι θεωρητικής εκτίμησης των σφαλμάτων διακριτοποίησης, απαιτώντας την αξιόπιστη επιβολή πραγματικών "φυσικών" συνθηκών στο διακριτό επίπεδο. Οι τελεστές που προκύπτουν υπερτερούν των αντίστοιχων συμβατικών, αφού εξασφαλίζουν την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων διασποράς, ανισοτροπίας και πλάτους. Επιπλέον, η προτεινόμενη τεχνική έχει τη δυνατότητα ελέγχου της συχνοτικής περιοχής όπου αναζητείται η βέλτιστη απόδοση, γεγονός που συμβάλλει στην ευελιξία του αλγορίθμου και, κατ' επέκταση, στην αντιμετώπιση ενός μεγάλου εύρους προβλημάτων.

**[J.16] T. T. Zygiridis and T. D. Tsiboukis, "Optimized (2,4) FDTD method for conducting media," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 44, no. 6, pp. 1370-1373, June 2008.**

Παρουσιάζεται μια νέα τεχνική FDTD ανώτερης τάξης για την διακριτοποίηση διδιάστατων περιοχών που εμπεριέχουν υλικά με ηλεκτρική αγωγιμότητα. Η μέθοδος διαθέτει τη δομή διακριτοποίησης του σχήματος (2,4) FDTD, με τη διαφορά ότι ενσωματώνει τροποποιημένους τελεστές για τον περιορισμό λαθών που σχετίζονται με την αριθμητική διασπορά, την ανισοτροπία και τις απώλειες των μοντελοποιούμενων κυμάτων. Για τις χωρικές προσεγγίσεις ελαχιστοποιούνται τα σφάλματα φάσης και πλάτους σε όλες τις πιθανές διευθύνσεις διάδοσης, ενώ αντίστοιχες διαδικασίες βελτιστοποίησης υιοθετούνται και για τη διαχείριση των χρονικών διαδικασιών. Οι προτεινόμενες προσεγγίσεις διαθέτουν εξαιρετικό μονοσυχνотικό και ικανοποιητικό ευρυζωνικό χαρακτήρα στοιχεία που επιβεβαιώνονται θεωρητικά, αλλά και μέσω προσομοιώσεων κυματοδότησης και σκέδασης.

**[J.15] T. T. Zygiridis and T. D. Tsiboukis, "Optimized three-dimensional FDTD discretizations of Maxwell's equations on Cartesian grids," *J. Comp. Phys.*, vol. 226, no. 2, pp. 2372-2388, Oct. 2007.**

Αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η θεμελίωση βελτιστοποιημένων διακριτοποιήσεων FDTD των ηλεκτρομαγνητικών εξισώσεων σε τρισδιάστατα δομημένα Καρτεσιανά πλέγματα. Η προτεινόμενη οικογένεια αλγορίθμων παρουσιάζει εξαιρετικές δυνατότητες προσαρμοστικότητας στις ανάγκες τόσο του συνεχούς προβλήματος, όσο και του αντίστοιχου διακριτού μοντέλου. Οι προσεγγιστικοί τελεστές που χρησιμοποιούνται ελαχιστοποιούν τα λάθη διακριτοποίησης, όπως αυτά περιγράφονται από τις επιλεγμένες συναρτήσεις σφάλματος. Βασικό σημείο της μεθοδολογίας αποτελεί η ανάλυση των παραστάσεων αυτών σε άπειρα αθροίσματα σφαιρικών αρμονικών συναρτήσεων, αφού η απαίτηση για αξιοπιστία μεταφράζεται με τον τρόπο αυτό στο μηδενισμό των κυρίαρχων όρων, οδηγώντας τελικά σε απλά αλγεβρικά συστήματα. Συνολικά σχεδιάζονται τέσσερα σχήματα FDTD για προβλήματα στενής ζώνης και ι-σάριθμοι αλγόριθμοι για ευρυζωνικές προσομοιώσεις, εξασφαλίζοντας βελτιωμένους βαθμούς σύγκλισης και την πλήρη αξιοποίηση των χρησιμοποιούμενων υπολογιστικών πόρων. Διάφορα αριθμητικά παραδείγματα επιβεβαιώνουν την ποιοτική ανωτερότητα των νέων μεθοδολογιών.

**[J.14] T. V. Yioultsis, T. I. Kosmanis, T. T. Zygiridis, E. P. Kosmidou, A. Pырpasopoulou, T. D. Xenos, N. J. Farsaris, V. Kotoula, P. M. Hytiroglou, G. Karkavelas, I. N. Magras, and T. D. Tsiboukis, "An integrated computational and experimental approach of low power microwave pulse-modulated nonthermal biological effects on prenatal development," *WSEAS Trans. Communications*, vol. 5, no. 10, pp. 1995-2001, Oct. 2006.**

Περιγράφονται τα αποτελέσματα πειραματικών και αριθμητικών μελετών σχετικά με την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα μικροκυματικών συχνοτήτων. Τα πειραματικά στοιχεία αναφέρονται στην ακτινοβολήση εγκύων ποντικών στη συχνότητα των 9.35 GHz, ενώ οι υπολογιστικές προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν τόσο σε μοντέλα ποντικίου, όσο και σε ανθρώπινου οργανισμού. Στην τελευταία περίπτωση δεν προέκυψαν αξιοσημείωτες θερμικές μεταβολές, ωστόσο επιπτώσεις στη γονιμότητα διαπιστώθηκαν από την επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων, γεγονός που σημαίνει ότι δεν μπορεί να αποκλείσει πλήρως η πιθανή επικινδυνότητα από παρατεταμένη ανθρώπινη έκθεση, ακόμα και σε συσκευές χαμηλής ισχύος.

- [J.13] T. T. Zygiridis, E. P. Kosmidou, K. P. Prokopidis, N. V. Kantartzis, C. S. Antonopoulos, K. I. Petras, and T. D. Tsiboukis, "Numerical modeling of an indoor wireless environment for the performance evaluation of WLAN systems," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 42, no. 4, pp. 839-842, Apr. 2006.**

Παρουσιάζεται ένα ντετερμινιστικό μοντέλο για τη μελέτη της λειτουργίας ασύρματων τοπικών δικτύων σε εσωτερικούς χώρους, το οποίο βασίζεται στην κλασική μέθοδο FDTD. Θεωρώντας έναν τυπικό χώρο εργασίας αποτελούμενο από τρία διαφορετικά δωμάτια, πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις για διάφορες τοποθετήσεις του σημείου πρόσβασης (access point), στις αντιπροσωπευτικές συχνότητες λειτουργίας των 2.44, 5.25 και 5.8 GHz. Πέρα από τις δυνατότητες κάλυψης και τα στοιχεία που προκύπτουν από τη μελέτη αυτών, αναφέρονται αποτελέσματα από ευρυζωνικές προσομοιώσεις που επιτρέπουν το χαρακτηρισμό της χρονικής διασποράς (time dispersion) των αντίστοιχων ασύρματων καναλιών. Επιπλέον, προχωρήσαμε στη στατιστική μελέτη των τελευταίων για την παρακολούθηση της εξασθένησης μικρής κλίμακας (small-scale fading) και υπολογίστηκαν οι συντελεστές Rice (χαρακτηριστικοί των αντίστοιχων κατανομών) για σημεία με ή χωρίς οπτική επαφή με την εκάστοτε πηγή.

- [J.12] T. T. Zygiridis and T. D. Tsiboukis, "Design of optimized FDTD schemes for the accurate solution of electromagnetic problems," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 42, no. 4, pp. 811-814, Apr. 2006.**

Η εργασία αυτή αναφέρεται σε μια οικογένεια διδιάστατων αλγορίθμων FDTD ανώτερης τάξης, οι οποίοι κρίνονται κατάλληλοι για την επίλυση ενός μεγάλου εύρους υψίσυχων ηλεκτρομαγνητικών εφαρμογών. Έχουν απλή δομή, αφού διατηρούν το σύνθετο σχήμα leapfrog χρονικής ολοκλήρωσης, ενώ παράλληλα εισάγουν παραμετρικές χωρικές προσεγγίσεις που αποφεύγουν τον τυπικό μονοδιάστατο χαρακτήρα. Οι αρχικά άγνωστοι τελεστές καθορίζονται μέσω της απαίτησης ελαχιστοποίησης μιας συγκεκριμένης αλγεβρικής έκφρασης, η οποία επιλέγεται ως μέσο πρόβλεψης λαθών διασποράς και ανισοτροπίας. Οι νέοι αλγόριθμοι διαχειρίζονται με επιτυχία προβλήματα τόσο σε στενές, όσο και σε ευρύτερες φασματικές περιοχές, αφού προσαρμόζουν την απόδοσή τους με βάση δεδομένα του εκάστοτε διακριτού μοντέλου. Μάλιστα, το κλιμακούμενο χωρικό τους ίχνος (stencil) διευκολύνει την αντιμετώπιση διηλεκτρικών διεπιφανειών, όπως αποδεικνύεται και σε πρακτικές προσομοιώσεις.

- [J.11] T. T. Zygiridis and T. D. Tsiboukis, "Development of higher order FDTD schemes with controllable dispersion error," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 53, no. 9, pp. 2952-2960, Sep. 2005.**

Αναπτύσσεται μια νέα μεθοδολογία ελέγχου των σφαλμάτων διακριτοποίησης σε δύο διαστάσεις, η οποία αξιοποιείται για τη διατύπωση βελτιστοποιημένων αλγορίθμων FDTD ανώτερης τάξης. Οι τελευταίοι βασίζονται σε μια παραμετρική έκδοση του σχήματος τέταρτης τάξης του Fang, το οποίο χρησιμοποιεί έναν ακριβή χρονικό ολοκληρωτή τύπου leapfrog. Η προτεινόμενη προσέγγιση εισάγει αρχικά ένα δείκτη χωροχρονικών σφαλμάτων, ο οποίος στη συνέχεια αναλύεται σε συγκλίνουσα σειρά ημιτονοειδών όρων. Οι άγνωστοι παραμετρικοί τελεστές πεπερασμένων διαφορών καθορίζονται από την επίλυση συστημάτων εξισώσεων που προκύπτουν απαιτώντας το μηδενισμό των σημαντικότερων όρων του δείκτη σφαλμάτων, σε μία ή δύο επιλεγμένες συχνότητες. Στην πρώτη περίπτωση επιτυγχάνεται εξαιρετική μονοσυχνотική βελτίωση έκκτης τάξης, ενώ στη δεύτερη εξασφαλίζεται σημαντική ευρυζωνική αξιοπιστία, απαραίτητη για την αντιμετώπιση προβλημάτων ανάλογης φύσης. Η επιτυχία των προτεινόμενων τεχνικών, όπως και τα υπολογιστικά τους οφέλη, αποδεικνύονται και από την πραγματοποίηση απαιτητικών προσομοιώσεων, όπως η σκέδαση από ηλεκτρικά μεγάλο αγωγίμο σώμα και ο υπολογισμός 27 συχνοτήτων συντονισμού σε κοιλότητα με μία μόνο προσομοίωση.

**[J.10] T. T. Zygiridis and T. D. Tsiboukis, "Phase error reduction in general FDTD methods via optimum configuration of material parameters," *J. Materials Processing Tech.*, vol. 161, no. 1-2, pp. 186-192, Apr. 2005.**

Στην εργασία αυτή αναλύεται η γενίκευση της βοηθητικής μεθόδου τεχνητής ανισοτροπίας σε σχήματα FDTD τύπου (2,N), δηλαδή σε μεθόδους που εφαρμόζουν χωρικές προσεγγίσεις N-οστής τάξης. Η χρήση της συγκεκριμένης τεχνικής ελαχιστοποιεί τις αρνητικές επιδράσεις που προέρχονται από τη χαμηλή τάξη των χρονικών παραγώγων, επιτρέποντας έτσι την επιλογή χρονικών βημάτων κοντά στο όριο ευστάθειας, χωρίς να προκύπτουν απαγορευτικά μεγάλα λάθη. Χάρη στην ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων διασποράς στη συχνότητα σχεδίασης, επιτυγχάνεται σημαντική βελτίωση της αριθμητικής αξιοπιστίας, η οποία επηρεάζει ευεργετικά και την αντίστοιχη συχνοτική περιοχή.

**[J.9] T. T. Zygiridis and T. D. Tsiboukis, "Higher-order finite-difference schemes with reduced dispersion errors for accurate time-domain electromagnetic simulations," *Int. J. Num. Modelling*, vol. 17, no. 5, pp. 461-486, Sept.-Oct. 2004.**

Παρουσιάζεται μια ομάδα αλγορίθμων FDTD, οι οποίοι εξασφαλίζουν χαμηλά πλεγματικά σφάλματα χωρίς κατ' ανάγκη να επιβαρύνουν το εμπλεκόμενο υπολογιστικό φορτίο. Αρχικά αναλύεται η μέθοδος τεχνητής ανισοτροπίας για το σχήμα (2,4) και αποδεικνύεται η δυνατότητα ακόμα μεγαλύτερης βελτίωσης, με την υιοθέτηση κατάλληλα τροποποιημένων χωρικών τελεστών. Στη συνέχεια, η σχέση αριθμητικής διασποράς χρησιμοποιείται ως αντικειμενική συνάρτηση και η ελαχιστοποίησή της με τη βοήθεια αλγορίθμων βελτιστοποίησης οδηγεί σε δύο νέες τεχνικές. Θέτοντας ως επιπρόσθετο περιορισμό την εξασφάλιση ακρίβειας τουλάχιστον δεύτερης τάξης, η πρώτη περίπτωση βασίζεται στη δομή (2,4) και εξασφαλίζει μια εξαιρετικά ευρυζωνική βελτίωση της απόδοσης. Με παρόμοιο τρόπο διατυπώνεται και η δεύτερη μέθοδος, η οποία εισάγει διδιάστατες χωρικές προσεγγίσεις και επιτυγχάνει αξιόλογη επίδοση σε όλο το συχνοτικό σφάλμα, ακόμα και μακριά από τη συχνότητα σχεδίασης. Διάφορα πρακτικά παραδείγματα συμπληρώνουν τη μελέτη των συγκεκριμένων τεχνικών.

**[J.8] T. T. Zygiridis and T. D. Tsiboukis, "Low-dispersion algorithms based on the higher order (2,4) FDTD method," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 52, no. 4, pp. 1321-1327, Apr. 2004.**

Αναπτύσσονται δύο νέοι αλγόριθμοι FDTD με βελτιστοποιημένο χαρακτήρα, για ηλεκτρομαγνητικά προβλήματα σε δύο και τρεις διαστάσεις, βασιζόμενοι στο (2,4) σχήμα διακριτοποίησης. Η πρώτη μέθοδος αξιοποιεί ως δείκτη σφάλματος μια προσεγγιστική μορφή της σχέσης αριθμητικής διασποράς, απ' όπου προσδιορίζονται νέες χωρικές προσεγγίσεις, επιδιώκοντας την αναίρεση όρων ίδιας τάξης. Χάρη στην ενιαία αντιμετώπιση των χωροχρονικών ανακρίβειών, το συγκεκριμένο σχήμα αποδεικνύεται καλύτερο του συμβατικού πρακτικά σε όλο το συχνοτικό φάσμα ενδιαφέροντος. Η δεύτερη τεχνική αντιμετωπίζει ξεχωριστά χωρικούς και χρονικούς τελεστές, για τους οποίους επιδιώκει την ελαχιστοποίηση των αντίστοιχων σφαλμάτων σε συγκεκριμένη προεπιλεγμένη συχνότητα. Στο σημείο σχεδίασης παρατηρείται επανάκτηση σύγκλισης τέταρτης τάξης, ενώ η συνολική επίδοση μπορεί να είναι ακόμα καλύτερη της πρώτης λύσης, αλλά σε πιο περιορισμένη περιοχή συχνοτήτων. Θεωρητικές μελέτες, όπως και αριθμητικές προσομοιώσεις κυματοδήγησης, σκέδασης και φαινομένων συντονισμού, αναδεικνύουν τις δυνατότητες των προτεινόμενων λύσεων.

- [J.7] T. T. Zygiridis and T. D. Tsiboukis, "A dispersion-reduction scheme for the higher order (2,4) FDTD method," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 40, no. 2, Part 2, pp. 1464-1467, Mar. 2004.

Στην εργασία αυτή περιγράφεται μια τεχνική βελτίωσης της ακρίβειας της συμβατικής μεθόδου (2,4) FDTD. Η προτεινόμενη προσέγγιση αντιμετωπίζει τις χαρακτηριστικές σταθερές των μοντελοποιούμενων υλικών ως βαθμούς ελευθερίας, τους οποίους επαναπροσδιορίζει με τέτοιο τρόπο, ώστε να μειώνονται τα λάθη αριθμητικής διασποράς και ανισοτροπίας. Στην πραγματικότητα επιδιώκεται ο μηδενισμός του μέσου σφάλματος διακριτοποίησης σε μία συγκεκριμένη συχνότητα, γεγονός που πρακτικά οδηγεί στην αντικατάσταση των πραγματικών υλικών με άλλα, πιθανώς ανισοτροπικά, ισοδύναμα. Παρά την απλότητά της, η διορθωτική τεχνική βελτιστοποιεί το ρυθμό σύγκλισης στις συχνότητες σχεδίασης, ενώ εξασφαλίζει χαμηλά σφάλματα και σε μια εκτεταμένη φασματική περιοχή, χωρίς παράλληλα να υποβιβάζει την ευστάθεια του (2,4) σχήματος. Αριθμητικά αποτελέσματα, ακόμα και σε μη ομοιόμορφα πλέγματα, επιβεβαιώνουν την αποτελεσματικότητα της μεθοδολογίας.

- [J.6] N. V. Kantartzis, T. T. Zygiridis, and T. D. Tsiboukis, "An unconditionally stable higher order ADI-FDTD technique for the dispersionless analysis of generalized 3-D EMC structures," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 40, no. 2, Part 2, pp. 1436-1439, Mar. 2004.

Περιγράφεται ένας νέος έμμεσος αλγόριθμος FDTD εναλλακτικής κατεύθυνσης (ADI) σε τρεις διαστάσεις, ο οποίος είναι πάντα ευσταθής, ανεξάρτητα από το μέγεθος του επιλεγμένου χρονικού βήματος. Σε αντίθεση με τις τυπικές ADI υλοποιήσεις, η προτεινόμενη τεχνική εξασφαλίζει υψηλά επίπεδα αξιοπιστίας, χάρη στους βελτιστοποιημένους τελεστές που υλοποιεί. Η ενισχυμένη ευστάθεια αποδεικνύεται θεωρητικά, όπως και τα χαμηλά σφάλματα διακριτοποίησης. Η μέθοδος χρησιμοποιείται για τη μελέτη διαφόρων προβλημάτων ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας, όπου διαφαίνονται τα υπολογιστικά οφέλη και ο αναβαθμισμένος χαρακτήρας της, συγκριτικά με τις συμβατικές λύσεις.

- [J.5] T. T. Zygiridis, N. V. Kantartzis, and T. D. Tsiboukis, "Higher order tangential vector finite elements for 3-D antenna array structures," *Electromagnetics*, vol. 24, no. 1-2, pp. 95-111, Jan.-Mar. 2004.

Οι ιδιότητες ακτινοβολίας διαφόρων σύγχρονων στοιχειοκεραίων σε 3D προβλήματα διερευνούνται υπολογιστικά, εφαρμόζοντας μια μεθοδολογία διανυσματικών πεπερασμένων στοιχείων β' τάξης. Η επιλογή της συγκεκριμένης τεχνικής είναι δικαιολογημένη, διότι προσφέρει πιο ακριβή πεδιακή αναπαράσταση, σε σχέση με τα α' τάξεως πεπερασμένα στοιχεία και επιτρέπει τη χρήση πιο αραιών πλεγμάτων, χωρίς να υποβαθμίζεται η αξιοπιστία. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι ιδιαίτερης σημασίας όταν μοντελοποιούνται εκτεταμένοι χώροι, καθώς η μελέτη τους με στοιχεία χαμηλής τάξης απαιτούν πυκνή διακριτοποίηση και, συνεπώς, μεγάλο αριθμό αγνώστων. Εδώ, επικεντρωνόμαστε σε στοιχειοκεραίες με patch στοιχεία σε γραμμική και επίπεδη διάταξη, ενώ εξετάζουμε και περιπτώσεις με στροφή του λοβού ακτινοβολίας. Για σύγκριση, στη μελέτη συμπεριλαμβάνονται αποτελέσματα που έχουν εξαχθεί με τη χρήση μιας μη συμβατικής μεθόδου FDTD, η οποία περιορίζει σημαντικά κάποια από τα μειονεκτήματα του κλασικού αλγορίθμου του Yee.

- [J.4] T. T. Zygiridis, N. V. Kantartzis, T. V. Yioultsis, and T. D. Tsiboukis, "Higher order approaches of FDTD and TVFE methods for the accurate analysis of fractal antenna arrays," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 39, no. 3, Part 1, pp. 1230-1233, May 2003.

Προτείνεται η εφαρμογή δύο διαφορετικών αριθμητικών προσεγγίσεων αυξημένης ακρίβειας για την πραγματοποίηση απαιτητικών ηλεκτρομαγνητικών προσομοιώσεων που σχετίζονται με στοιχειοκεραίες fractal χωρικής διάταξης. Η πρώτη είναι μια μη συμβατική (2,4) τεχνική FDTD, η οποία συνδυάζει τους βελτιστοποιημένους τελεστές της με μονόπλευρες χωρικές προσεγγίσεις σε περιοχές με ασυνέχειες των υλικών. Η δεύτερη επιλογή είναι η χρήση διανυσματικών πεπερασμένων στοιχείων δεύτερης τάξης με εφαιπτομενική συνέχεια, των οποίων η σύγκλιση επιταχύνεται σημαντικά μέσω ενός κατάλληλου μετασχηματισμού των βαθμών ελευθερίας. Μελετήθηκαν στοιχειοκεραίες εκτεταμένου ηλεκτρικού μεγέθους, αποτελούμενες από κεραίες τύπου patch, υπολογίστηκαν τα τρισδιάστατα διαγράμματα ακτινοβολίας και υπολογίστηκαν χαρακτηριστικά όπως η στάθμη των δευτερευόντων λοβών και το εύρος ζώνης ημίσειας ισχύος.

**[J.3] T. V. Yioultsis, T. I. Kosmanis, E. P. Kosmidou, T. T. Zygiridis, N. V. Kantartzis, T. D. Xenos, and T. D. Tsiboukis, "A comparative study of the biological effects of various mobile phone and wireless LAN antennas," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 38, no. 2, Part 1, pp. 777-780, Mar. 2002.**

Η εργασία αυτή αποτελεί μια μελέτη της ηλεκτρομαγνητικής και θερμικής επιβάρυνσης του ανθρώπινου οργανισμού από την έκθεσή του σε ραδιοκύματα. Μελετάται μια ποικιλία κινητών τηλεφώνων, τα οποία ενσωματώνουν κεραίες διαφόρων τύπων, ενώ παράλληλα διερευνάται και η περίπτωση ακτινοβολήσης από επίπεδα κύματα, για την προσομοίωση λειτουργίας ασύρματων τοπικών δικτύων. Με τη βοήθεια της μεθόδου FDTD υπολογίζονται οι ρυθμοί ειδικής απορρόφησης SAR στο κεφάλι που είναι απαραίτητοι για την αξιολόγηση της εμπλεκόμενης επικινδυνότητας βάσει διεθνών προτύπων ασφαλείας. Η αριθμητική επίλυση της βιοθερμικής (bioheat) εξίσωσης με την υλοποίηση ενός άμεσου σχήματος διακριτοποίησης προσδιορίζει τις θερμοκρασιακές μεταβολές που προκαλούνται εξαιτίας της απορροφούμενης ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας.

**[J.2] N. V. Kantartzis, T. T. Zygiridis, and T. D. Tsiboukis, "A nonstandard higher order FDTD algorithm for 3-D arbitrarily and fractal-shaped antenna structures on general curvilinear lattices," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 38, no.2, Part 1, pp. 737-740, Mar. 2002.**

Παρουσιάζεται μια γενικευμένη μεθοδολογία FDTD που είναι κατάλληλα προσαρμοσμένη σε καμπυλόγραμμα συστήματα συντεταγμένων, για την αριθμητική μελέτη ιδιαίτερων ακτινοβολούντων δομών, κυρίως με fractal γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Η προτεινόμενη αριθμητική τεχνική εξασφαλίζει ακρίβεια ανώτερης τάξης και βασίζεται σε μη συμβατικά σχήματα χωρικής διακριτοποίησης, τα οποία συνδυάζονται με πολυσταδιακούς χρονικούς ολοκληρωτές. Αριθμητικές εφαρμογές του συγκεκριμένου αλγορίθμου περιλαμβάνουν την αξιόπιστη διερεύνηση στοιχειοκεραίων και μεμονωμένων ακτινοβολούντων στοιχείων με επαναλαμβανόμενη γεωμετρία, απαιτώντας παράλληλα ελάχιστο υπολογιστικό κόστος.

**[J.1] T. T. Zygiridis, N. V. Kantartzis, and T. D. Tsiboukis, "Sierpinski double-gasket antenna investigated with a 3-D FDTD conformal technique," *Electron. Lett.*, vol. 38, no. 3, pp. 107-109, Jan. 2002.**

Προτείνεται μια νέα κεραία τύπου fractal, η οποία αποτελείται από δύο μονόπολα τύπου Sierpinski τοποθετημένα σε επίπεδα κάθετα μεταξύ τους, παρέχοντας πολλές ελεύθερες παραμέτρους σχεδίασης. Η μελέτη της συγκεκριμένης διάταξης πραγματοποιείται με μια σύμμορφη (conformal) τεχνική FDTD, η οποία εξασφαλίζει ικανοποιητική ακρίβεια, παρά τη γεωμετρική πολυπλοκότητα της κεραίας. Υπολογί-

ζονται οι συχνότητες συντονισμού και τα αντίστοιχα διαγράμματα ακτινοβολίας, στοιχεία τα οποία επιβεβαιώνουν τον πολυσυχνοτικό χαρακτήρα της κατασκευής (τα διαγράμματα παραμένουν αναλλοίωτα στις διάφορες μπάντες, ιδιότητα χαρακτηριστική της fractal γεωμετρίας).

## ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ

[C.45] Panagiotis Sarigiannidis, Dimitris Pliatsios, Theodoros Zygiridis, and Nikolaos Kantartzis, “**DA-MA: A data mining forecasting DBA Scheme for XG-PONs,**” *The International Conf. on Modern Circuits and Systems Technologies*, pp. 1-4, Thessaloniki, Greece, 12–14 May, 2016. DOI: 10.1109/MOCAST.2016.7495169

Το τελευταίο πρότυπο για παθητικά οπτικά δίκτυα επόμενης γενιάς (NG-PON), γνωστά και ως 10-gigabit-capable παθητικά οπτικά δίκτυα (XG-PON), επιτρέπουν μια πολλά υποσχόμενη αρχιτεκτονική που προσφέρει ονομαστική ταχύτητα 10 Gbps κατά το downstream. Το τερματικό οπτικής γραμμής (OLT) βρίσκεται εντός του CO και αποτελεί το βασικό σημείο λήψης αποφάσεων για το PON. Το OLT επιτρέπει τη δυναμική καταχώρηση φάσματος (DBA) για το συντονισμό της μετάδοσης, ιδιαίτερα κατά το upstream. Σύμφωνα με το πρότυπο, μια απόσταση ίνας ίσης με of 40 km, μεταξύ ONUs και OLT, είναι επιτρεπτή. Αυτό υπονοεί υψηλές καθυστερήσεις διάδοσης που πρέπει να ληφθούν υπόψη στη σχεδίαση της κατανομής του φάσματος. Αυτή η εργασία εστιάζει στην πρόταση ενός γνωστικού DBA σχήματος, το οποίο είναι ικανό να προβλέπει το επιπρόσθετο φάσμα, το οποίο καταλήγει σε ONU, κατά τη διάρκεια του συντονισμού της μετάδοσης μεταξύ OLT και ONUs. Ο αλγόριθμος k-κοντινότερων γειτόνων (k-NN) εφαρμόζεται για την πρόβλεψη των αιτημάτων για επιπλέον φάσμα κάθε ONU. Επιπλέον, ο χρησιμοποιούμενος αλγόριθμος βελτιώνεται με μία προσαρμοζόμενη μέθοδο εκμάθησης, η οποία επιλέγει αποτελεσματικά τις k πιο κατάλληλες τιμές βασισμένη στη δυναμική της κίνησης.

[C.44] Athanasios Papadimopoulos, Vivian Alreem, Theodoros Zygiridis, Panagiotis Sarigiannidis, Nikolaos Kantartzis, and Christos Antonopoulos, “**Statistical analysis of microwave components through a 3-D stochastic-FDTD technique,**” *The International Conf. on Modern Circuits and Systems Technologies*, pp. 1-4, Thessaloniki, Greece, 12–14 May, 2016. DOI: 10.1109/MOCAST.2016.7495163

Πραγματοποιούμε τη μοντελοποίηση μικροκυματικών διατάξεων με τυχαίες μεταβολές στις ηλεκτρομαγνητικές τους ιδιότητες με τη βοήθεια ενός 3D αλγορίθμου πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου. Η συγκεκριμένη τεχνική δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα με πολύ μικρότερο υπολογιστικό κόστος, σε σχέση με μεθόδους Monte-Carlo. Αριθμητικές προσομοιώσεις μικροταινιακών γραμμών μεταφοράς με αβεβαιότητες υλικού πραγματοποιούνται για να επιβεβαιωθεί η ακρίβεια της μεθόδου, καθώς και η δυνατότητάς της να χρησιμοποιηθεί στη διερεύνηση περίπλοκων μικροκυματικών δομών σε στοχαστικά περιβάλλοντα

[C.43] Christos Salis, Theodoros Zygiridis, Panagiotis Sarigiannidis, and Nikolaos Kantartzis, “**Unconditionally-stable time-domain approach for uncertainty assessment in transmission lines,**” *The International Conf. on Modern Circuits and Systems Technologies*, pp. 1-4, Thessaloniki, Greece, 12–14 May, 2016. DOI: 10.1109/MOCAST.2016.7495151



Αβεβαιότητες που χαρακτηρίζουν τις ανά μονάδα μήκους παραμέτρους γραμμών μεταφοράς μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στα διαδιδόμενα κύματα τάσης και ρεύματος, οι οποίες παραβλέπονται από τα πλήρως ντετερμινιστικά μοντέλα. Σε αυτό το άρθρο, παρουσιάζουμε έναν αλγόριθμο πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου (FDTD) ελεύθερο από συνθήκη ευστάθειας, ο οποίος υπολογίζει τα στατιστικά των εμπλεκόμενων πεδιακών ποσοτήτων, υπό τη συνθήκη ότι η μεταβλητότητα των χαρακτηριστικών της γραμμής είναι γνωστή. Εφόσον δεν υπάρχει περιορισμός στο χρονικό βήμα, το προτεινόμενο σχήμα αποτελεί μια επέκταση της συνήθους στοχαστικής μεθόδου FDTD και παρουσιάζει καλύτερη αποτελεσματικότητα, ειδικά σε πυκνά διακριτοποιημένους χώρους. Αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι η εκτίμηση της αβεβαιότητας σε προβλήματα γραμμών μεταφοράς είναι εφικτή με αξιόπιστο τρόπο, ακόμα και όταν χρησιμοποιούνται μεγάλα χρονικά βήματα.

**[C.42] Theodoros Zygidis, Nikolaos Kantartzis, and Theodoros Tsiboukis, “Investigation of uncertainty in lightning-produced EM Fields with a polynomial-chaos FDTD approach,” *The 10th International Symp. on Electric and Magnetic Fields (EMF 2016), From Numerical Models to Industrial Applications*, p. 1, Lyon, France, 12–14 April, 2016.**

Η αριθμητική πρόβλεψη των ΗΜ πεδίων που προέρχονται από κεραυνικούς παλμούς έχει πραγματοποιηθεί εκτενώς σε προηγούμενες εργασίες, εξαιτίας της σημασίας τους σε πολλά προβλήματα ΗΜ συμβατότητας. Ωστόσο, η τυχαιότητα των ρεαλιστικών προβλημάτων συχνά παραβλέπεται από τις συμβατικές τεχνικές, με αποτέλεσμα να μη μπορούν αυτές να δώσουν αξιόπιστα αποτελέσματα για τις ιδιότητες των δεδομένων εξόδου. Δυστυχώς, λύσεις τύπου Monte-Carlo που βασίζονται σε προσομοιώσεις πλήρους κύματος απαιτούν ιδιαίτερα εκτεταμένους υπολογιστικούς χρόνους. Αυτή η εργασία αναπτύσσει ένα ακριβές και αποτελεσματικό τρόπο εργασίας για την εκτίμηση της αβεβαιότητας σε προβλήματα κεραυνών, όταν η η τυχαία φύση των ιδιοτήτων του εδάφους πρέπει να ληφθεί υπόψη.

**[C.41] Nikolaos Kantartzis, Theodoros Zygidis, and Theodoros Tsiboukis, “Efficient Krylov-based 3-D FVTD schemes with adaptive domain decomposition for graphene and nanostructured EMC components,” *The 10th International Symp. on Electric and Magnetic Fields (EMF 2016), From Numerical Models to Industrial Applications*, p. 1, Lyon, France, 12–14 April, 2016.**

Η σύγχρονη έρευνα πάνω σε εξελιγμένες δομές νανοϋλικών και γραφενίου σχετίζεται με ιδιαίτερα αυξημένες απαιτήσεις, καθώς τέτοιες διατάξεις βρίσκουν ιδιαίτερες εφαρμογές στην περιοχή των THz, χάρη στις ιδιότητες ολοκλήρωσης και τη δυνατότητα τοποθέτησής τους με μεγάλη πυκνότητα. Δεδομένου ότι πολλές από αυτές συχνά επανασχεδιάζονται ώστε να συμμορφώνονται με υπάρχοντες κανόνες, η ενσωμάτωση αποτελεσματικών υπολογιστικών μοντέλων αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμη. Παρ’ όλα αυτά, ζητήματα όπως γεωμετρικές λεπτομέρειες, καμπύλες διεπιφάνειες, συχνοτική εξάρτηση και μη γραμμικότητες μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρά σφάλματα διακριτοποίησης που εμποδίζουν την ορθή εφαρμογή των προαναφερθέντων αριθμητικών μέσων. Στο άρθρο αυτό αναπτύσσουμε μια συστηματική 3-Δ μεθοδολογία πεπερασμένων όγκων στο πεδίο του χρόνου με ένα προσαρμοζόμενο σχήμα διαχωρισμού περιοχών για τη σχεδίαση εφαρμογών με νανοϋλικά και γραφένιο..

**[C.40] Stamatios A. Amanatiadis, Alexandros I. Dimitriadis, Theodoros T. Zygidis, and Nikolaos V. Kantartzis, “Transmitted and reflected graphene surface waves due to substrate discontinui-**

ties,” *10th European Conf. on Antennas and Propagation (EuCAP)*, pp. 1–3, Davos, Switzerland, 10–15 April, 2016. doi: 10.1109/EuCAP.2016.7481955.

Οι συντελεστές ανάκλασης και διάθλασης των επιφανειακών κυμάτων γραφενίου, οι οποίες οφείλονται στην ασυνέχεια του διηλεκτρικού του, μελετώνται συστηματικά και υπολογίζονται αριθμητικά σε αυτό το άρθρο. Ουσιαστικά, οι ιδιότητες διάδοσης αυτών των κυμάτων εξάγονται θεωρητικά, αποκαλύπτοντας την ισχυρή εξάρτησή τους από το υλικό του υποστρώματος. Το τελευταίο οδηγεί στην ανάλυση του επιφανειακού κύματος σε ένα ανακλώμενο και ένα διαθλώμενο, εξαιτίας οποιωνδήποτε ασυνεχειών. Τελικά, οι συντελεστές και οι διευθύνσεις διάδοσης των κυμάτων αυτών υπολογίζονται ακριβώς χρησιμοποιώντας μια μέθοδο πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου, η οποία μοντελοποιεί το γραφένιο ως επιφανειακή συνοριακή συνθήκη.

[C.39] Theodoros T. Zygiridis, Nikolaos V. Kantartzis, Christos S. Antonopoulos, and Theodoros D. Tsiboukis, “Construction of 3D FDTD schemes with frequency-dependent operator coefficients,” *10th European Conf. on Antennas and Propagation (EuCAP)*, pp. 1–5, Davos, Switzerland, 10–15 April, 2016. doi: 10.1109/EuCAP.2016.7481734.

Αποσκοπώντας στην ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων αριθμητικής διασποράς σε προσομοιώσεις πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου (FDTD), διερευνούμε τη δυνατότητα εισαγωγής συχνοτικά εξαρτημένων συντελεστών στις προσεγγίσεις διαφορικών τελεστών. Η προτεινόμενη μεθοδολογία αξιοποιεί παλαιότερα αποτελέσματα πάνω σε βελτιστοποιημένες πεπερασμένες διαφορές, αλλά αρχικά αποφεύγει την αναγκαιότητα επιλογής ενός συγκεκριμένου σημείου βελτιστοποίησης. Εδώ, οι συντελεστές των τελεστών προσεγγίζονται από ένα πολυώνυμο χαμηλού βαθμού, το οποίο μεταφράζεται σε μια ισοδύναμη έκφραση πεπερασμένων διαφορών μέσω της εξίσωσης Helmholtz. Αυτό τροποποιεί το αρχικό χωρικό ίχνος των τελεστών και βελτιώνει την απόδοση σε όλες τις συχνότητες, κάτι που μπορεί να ελεγχθεί περαιτέρω με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων, οδηγώντας σε διάφορα νέα σχήματα FDTD αυξημένης αξιοπιστίας.

[C.38] Theodoros T. Zygiridis, Nikolaos V. Kantartzis, and Theodoros D. Tsiboukis, “Development of optimized operators based on spherical-harmonic expansions for 3D FDTD schemes,” *XVII International Symposium on Electromagnetic Fields in Mechatronics, Electrical and Electronic Engineering – ISEF 2015*, pp. 1-8, Valencia, Spain, September 10-12, 2015.

Το αντικείμενο αυτού του άρθρου σχετίζεται με την κατασκευή εκφράσεων πεπερασμένων διαφορών με ελαχιστοποιημένα, όπως και ελεγχόμενα σφάλματα διακριτοποίησης, κατάλληλων για 3D προσομοιώσεων FDTD σε εκτεταμένα προβλήματα. Οι νέες εκφράσεις σχεδιάζονται να συμφωνούν με τους πραγματικούς τελεστές, όταν εφαρμόζονται σε επίπεδες κυματοσυναρτήσεις. Για την αποφυγή της εξάρτησης από τη γωνία διάδοσης, πραγματοποιείται η ανάλυση κατάλληλων συναρτήσεων σφάλματος ως προς σφαιρικές αρμονικές συναρτήσεις, η οποία διευκολύνει τη βελτίωση της ακρίβειας και οδηγεί σε βέλτιστους συντελεστές σε κλειστή μορφή. Ο συνδυασμός των νέων τελεστών με ολοκληρωτές χαμηλής και υψηλότερης τάξης παράγει αποτελεσματικά χωρο-χρονικά μοντέλα, η αξιοπιστία των οποίων τα καθιστά ιδιαίτερα ελκυστικά για την αντικατάσταση κλασικών τεχνικών.

[C.37] N. V. Kantartzis, T. T. Zygiridis, C. S. Antonopoulos, and T. D. Tsiboukis, “Reduced-order models of VFETD/FDTD algorithms for optimized nanomaterial EMC applications,” *Joint IEEE Interna-*

***tional Symposium on Electromagnetic Compatibility and EMC Europe, pp. 512-517, Dresden, Germany, August 16 - 22, 2015.***

Σε αυτό το άρθρο παρουσιάζεται ένα σύνολο από 3D αναπαραστάσεις μειωμένης τάξης για μια νέα μέθοδο πεπερασμένων διαφορών/πεπερασμένων στοιχείων στο πεδίο του χρόνου (VFETD/FDTD) για την ανάλυση εφαρμογών ΗΜ συμβατότητας με νανοδομές. Ο προτεινόμενος αλγόριθμος συνδυάζει διανυσματικά πεπερασμένα στοιχεία με προσαρμοζόμενους χωρικούς τελεστές μέσω κατάλληλων συνοριακών συνθηκών και διαχωρίζει το χώρο σε διασυνδεδεμένα τμήματα. Και οι δύο άμεσες διαδικασίες ανανεώνονται ξεχωριστά, ενώ οι προσεγγίσεις καταστάσεων χώρου προκύπτουν από ένα σχήμα Krylov και κλιμακωτά πολυώνυμα Laguerre που προσφέρουν σημαντική μείωση της τάξης του πίνακα μεταφοράς. Επιπλέον, για λεπτούς αγωγούς, αναπτύσσεται μια τεχνική παρεμβολής που βασίζεται στις τηλεγραφικές εξισώσεις, ώστε να αντιμετωπίζει τα ακτινικά διαδιδόμενα κύματα με αποτελεσματικό τρόπο. Συνεπώς, ρεαλιστικές λεπτομέρειες μοντελοποιούνται ικανοποιητικά, χωρίς πυκνά πλέγματα. Αριθμητικά αποτελέσματα από διάφορες διατάξεις νανοϋλικών και γραφενίου επιβεβαιώνουν τα κέρδη της προτεινόμενης διατύπωσης.

**[C.36] G. G. Pyrialakos, T. T. Zygiridis, N. V. Kantartzis, and T. D. Tsiboukis, “GPU-accelerated stochastic-FDTD study of lightning-induced EM Fields over non-deterministic terrains,” *Progress In Electromagnetics Research Symposium - PIERS 2015*, pp. 2310-2314, Prague, Czech Republic, July 6–9, 2015.**

Μια καμπυλόγραμμη στοχαστική μεθοδολογία πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου (S-FDTD) παρουσιάζεται εδώ για την ανάλυση πεδίων προκαλούμενων από κεραυνούς πάνω από ανώμαλα εδάφη με στατιστική αβεβαιότητα. Η νέα 3-Δ τεχνική προέρχεται από μια covariant/contravariant διατύπωση που μπορεί να διαχειριστεί μεταβολές των παραμέτρων σε μία μόνο προσομοίωση. Περαιτέρω επιτάχυνση εξασφαλίζεται από κάρτες επεξεργασίας γραφικών με μεγάλη πυκνότητα υπολογιστικών πυρήνων, ενώ ένα σύνολο από ρεαλιστικά προβλήματα χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του προτεινόμενου αλγορίθμου.

**[C.35] T. T. Zygiridis, N. V. Kantartzis, and T. D. Tsiboukis, “Development of ADI-FDTD methods with dispersion-relation-preserving features,” *Progress In Electromagnetics Research Symposium - PIERS 2015*, pp. 2209-2214, Prague, Czech Republic, July 6–9, 2015.**

Παρουσιάζουμε δύο μεθοδολογίες που βελτιώνουν την απόδοση της έμμεσης μεθόδου εναλλασσόμενης κατεύθυνσης (ADI) πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου (FDTD). Η πρώτη αξιοποιεί βελτιστοποιημένους τελεστές και εφαρμόζει μια τεχνική τεχνητής ανισοτροπίας, έτσι ώστε τα λάθη γύρω από μια συγκεκριμένη συχνότητα να περιορίζονται. Σύμφωνα με το δεύτερο σχήμα, μια διαδικασία ταιριάσματος όρων εφαρμόζεται στη σχέση διασποράς, ώστε να προκύψουν προσεγγίσεις που βελτιώνουν το συνολικό σφάλμα σε εκτεταμένο εύρος συχνοτήτων. Η επιτυχής εφαρμογή των προτεινόμενων λύσεων ελέγχεται θεωρητικά, ενώ αριθμητικά τεστ φανερώνουν τα πλεονεκτήματά τους σε πρακτικές προσομοιώσεις.

**[C.34] Theodoros T. Zygiridis, Nikolaos V. Kantartzis, Christos S. Antonopoulos, and Theodoros D. Tsiboukis, “Efficient integration of high-order stencils into the ADI-FDTD method,” *20th Interna-***

***tional Conference on the Computation of Electromagnetic Fields - COMPUMAG 2015, pp. 1-2, Montreal, Quebec, Canada, June 28 – July 2, 2015.***

Η ενσωμάτωση κλασικών χωρικών προσεγγίσεων ανώτερης τάξης σε έμμεσες τεχνικές εναλλασσόμενης κατεύθυνσης (ADI) πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου (FDTD) δεν επαρκεί για τη βελτίωση της ακρίβειας, καθώς οι συγκεκριμένοι τελεστές μπορούν να περιορίσουν μόνο τα χωρικά λάθη. Εδώ προτείνουμε μια εναλλακτική σχεδίαση, η οποία εγγυάται εκφράσεις πεπερασμένων διαφορών που ελαχιστοποιούν το συνολικό σφάλμα. Ουσιαστικά, εξάγονται συναρτήσεις σφάλματος από τις έμμεσες εξισώσεις ανανέωσης, όταν η ADI τεχνική γραφεί σαν διαδικασία που υλοποιείται σε ένα μόνο στάδιο. Τότε, προκύπτουν χωρικές εκφράσεις από την κατάλληλη αξιοποίηση των εκφράσεων αυτών, εφαρμόζοντας τεχνικές ελέγχου σφαλμάτων.

**[C.33] Nikolaos V. Kantartzis, Theodoros T. Zygiridis, Christos S. Antonopoulos, and Theodoros D. Tsiboukis, “A generalized domain-decomposition stochastic FDTD technique for complex nano-material and graphene structures,” *20th International Conference on the Computation of Electromagnetic Fields - COMPUMAG 2015, pp. 1-2, Montreal, Quebec, Canada, June 28 – July 2, 2015.***

Η συστηματική και ακριβής σχεδίαση ρεαλιστικών νανοσύνθετων εφαρμογών και πεπερασμένων διατάξεων γραφενίου με τυχαίες αβεβαιότητες υλικών παρουσιάζεται εδώ μέσω μιας 3-Δ covariant/contravariant στοχαστικής μεθόδου πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου. Ο νέος αλγόριθμος εισάγει επιπρόσθετους κόμβους, σύμφωνα με τον κατάλληλο συνδυασμό όλων των διαθέσιμων χωρικών ιχνών, και αναπτύσσει ένα ευέλικτο σχήμα διαχωρισμού περιοχών, μαζί με τους κατάλληλους πολλαπλασιαστές Lagrange για τη σημαντική μείωση του υπολογιστικού φορτίου. Με τον τρόπο αυτό, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση των πεδιακών συνιστωσών υπολογίζεται με μία μόνο προσομοίωση, η οποία μπορεί να επιταχυνθεί μέσω παραλληλοποίησης σε κάρτες γραφικών. Τα κέρδη του προτεινόμενου αλγορίθμου επιβεβαιώνονται από τη μελέτη διάφορων εξαρτημάτων νανοκλίμακας με απαιτητικές στατιστικές μεταβολές στα υλικά τους.

**[C.32] A. N. Papadimopoulos, G. G. Pyrialakos, A. X. Lalas, T. T. Zygiridis, N. V. Kantartzis, C. S. Antonopoulos, T. F. Eibert, and T. D. Tsiboukis, “Statistical modeling of antennas via a generalized stochastic-FDTD method,” *9th European Conference on Antennas and Propagation - EuCAP 2015, pp. 1-5, Lisbon, Portugal, 12 - 17 April, 2015.***

Η ορθή ανάλυση περίπλοκων διατάξεων κεραιών με στατιστικά μεταβαλλόμενα χαρακτηριστικά παρουσιάζεται στο παρόν άρθρο μέσω μιας στοχαστικής 3D καμπυλόγραμμης τεχνικής πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου. Η νέα μέθοδος γενικεύει την ιδέα των covariant/contravariant μετρικών για καμπύλες δομές και υπολογίζει τις πρώτες ροπές των πεδιακών συνιστωσών με μία μόνο προσομοίωση. Επιπλέον, για την επιτάχυνση των προσομοιώσεων, όλοι οι υπολογιστικοί κώδικες εκτελούνται σε κάρτες επεξεργασίας γραφικών με τη βοήθεια παράλληλου προγραμματισμού. Τα πλεονεκτήματα του προτεινόμενου αλγορίθμου σε σύγκριση με την τεχνική Monte-Carlo επιβεβαιώνονται μέσω προσομοιωτικών μελετών κυκλικών και τραπεζοειδών λογαριθμικών περιοδικών κεραιών με διάφορες αβεβαιότητες στα υλικά τους.

[C.31] G. G. Pyrialakos, A. N. Papadimopoulos, T. T. Zygidis, N. V. Kantartzis, and T. D. Tsiboukis, "A curvilinear stochastic-FDTD algorithm for 3-D EMC problems with media uncertainties," *16th International IGTE Symposium on Numerical Field Calculation in Electrical Engineering (IGTE '14)*, p. 64, Graz, Austria, Sept. 14-17, 2014.

Μια 3D στοχαστική μέθοδος πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου (S-FDTD) σε καμπυλόγραμμες συντεταγμένες παρουσιάζεται σε αυτό το άρθρο για τη συνεπή ανάλυση ΗΜ προβλημάτων με υψηλά επίπεδα αβεβαιοτήτων στις ιδιότητες των υλικών. Ο νέος αλγόριθμος βασίζεται σε covariant/contravariant μετρικούς συντελεστές, έτσι ώστε να υπολογίζονται άμεσα τα στατιστικά των ποσοτήτων ενδιαφέροντος, ενώ οι χρόνοι εκτέλεσης προσομοιώσεων μειώνονται δραστικά μέσω προγραμματισμού σε κάρτες γραφικών.

[C.30] T. T. Zygidis, G. G. Pyrialakos, N. V. Kantartzis, and T. D. Tsiboukis, "Accelerated unconditionally stable FDTD scheme with modified operators," *16th International IGTE Symposium on Numerical Field Calculation in Electrical Engineering (IGTE '14)*, p. 50, Graz, Austria, Sept. 14-17, 2014.

Μια μέθοδος άνευ συνθήκης ευστάθειας που βασίζεται στην τοπικά μονοδιάστατη (LOD) μέθοδο πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου (FDTD) παρουσιάζεται σε αυτό το άρθρο, η οποία εισάγει τροποποιημένους χωρικούς τελεστές που επιχειρούν να διορθώσουν τα σφάλματα αριθμητικής διασποράς. Για την εξασφάλιση μιας αποτελεσματικής υλοποίησης, ο αλγόριθμος παραλληλοποιείται συστηματικά σε κάρτα επεξεργασίας γραφικών, εξασφαλίζοντας σημαντική επιτάχυνση τόσο στο άμεσο, όσο και στο έμμεσο κομμάτι του προτεινόμενου αλγορίθμου.

[C.29] G. Pyrialakos, T. Zygidis, N. Kantartzis, and T. Tsiboukis, "FDTD analysis of 3D lightning problems with material uncertainties on GPU architecture," *Proc. of the 2014 International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC Europe 2014)*, pp. 577-582, Gothenburg, Sweden, September 1-4, 2014.

Παρουσιάζουμε ένα υπολογιστικό πλαίσιο εργασίας για την πρόβλεψη ΗΜ πεδίων σε προβλήματα με κεραυνούς το οποίο, σε αντίθεση με άλλες μεθοδολογίες, μπορεί να λάβει υπόψη τις στατιστικές μεταβολές που χαρακτηρίζουν τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του εδάφους. Η συγκεκριμένη τεχνική πλήρους κύματος βασίζεται σε μια 3D γενίκευση της στοχαστικής μεθόδου πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου (SFDTD), και επιτρέπει τον υπολογισμό – με μία εκτέλεση κώδικα – των βασικών στατιστικών παραμέτρων, όπως η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση, που διέπουν τα παραγόμενα πεδία. Αποσκοπώντας σε μια βέλτιστη υπολογιστική υλοποίηση μέσω παραλληλοποίησης, εκμεταλλευόμαστε την αυξημένη υπολογιστική ισχύ των σύγχρονων καρτών επεξεργασίας γραφικών (GPUs). Αριθμητικά τεστ επιβεβαιώνουν την ορθότητα της προτεινόμενης προσέγγισης, καθώς τα εξαγόμενα αποτελέσματα συγκρίνονται πολύ καλά με αυτά που προκύπτουν από τις (πολύ πιο απαιτητικές) προσομοιώσεις Monte-Carlo FDTD (MC-FDTD), για ένα εκτεταμένο εύρος των τιμών των παραμέτρων.

[C.28] T. T. Zygidis, N. V. Kantartzis, and T. D. Tsiboukis, "Parallel LOD-FDTD method with error-balancing properties," *The Sixteenth Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation - CEFC 2014, Annecy, France, May 25-28, 2014*.

Παρουσιάζουμε μια βελτιωμένη έκδοση του τοπικά μονοδιάστατου (LOD) αλγορίθμου πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου (FDTD), ο οποίος χρησιμοποιεί χωρικές εκφράσεις που παράγονται από μια διαδικασία ελέγχου σφαλμάτων. Αυτή περιλαμβάνει την αμοιβαία αναίρεση ομοίων όρων στη σχέση διασποράς, και εξασφαλίζει καλύτερη εξισορρόπηση των χωρο-χρονικών λαθών, ανεξάρτητα από το μέγεθος του χρονικού βήματος.

**[C.27] N. V. Kantartzis, T. T. Zygiridis, and T. D. Tsiboukis, "A 3-D stochastic FVTD method based on reduced-order modeling for statistically random media in nano-electromagnetic applications," *The Sixteenth Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation - CEFC 2014, Annecy, France, May 25-28, 2014.***

Μια βελτιστοποιημένη στοχαστική μέθοδος FVTD παρουσιάζεται σε αυτό το άρθρο για τη συνεπή ανάλυση 3-Δ διατάξεων νανο-κλίμακας με στατιστικά μεταβαλλόμενες ανομοιογένειες. Βασισμένη στην ιδέα συμπαγών τμημάτων καταστάσεων χώρου, η νέα μέθοδος επιτυγχάνει υψηλά επίπεδα ακρίβειας και περιορίζει την ανάγκη για την πολλαπλή υλοποίηση προσεγγίσεων τύπου Monte-Carlo. Επομένως, περίπλοκες νανο-σύνθετες διατάξεις μοντελοποιούνται πολύ αξιόπιστα, ακόμα και για αβεβαιότητες σε μικρότερη κλίμακα από το μήκος κύματος, όπως επιβεβαιώνεται από τη μελέτη διαφόρων διατάξεων.

**[C.26] G. G. Pyrialakos, T. T. Zygiridis, N. V. Kantartzis, and T. D. Tsiboukis, "GPU-based three-dimensional calculation of lightning-generated electromagnetic fields," *IEEE International Conference on Numerical Electromagnetic Modeling and Optimization for RF, Microwave and Terahertz Applications - NEMO2014, pp. 1-4, Pavia, Italy, May 14-16, 2014.***

Παρουσιάζουμε και διερευνούμε μια υπολογιστική προσέγγιση για την αποτελεσματικό υπολογισμό ΗΜ πεδίων παραγόμενων από κεραυνούς και την επίλυση σχετικών προβλημάτων σε ρεαλιστικά περιβάλλοντα. Δεδομένου ότι διάφοροι παράγοντες, όπως ανομοιογένειες εδάφους και ανωμαλίες στην επιφάνεια ενδέχεται να εμποδίζουν τη χρήση απλοποιημένων προσεγγίσεων, η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου εφαρμόζεται σε 3Δ διατύπωση, έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη όλες οι βασικές λεπτομέρειες. Καθώς τα προβλήματα κεραυνών συνήθως απαιτούν σημαντικό αριθμό υπολογισμών, η αριθμητική μέθοδος παραλληλοποιείται αξιοποιώντας τις δυνατότητες καρτών επεξεργασίας γραφικών. Η προτεινόμενη εφαρμογή εξασφαλίζει σημαντική μείωση στους χρόνους προσομοίωσης και διευκολύνει τη μελέτη προβλημάτων με αβεβαιότητες, με αποτέλεσμα να συνεισφέρει στην ανάπτυξη ενός χρήσιμου εργαλείου για τη μελέτη προβλημάτων σχετικών με κεραυνικά φαινόμενα.

**[C.25] T. T. Zygiridis, "On the design of leapfrog integrators for optimized implementations of 3D FDTD models," *International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications '13, pp. 1224-1227, Torino, Italy, Sept. 9-13, Sept. 2013.***

Σε αυτό το άρθρο αναλύουμε μια οικογένεια τροποποιημένων χρονικών ολοκληρωτών για 3Δ προσομοιώσεις πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου (FDTD). Προτείνουμε μια προσέγγιση που εισάγει μια παραμετρική μεθοδολογία τέταρτης τάξης, η οποία αποσκοπεί στη διατήρηση των πραγματικών χαρακτηριστικών διασποράς στο διακριτοποιημένο επίπεδο, μέσω κατάλληλης διαχείρισης του χωρικού τμήματος. Το εμπλεκόμενο υπολογιστικό κόστος δε μεταβάλλεται και η κυματική διάδοση α-

να παράγεται με πιο αξιόπιστο τρόπο μέσω της νέας τεχνικής ολοκλήρωσης, ειδικά όταν αυτή συνδυάζεται με χωρικούς τελεστές αντίστοιχων δυνατοτήτων.

**[C.24] T. T. Zygiridis, N. V. Kantartzis, and T. D. Tsiboukis, “GPU-accelerated efficient implementation of FDTD methods with optimum time-step selection,” 19th COMPUMAG Conference on the Computation of Electromagnetic Fields, pp. 1-2, Budapest, Hungary, 30 June – 4 July 2013.**

Αντικείμενο αυτού του άρθρου είναι ο αποτελεσματικός συνδυασμός ανόμοιων χωρο-χρονικών τάξεων ακρίβειας σε αλγορίθμους πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου. Η χρησιμοποίηση τέτοιων σχημάτων κοντά στο όριο ευστάθειας καταλήγει σε κακή απόδοση και χαμηλούς ρυθμούς σύγκλισης. Βασιζόμενοι σε λογικές διατήρησης ακρίβειας, προτείνουμε μια εκτίμηση του βέλτιστου μεγέθους του χρονικού βήματος που βελτιώνει τα λάθη κατά μία μέση έννοια. Για να αντιμετωπιστούν οι απαραίτητες αυξημένες επαναλήψεις, επιδιώκεται η παραλληλοποίηση της τεχνικής FDTD σε κάρτες επεξεργασίας γραφικών, εξασφαλίζοντας ταχύτερες εκτελέσεις κώδικα.

**[C.23] N. V. Kantartzis, T. T. Zygiridis, and T. D. Tsiboukis, “Enhanced analysis of multiconductor nanostructured devices via a compact block FDTD/VFETD method,” 19th COMPUMAG Conference on the Computation of Electromagnetic Fields, pp. 1-2, Budapest, Hungary, 30 June – 4 July 2013.**

Μια τεχνική FDTD/VFETD μειωμένης τάξης παρουσιάζεται σε αυτό το άρθρο, για την ακριβή και υπολογιστικά αποτελεσματική μελέτη διατάξεων πολλαπλών αγωγών νανο-κλίμακας. Ο νέος αλγόριθμος συνδυάζει μια βελτιστοποιημένη διαδικασία διακριτοποίησης με διανυσματικά πεπερασμένα στοιχεία και διαχωρισμό του χώρου σε στενά διασυνδεδεμένα κομμάτια. Ένα βασικό χαρακτηριστικό είναι ότι και οι δύο τεχνικές εκτελούνται στο χρόνο ανεξάρτητα, ενώ επιτυγχάνεται και μείωση της τάξης του πίνακα μεταφοράς μέσω ενός σχήματος Krylov με κλιμακούμενες συναρτήσεις Laguerre. Αριθμητικά αποτελέσματα από διάφορες νανο-σύνθετες διατάξεις επιβεβαιώνουν τις δυνατότητες της υβριδικής μεθόδου και φανερώνουν το εύρος εφαρμογών της.

**[C.22] T. T. Zygiridis, “Design of least-squares time integrators for reliable FDTD simulations,” The 15<sup>th</sup> Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation, CEFC 2012, p. 376, Oita, Japan, Nov. 11-14 2012.**

Κατασκευάζουμε βελτιστοποιημένους χρονικούς ολοκληρωτές για αξιόπιστες χρονικά εξαρτημένες προσομοιώσεις στο πεδίο του χρόνου. Οι προτεινόμενες τεχνικές αποτελούν τροποποιήσεις των ολοκληρωτών τύπου leapfrog και χαρακτηρίζονται από την ιδιότητα διατήρησης ακρίβειας, έτσι ώστε τα αριθμητικά προκαλούμενα σφάλματα να περιορίζονται με αποτελεσματικό τρόπο.

**[C.21] T. T. Zygiridis, “High-order error optimized FDTD algorithm with GPU implementation,” The 15<sup>th</sup> Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation, CEFC 2012, p. 207, Oita, Japan, Nov. 11-14 2012.**

Αναπτύσσουμε ένα σχήμα πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου που συνδυάζει ειδικά σχεδιασμένους χωρικούς τελεστές με βελτιωμένους χρονικούς ολοκληρωτές τύπου leapfrog. Επιπρόσθετος έλεγχος της ευρυζωνικής συμπεριφοράς επιτυγχάνεται με μια τεχνική ελαχίστων τετραγώνων. Επιπλέον

ον, σημαντική επιτάχυνση σε σχέση με τους σειριακούς υπολογισμούς σε CPU επιτυγχάνεται με την παραλληλοποίηση του αλγορίθμου σε κάρτες επεξεργασίας γραφικών.

**[C.20] K. Rallis, T. Theodoulidis and T. Zygiridis, “Efficient calculation of the lightning generated electric field above ground,” *EMC Europe 2012, International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, Rome, Italy, Sept. 17-21, 2012.**

Κατά τη μελέτη Η/Μ φαινομένων που εμπεριέχουν κεραυνούς, η αποτελεσματικότητα του επιλεγμένου μοντέλου βασίζεται στον ακριβή και ταχύ υπολογισμό ολοκληρωμάτων τύπου Sommerfeld. Στην παρούσα εργασία προτείνεται μια αποτελεσματική μέθοδος υπολογισμού, η οποία βασίζεται στον αριθμητικό υπολογισμό των ολοκληρωμάτων κατά μήκος μιας τροποποιημένης διαδρομής ολοκλήρωσης. Η μέθοδος συνδυάζεται με μια τεχνική παρεμβολής, ώστε να μειωθεί ο αριθμός των συχνοτήτων που απαιτούνται για τη σύνθεση του χρονικά εξαρτημένου ηλεκτρικού πεδίου. Έτσι, προκύπτει ένα γρήγορο και άμεσο εργαλείο για τον υπολογισμό του ηλεκτρικού πεδίου πάνω από τη γη, χωρίς τη χρήση ειδικών αλγορίθμων ή αναλυτικών προσεγγίσεων. Η προτεινόμενη προσέγγιση επιβεβαιώνεται μέσα από συγκρίσεις αποτελεσμάτων που υπολογίζονται με τη μέθοδο FDTD σε κυλινδρικές συντεταγμένες.

**[C.19] T. I. Kosmanis, N. V. Kantartzis, T. T. Zygiridis, and P. T. Aisopoulos, “Numerical analysis of the electromagnetic interference of a WAVE inter-vehicle communication system on vehicle electronics,” *9<sup>th</sup> International Symposium on EMC joint with 20<sup>th</sup> International Wroclaw Symposium on EMC*, pp. 265-268, Wroclaw, Poland , Sept. 13 -17, 2010.**

Σύγχρονα συστήματα επικοινωνιών μέσα σε οχήματα γίνονται όλο και πιο δημοφιλή, όχι μόνο επειδή είναι σημαντικά για τη δημόσια ασφάλεια, αλλά και εξαιτίας διαφόρων άλλων χρήσιμων εφαρμογών τους. Ωστόσο, αυτές οι τεχνολογικές τάσεις ενδέχεται να γίνουν επιβλαβείς για τα ηλεκτρονικά των οχημάτων. Στην παρούσα εργασία μελετούμε το περιθώριο προστασίας αυτών των ηλεκτρονικών συστημάτων από την Η/Μ ακτινοβολία, η οποία προέρχεται από συστήματα ενδοεπικοινωνίας οχημάτων, με βάση το πρότυπο IEEE 802.11p WAVE ή άλλα ισοδύναμα. Το προκαλούμενο ηλεκτρικό πεδίο σε κρίσιμα σημεία του εσωτερικού ενός οχήματος υπολογίζεται μέσω του αλγορίθμου πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου. Σε κάθε προσομοίωση, η επικοινωνία οχήματος-προς-όχημα ή οχήματος-προς-υποδομή θεωρείται σύμφωνη με το πρότυπο IEEE WAVE.

**[C.18] T. I. Kosmanis, T. T. Zygiridis, N. V. Kantartzis, and P. T. Aisopoulos, “Vehicle-to-vehicle communication system EMI characterization on automotive electronics,” *2010 URSI International Symposium on Electromagnetic Theory*, pp. 418-421, Berlin, Germany, Aug. 16-19, 2010.**

Αντικείμενο της εργασίας αυτής αποτελεί η υψίσυχη Η/Μ ακτινοβολία που προέρχεται από συστήματα επικοινωνιών οχημάτων και η επίδρασή της στα ηλεκτρονικά συστήματα των τελευταίων. Τα συστήματα ενδοεπικοινωνίας οχημάτων παρέχουν ένα μεγάλο εύρος νέων υπηρεσιών και εφαρμογών σε περιβάλλον οχήματος, ωστόσο ακόμα βρίσκονται σε στάδιο ανάπτυξης. Αν και τέτοια συστήματα υπόσχονται πολλά για το μέλλον των “έξυπνων” συστημάτων μεταφοράς, υπάρχει το ενδεχόμενο να είναι επιβλαβή για τα ηλεκτρονικά συστήματα των οχημάτων. Η υπολογιστική ανάλυση του ηλεκτρικού πεδίου που παράγεται από ένα τέτοιο σύστημα πραγματοποιείται με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου. Συγκεκριμένα, υπολογίζεται η στάθμη του ηλεκτρικού πεδίου για διάφορα σενά-



ρια, σύμφωνα με τα πρότυπα IEEE, και γίνεται έλεγχος ως προς τα μέγιστα επιτρεπτά όρια για ηλεκτρονικές συσκευές.

**[C.17] T. T. Zygiridis, "Bandwidth control of optimized FDTD schemes," 26<sup>th</sup> Annual Review of Progress in Applied Computational Electromagnetics, pp. 320-323, Tampere, Finland, April 26-29, 2010.**

Εδώ εξερευνούμε τη δυνατότητα ελέγχου της ευρυζωνικής συμπεριφοράς μιας οικογένειας μεθόδων πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου, οι οποίες χρησιμοποιούν εκτεταμένους χωρικά τελεστές, ενώ διατηρούν την ακρίβεια β' τάξης στο χρόνο. Ειδικότερα, πραγματοποιούμε αρχικά μια βελτιστοποίηση σε μία μόνο συχνότητα και ευρύτερες μπάντες, στη συνέχεια, αντιμετωπίζονται με την τεχνική ελαχίστων τετραγώνων. Παρουσιάζουμε αποτελέσματα για χωρικά ίχνη που αξιοποιούν μέχρι και έξι κόμβους και δείχνουμε ότι η προτεινόμενη προσέγγιση μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερως χρήσιμη σε προβλήματα με διεγέρσεις ευρείας ζώνης συχνότητας.

**[C.16] N. V. Kantartzis and T. T. Zygiridis, "Enhanced FDTD schemes based on dispersion-optimized stencil-adjustable nonstandard operators," 26<sup>th</sup> Annual Review of Progress in Applied Computational Electromagnetics, Tampere, Finland, pp. 316-319, April 26 - 29, 2010.**

Σε αυτήν την εργασία παρουσιάζονται εξελιγμένοι αλγόριθμοι πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου που εμπεριέχουν διάφορες χωρικές/χρονικές προσεγγίσεις. Αρχικά, θεωρώντας την περίπτωση ηλεκτρικά αγώγιμων υλικών, βελτιστοποιημένοι τελεστές σχεδιάζονται για να παράγουν χαμηλά σφάλματα διασποράς σε συγκεκριμένη συχνότητα. Στη συνέχεια και για απαιτητικές γεωμετρίες, αναπτύσσονται μη συμβατικοί τελεστές που επιτρέπουν το συνδυασμό διαφορετικών χωρικών ίχνων. Και οι δύο προσεγγίσεις χαρακτηρίζονται από βελτιωμένες ιδιότητες, συγκριτικά με τον αλγόριθμο του Yee, όπως επιβεβαιώνεται από αριθμητικά αποτελέσματα.

**[C.15] T. T. Zygiridis, T. K. Katsibas, C. S. Antonopoulos, and T. D. Tsiboukis, "Treatment of grid-conforming dielectric interfaces in FDTD methods," CEFC 2008, 13<sup>th</sup> Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation, Athens, Greece, May 11-15, 2008, p. 460.**

Σε αυτό το άρθρο προτείνεται μια λύση για το πρόβλημα χρήσης τελεστών πεπερασμένων διαφορών με εκτεταμένο χωρικό ίχνος κοντά σε διηλεκτρικές διεπιφάνειες, στην περίπτωση χρονικά εξαρτημένων προσομοιώσεων. Το εσωτερικό σχήμα διακριτοποίησης τροποποιείται κατάλληλα σε ένα μεταβατικό στρώμα που περιλαμβάνει την ασυνέχεια, με τη βοήθεια εναλλακτικών προσεγγιστικών εκφράσεων, οι οποίες εξάγονται από την ελαχιστοποίηση κατάλληλων συναρτήσεων σφάλματος.

**[C.14] T. T. Zygiridis and T. D. Tsiboukis, "Error estimation and performance control for the (2,4) FDTD method in lossy spaces," CEFC 2008, 13<sup>th</sup> Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation, Athens, Greece, May 11-15, 2008, p. 244.**

Παρουσιάζουμε μια τεχνική ελέγχου της συμπεριφοράς μιας μεθόδου FDTD με εκτεταμένους χωρικούς τελεστές, όταν διακριτοποιούνται ηλεκτρικά αγώγιμα μέσα. Εκτιμώντας τα αριθμητικά λάθη από μια προσέγγιση της σχέσης διασποράς, ορίζονται νέοι χωρικοί τελεστές και διορθώνονται πολλές από τις αδυναμίες της συμβατικής έκδοσης του σχήματος διακριτοποίησης.

**[C.13] T. T. Zygiridis and T. D. Tsiboukis, "Optimized (2,4) FDTD method for conducting media," 16<sup>th</sup> COMPUMAG Conference on the Computation of Electromagnetic Fields, Aachen, Germany, June 24-28, 2007, pp. 783-784.**

Η κατασκευή μιας βελτιστοποιημένης μεθόδου πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου για εφαρμογή σε προβλήματα με διηλεκτρικά με αγωγιμότητα παρουσιάζεται σε αυτό το άρθρο. Το νέο σχήμα διατηρεί της δομή της κλασικής (2,4) μεθόδου. Ωστόσο, χρησιμοποιεί προσεγγιστικούς τελεστές που εγγυώνται χαμηλά επίπεδα σφαλμάτων σε συγκεκριμένες συχνοτικές μπάντες και, επομένως, πιο αξιόπιστες προσομοιώσεις. Προτείνεται μια διαδικασία βελτιστοποίησης, η οποία οδηγεί σε βελτιωμένες προσεγγίσεις απαιτώντας την ελαχιστοποίηση λαθών πλάτους και φάσης. Με τον τρόπο αυτό, η αξιοπιστία βελτιώνεται χωρίς να επιβαρύνεται το σχετικό υπολογιστικό κόστος.

**[C.12] T. T. Zygiridis, K. I. Petras, and T. D. Tsiboukis, "A generic study of human exposure to wireless systems: evaluation of power absorption and thermal effects," 16<sup>th</sup> COMPUMAG Conference on the Computation of Electromagnetic Fields, Aachen, Germany, June 24-28, 2007, pp. 549-550.**

Στο παρόν άρθρο πραγματοποιείται μια ολοκληρωμένη μελέτη σχετικά με τις επιδράσεις που προέρχονται από την έκθεση σε μικροκυματική ακτινοβολία. Υπολογίζουμε αριθμητικά την ποσότητα της ΗΜ ισχύος που απορροφάται από ανθρώπινους ιστούς, θεωρώντας διάφορες συνθήκες έκθεσης και τύπους ακτινοβολούντων πηγών. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με οδηγίες που προτείνονται από διεθνή πρότυπα ασφαλείας, ενώ επιπρόσθετες πληροφορίες παρέχονται από την εκτίμηση των αντίστοιχων θερμικών συνεπειών. Επιλύοντας τη βιοθερμική εξίσωση, εκτιμούμε την προκαλούμενη άνοδο της θερμοκρασίας και τη σχέση της με την απορροφούμενη ΗΜ ισχύ.

**[C.11] K. P. Prokopidis, N. V. Kantartzis, T. T. Zygiridis, and T. D. Tsiboukis, "Modeling of dielectric properties of biological tissues by vector fitting," 16<sup>th</sup> COMPUMAG Conference on the Computation of Electromagnetic Fields, Aachen, Germany, June 24-28, 2007, pp. 539-540.**

Εδώ οι παράμετροι του μοντέλου Drude που χρησιμοποιείται στη μοντελοποίηση των διηλεκτρικών ιδιοτήτων βιολογικών ιστών υπολογίζονται με μια τεχνική διανυσματικής προσαρμογής. Η τελευταία ουσιαστικά επιτυγχάνει τη μοντελοποίηση συχνοτικών αποκρίσεων με τη βοήθεια ρητών συναρτήσεων, έχοντας ως βασικότερες ιδιότητες την ακρίβεια, την απλότητα εφαρμογής και την προσαρμοστικότητα σε ποικιλία περιπτώσεων.

**[C.10] T. V. Yioultsis, T. I. Kosmanis, T. T. Zygiridis, E. P. Kosmidou, A. Pyrpasopoulou, T. D. Xenos, N. J. Farsaris, V. Kotoula, P. M. Hytiroglou, G. Karkavelas, I. N. Magras, and T. D. Tsiboukis, "A combined computational and experimental investigation of nonthermal biological effects on prenatal development due to radiation from low power microwave antennas," 6<sup>th</sup> WSEAS International Conference on Applied Informatics and Communications, Elounda, Greece, August 18-20, 2006, pp. 323-327.**

Αυτή είναι μια ολοκληρωμένη μελέτη για τις βιολογικές επιπτώσεις παλμικά διαμορφωμένης ακτινοβολίας με χαμηλή πυκνότητα ισχύος. Εφαρμόζει ένα συνδυασμό ενός υπολογιστικού μοντέλου ποντικιού και εκτεταμένα πειράματα in vivo σε έμβρυα ποντικών, κατά την εμβρυογένεση και την οργανογένεση.

Η διερεύνηση βελτιώνεται περαιτέρω μέσω ανοσολογική και χημικής διερεύνησης στα όργανα των ποικιλιών. Η συγκεκριμένη μελέτη είναι μία από τις πρώτες που συνδυάζει αποτελέσματα από υπολογιστική, από πειραματική και από βιομοριακή διερεύνηση και επιδιώκει να ξεκινήσει μια συζήτηση για υπάρχοντα πρότυπα για προστασία από συνεχή έκθεση σε ΗΜ πεδία χαμηλής έντασης.

**[C.9] T. T. Zygidis, E. P. Kosmidou, K. P. Prokopidis, N. V. Kantartzis, C. S. Antonopoulos, K. Petras, and T. D. Tsiboukis, "Numerical modeling of an indoor wireless environment for the performance evaluation of WLAN systems," 15<sup>th</sup> COMPUMAG Conference on the Computation of Electromagnetic Fields, Shenyang, China, June 26-30, 2005, vol. III, pp. 210-211.**

Η απόδοση ασύρματων τοπικών δικτύων (WLANs) σε ένα τυπικό περιβάλλον γραφείου διερευνάται αριθμητικά σε αυτό το άρθρο in this paper. Αναπτύσσεται ένα διδιάστατο μοντέλο πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου, ώστε να προσομοιωθούν όλα τα περίπλοκα φαινόμενα που διέπουν την κυματική διάδοση στην εξεταζόμενη δομή. Αυτή η μελέτη επιδιώκει να εκτιμήσει διάφορες δυνατότητες των WLAN – όπως η κάλυψη – όταν λειτουργούν σε διάφορες συχνοτικές περιοχές (2.44, 5.25 ή 5.80 GHz). Υπολογίζοντας διάφορες άλλες παραμέτρους του καναλιού, οι οποίες περιγράφουν τη διάδοση διαμέσου πολλαπλών οδών και τη χρονική διασπορά, καταλήγουμε σε ένα χρήσιμο υπολογιστικό μοντέλο για το χαρακτηρισμό και τη βελτιστοποιημένη σχεδίαση WLAN συστημάτων.

**[C.8] T. T. Zygidis and T. D. Tsiboukis, "Design of optimized FDTD schemes for the accurate solution of EM problems," 15<sup>th</sup> COMPUMAG Conference on the Computation of Electromagnetic Fields, Shenyang, China, June 26-30, 2005, vol. II, pp. 120-121.**

Χρησιμοποιώντας χωρικούς τελεστές με διαφορετικά χωρικά ίχνη, σχεδιάζουμε 3D σχήματα πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου, ικανά να ελαχιστοποιούν σφάλματα διασποράς σύμφωνα με τις απαιτήσεις του εκάστοτε προβλήματος. Η απόδοσή τους βελτιστοποιείται απαιτώντας την ελαχιστοποίηση ενός δείκτη σφάλματος – ο οποίος εξάγεται από τις εξισώσεις του Maxwell – σε προεπιλεγμένα συχνοτικά σημεία. Η βελτίωση της ακρίβειας είναι εγγυημένα, ανεξάρτητα από τη γωνία διάδοσης, χάρη στο ανάπτυγμα του δείκτη σε τριγωνομετρική σειρά. Αντίθετα από τις συμβατικές τεχνικές, η διαδικασία σχεδίασης αποδεικνύεται ότι εκμεταλλεύεται τις δυνατότητες των τελεστών ανώτερης τάξης, καθώς οι τεχνικές που αναπτύσσονται εξασφαλίζουν σημαντικά χαμηλότερα σφάλματα, χωρίς να επιβαρύνεται το συνολικό υπολογιστικό κόστος.

**[C.7] N. V. Kantartzis, T. T. Zygidis, and T. D. Tsiboukis, "An unconditionally stable higher-order ADI-FDTD technique for the dispersionless analysis of generalized 3-D EMC structures," 14<sup>th</sup> COMPUMAG Conference on the Computation of Electromagnetic Fields, Saratoga Springs, New York, U.S.A., July 13-17, 2003, vol. I, pp. 148-149.**

Μια βελτιωμένη 3D μέθοδος ADI-FDTD για την ακριβή και άνευ συνθήκης ευσταθή μοντελοποίησης περιπλοκών και καμπυλόγραμμων προβλημάτων EMC παρουσιάζεται σε αυτό το άρθρο. Η νέα τεχνική παρουσιάζει μια τοπολογικά συνεπή οικογένεια μη συμβατικών σχημάτων, τα οποία περιορίζουν τα σοβαρά σφάλματα διασποράς του κλασικού σχήματος ADI-FDTD καθώς αυξάνει το χρονικό βήμα, ενώ ταυτόχρονα περιορίζει την ισχυρή εξάρτηση από το σχήμα του κελιού ή τη χωρική πυκνότητα. Έτσι, τα χρονικά βήματα μπορούν να ξεπεράσουν το όριο Courant, με καλύτερη ευστάθεια και ρυθμούς σύγκλισης. Για περαιτέρω βελτιστοποίηση, αναπτύσσονται και ανώτερης τάξης καμπυλόγραμμοι PML απορ-

ροφητές. Θεωρητική ανάλυση, καθώς και αριθμητική επιβεβαίωση από διάφορες δομές φανερώνουν ότι η συγκεκριμένη μέθοδος είναι πολύ ακριβής, περιορίζει τους παρασιτικούς μηχανισμούς της προσέγγισης ADI και επιτυγχάνει σημαντική υπολογιστική εξοικονόμηση.

**[C.6] T. T. Zygiridis and T. D. Tsiboukis, "A dispersion-reduction scheme for the higher-order (2,4) FDTD method," 14<sup>th</sup> COMPUMAG Conference on the Computation of Electromagnetic Fields, Saratoga Springs, New York, U.S.A., July 13-17, 2003, vol. I, pp. 146-147.**

Σε αυτό το άρθρο αναπτύσσεται και διερευνάται μια τεχνική για τον περιορισμό των φασικών ανακρίβειών λόγω αριθμητικής διασποράς στη μέθοδο (2,4) πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου. Βασισμένη στη συστηματική επιλογή των παραμέτρων των υλικών, η διαδικασία βελτιστοποίησης συνδυάζεται με τέταρτης τάξης χωρικούς τελεστές, έτσι ώστε να βελτιώνεται σημαντικά η προσέγγιση πεπερασμένων διαφορών. Αν και οι διορθωμένες τιμές εξάγονται για μία συγκεκριμένη συχνότητα, η βελτίωση μπορεί να επιβεβαιωθεί για μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων, τόσο θεωρητικά, όσο και από αριθμητικά αποτελέσματα. Η αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης πρακτικής αποδεικνύεται με διάφορα αποτελέσματα από διδιάστατα και τρισδιάστατα προβλήματα.

**[C.5] T. Zygiridis and T. Tsiboukis, "Phase error reduction in general FDTD methods via optimum configuration of material parameters," JAPMED '03, Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Japanese-Mediterranean Workshop on Applied Electromagnetic Engineering for Magnetic and Superconducting Materials & 3<sup>rd</sup> Workshop on Superconducting Flywheels, May 19-21, 2003, Athens, Greece, pp. 73-74.**

Σε αυτό το άρθρο, η αριθμητική διασπορά που εμφανίζεται σε χαμηλής και ανώτερης τάξης μεθόδους FDTD αντιμετωπίζεται με μια απλή, αλλά αποτελεσματική διορθωτική τεχνική. Η προτεινόμενη διαδικασία, η οποία αναπτύσσεται για οποιοδήποτε σχήμα τυχαίας τάξης στο χώρο, επιτυγχάνει σημαντική μείωση των προκαλούμενων σφαλμάτων φάσης τροποποιώντας τις παραμέτρους των μοντελοποιούμενων υλικών. Πέρα από τη βελτίωση της ακρίβειας σε μονοσυχνотικά προβλήματα, μπορεί να εφαρμοσθεί επιτυχώς και σε ευρυζωνικές προσομοιώσεις. Τα αριθμητικά τεστ αναδεικνύουν τη βελτίωση που επιτυγχάνεται στην περίπτωση της μεθόδου (2, 4) FDTD.

**[C.4] T. T. Zygiridis, N. V. Kantartzis, T. V. Yioultsis, and T. D. Tsiboukis, "Higher-order approaches of FDTD and TVFE methods for the accurate analysis of fractal antenna arrays," IEEE CEFC 2002, The Tenth Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation, Perugia, Italy, June 16-19 2002, p. 150.**

Τεχνικές ανώτερης τάξης πεπερασμένων διαφορών στο πεδίο του χρόνου και διανυσματικών πεπερασμένων στοιχείων παρουσιάζονται σε αυτό το άρθρο για την ακριβή μοντελοποίηση στοιχειοκεραίων με fractal γεωμετρική διάταξη. Ειδικότερα, οι βελτιωμένες τεχνικές προβλέπουν αποτελεσματικά τη συμπεριφορά των δομών αυτών, υπολογίζοντας τα διαγράμματα ακτινοβολίας και τις δυνατότητες μετατόπισης του κυρίως λοβού.

**[C.3] T. T. Zygiridis, N. V. Kantartzis, and T. D. Tsiboukis, "Higher-order tangential vector finite elements for complicated 3-D antenna array structures," 6th International Workshop on Finite El-**

Τα ανώτερης τάξης διανυσματικά πεπερασμένα στοιχεία (TVFEs) αποτελούν ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την ανάλυση ακτινοβολούντων δομών, καθώς μπορούν να προσομοιώσουν περίπλοκες γεωμετρικές και να αντιμετωπίσουν τις ανακρίβειες των προσεγγίσεων χαμηλής τάξης. Η μέθοδος TVFE συνήθως συνδυάζεται με περιοδικές συνοριακές συνθήκες, στη μελέτη στοιχειοκεραίων. Ωστόσο, η μοντελοποίηση ολόκληρων δομών είναι συχνά απαραίτητη, στην περίπτωση μη ομοιόμορφων διεγέρσεων ή ανομοιόμορφων χωρικών δομών. Εδώ, προτείνεται μια προσέγγιση TVFE β' τάξης για τη μελέτη των χαρακτηριστικών ακτινοβολίας διαφόρων στοιχειοκεραίων, όπου συμπεριλαμβάνονται ηλεκτρικά εκτεταμένες δομές και δυνατότητες ελέγχου του κυρίως λογού ακτινοβολίας.

**[C.2] T. V. Yioultsis, T. I. Kosmanis, E. P. Kosmidou, T. T. Zygiridis, N. V. Kantartzis, T. Xenos, and T. D. Tsiboukis, "A comparative study of the biological effects of various mobile phone and wireless LAN antennas," 13<sup>th</sup> COMPUMAG Conference on the Computation of Electromagnetic Fields, Evian-les-bains, France, July 2-5, 2001, pp. 100-101.**

Εδώ παρουσιάζεται μια ανάλυση της ΗΜ ακτινοβολίας και των επιπτώσεών της σε ανθρώπους, λόγω της χρήσης διαφόρων τύπων κινητών τηλεφώνων και κεραιών. Αυτή είναι μία από τις πρώτες μελέτες που εξετάζουν ένα μεγάλο εύρος από σύγχρονα τηλέφωνα, σε αντίθεση με τις περισσότερες υπάρχουσες εργασίες, οι οποίες συνήθως περιορίζονται μόνο στην περίπτωση κάποιων γενικών περιπτώσεων. Εξετάζεται ακόμα η αρκετά σημαντική, αν και συνήθως παραβλέπεται, περίπτωση κεραιών ασύρματων τοπικών δικτύων, λόγω της αυξανόμενης χρήσης τους και των εκτεταμένων χρονικών διαστημάτων έκθεσης σε αυτές.

**[C.1] N. V. Kantartzis, T. T. Zygiridis, and T. D. Tsiboukis, "A nonstandard higher-order FDTD algorithm for 3-D arbitrarily and fractal-shaped antenna structures on general curvilinear lattices," 13<sup>th</sup> COMPUMAG Conference on the Computation of Electromagnetic Fields, Evian-les-bains, France, July 2-5, 2001, pp. 24-25.**

Μια νέα τεχνική FDTD ανώτερης τάξης για την ακριβή μελέτη κεραιών με fractal ή τυχαία χαρακτηριστικά σε καμπυλόγραμμες συντεταγμένες παρουσιάζεται σε αυτό το άρθρο. Η γενικευμένη μεθοδολογία, η οποία βασίζεται σε συμβατικά και μη σχήματα, εισάγει συμπαγή παραγωγή για την αντιμετώπιση των εκτεταμένων χωρικών ιχνών και αναπτύσσει βελτιωμένα PMLs. Επιπλέον, ενσωματώνονται συστηματικά ένας αλγόριθμος επέκτασης του πλέγματος, μαζί με νέους ολοκληρωτές. Πέρα από διάφορες 3D διατάξεις, η έρευνα εστιάζει σε fractal στοιχειοκεραίες, των οποίων η αυτό-ομοιότητα και συμμετρία τις καθιστά κατάλληλες και ευρυζωνικές διατάξεις μικρού μεγέθους. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η προτεινόμενη τεχνική περιορίζει αποφασιστικά τα κλασικά σφάλματα διασποράς σε όλα τα συστήματα συντεταγμένων και προσφέρει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα.

## **ΆΛΛΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ**

**[O.1] Θ. Ζυγκιρίδης, Χ. Πάλλας, και Θ. Τσιμπούκης, "Σύνταξη διαγραμμάτων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην περιοχή της πόλης των Σερρών," Δελτίο Πανελληνίου Συλλόγου Διπλωματούχων Μηχανολόγων-Ηλεκτρολόγων, τεύχος 368, σελ. 56-60, Ιούνιος 2004.**

Η συγκεκριμένη μελέτη αποτυπώνει την πυκνότητα της ηλεκτρομαγνητικής ισχύος στην πόλη και την ευρύτερη περιοχή των Σερρών και βασίζεται στη διενέργεια πληθώρας μετρήσεων σε προεπιλεγμένα σημεία, οι οποίες συνοδεύονται από κατάλληλη μεταεπεξεργασία των αποτελεσμάτων τους. Η αξιολόγηση των μετρήσεων βασίστηκε στη σύγκριση των μετρούμενων μεγεθών με θεσπισμένα όρια ασφαλούς εκθέσεως. Παράλληλα, παρουσιάζονται αποτελέσματα από προσομοιωτικές μελέτες με κατάλληλο λογισμικό μελέτης ραδιοκαλύψεων και διερευνάται η ανάγκη μετεγκατάστασης του πάρκου κεραιών.

**[Ο.2] Ελένη Διαμαντίδου και Θεόδωρος Ζυγκιρίδης, “Λογισμικό προσομοίωσης χαρακτηριστικών ιδιοτήτων μεταϋλικών,” 8<sup>ο</sup> Συνέδριο Φοιτητών Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, σελ. 211-214, Πάτρα, 3–5 Απριλίου 2015.**

Σε αυτήν την εργασία, αναπτύσσουμε σε περιβάλλον Matlab ένα λογισμικό (μαζί με την απαραίτητη γραφική διεπιφάνεια χρήστη) που παρουσιάζει τις χαρακτηριστικές ιδιότητες των μεταϋλικών, όταν ΗΜ κύματα διαδίδονται μέσα σε μια πλάκα μεταϋλικού. Οι προσομοιώσεις εκτελούνται με ένα 2D αλγόριθμο FDTD για υλικά με διασπορά, ώστε να γίνει εφικτή η μελέτη των αντίστοιχων φαινομένων. Το λογισμικό επιτρέπει την εισαγωγή είτε σημειακής πηγής είτε Γκαουσιανής δέσμης, με την τελευταία να επιτρέπει τον έλεγχο της γωνίας πρόσπτωσης

**[Ο.3] Ελένη Διαμαντίδου και Θεόδωρος Ζυγκιρίδης, “Λογισμικό υπολογισμού και σχεδίασης διαγραμμάτων ακτινοβολίας στοιχειοκεραίων,” 9<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Φοιτητών Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΣΦΗΜΜΥ), Χανιά, Κρήτη, 22-24 Απριλίου, 2016.**

Στην παρούσα εργασία περιγράφονται η υλοποίηση και οι δυνατότητες μιας γραφικής διεπιφάνειας (Graphical User Interface - GUI) σε περιβάλλον Matlab, η οποία υπολογίζει και απεικονίζει τα διαγράμματα ακτινοβολίας που παράγονται από μια ποικιλία διατάξεων στοιχειοκεραίων. Οι τελευταίες είναι απαραίτητες σε ένα πλήθος σύγχρονων εφαρμογών, όταν απαιτούνται συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ακτινοβολίας που δεν εξασφαλίζονται από μεμονωμένα στοιχεία. Το προτεινόμενο λογισμικό μπορεί να αξιοποιηθεί τόσο για εκπαιδευτικούς, όσο και για ερευνητικούς σκοπούς, δεδομένου ότι επιτρέπει τη ταχύτατη διερεύνηση των βασικών χαρακτηριστικών μιας σειράς κλασικών, αλλά και σύγχρονων διατάξεων.