

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ



**Μεταπτυχιακή εργασία**

ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΑΥΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΣΕ  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΕΝΔΟ-ΣΥΝΔΕΟΜΕΝΑ  
ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΣΑΦΟΥΣ ΛΟΓΙΚΗΣ

Ανδρέας Νικολάου

Λεμεσός 2015



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

## **Μεταπτυχιακή εργασία**

ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΑΥΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΣΕ  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΕΝΔΟ-ΣΥΝΔΕΟΜΕΝΑ  
ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΣΑΦΟΥΣ ΛΟΓΙΚΗΣ

Ανδρέας Νικολάου

Σύμβουλος καθηγητής ή καθηγήτρια  
Δρ. Σωτηρίου Βάσος

Λεμεσός 2015

## **Πνευματικά δικαιώματα**

Copyright © Ανδρέας Νικολάου, 2015

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον καθηγητή Δρ. Σωτηρίου Βάσο κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, και την υπομονή που έδειξε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της μεταπτυχιακής μου εργασίας, όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του και για την επίλυση διάφορων θεμάτων. Επίσης θέλω να τον ευχαριστήσω για την ανιδιοτελή προσφορά του, για τον σημαντικό χρόνο που μου αφιέρωσε και τις πολύτιμες πληροφορίες που μου μετέδωσε καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής αυτής γιατί χωρίς την βοήθεια του δεν θα ήταν δυνατή η πραγματοποίηση της εργασίας αυτής. Ακόμη ένας άνθρωπος που με βοήθησε είναι ο Δρ. Δεληπαράσχος Κυριάκος ο οποίος βοήθησε σε ότι αφορούσε την εργαλειοθήκη ANFIS της MATLAB, και επίσης σε ότι αφορά την ασαφή λογική. Θα ήθελα επίσης να απευθύνω τις ευχαριστίες μου στους γονείς μου, οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μου με διάφορους τρόπους, φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα ενδο-συνδεδεμένα δίκτυα ενεργούν ως το επικοινωνιακό μέσο διασύνδεσης ανάμεσα στους επεξεργαστικούς πυρήνες σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα όπως ένας πολυπύρηνος επεξεργαστής το οποίο εκτελεί διάφορες λογισμικές διαδικασίες και εφαρμογές παράλληλα με στόχο να προσφέρει υψηλή απόδοση. Ένα από τα κύρια προβλήματα που έχει να αντιμετωπίσει ένα ενδο-συνδεδεμένο δίκτυο είναι το φαινόμενο της δυναμικής συμφόρησης δεδομένων, το οποίο δυστυχώς δεν μπορεί να προκαθοριστεί αλλά ούτε και να προβλεφτεί εκ των προτέρων έτσι που να αντιμετωπιστεί έγκαιρα, το οποίο προκαλεί μείωση στη διεκπεραιωτικότητα και αύξηση στην καθυστέρηση στη μεταφορά μηνυμάτων στο δίκτυο.

Η σοβαρότερη μορφή συμφόρησης σε ένα ενδο-συνδεδεμένο δίκτυο εμφανίζεται σε μορφή καυτών σημείων, δηλαδή τη συγκέντρωση μεγάλης συμφόρησης μηνυμάτων δικτύου που δρομολογούνται σε ένα υποσύνολο των δρομολογητών. Υπό την επήρεια καυτού σημείου ένας δρομολογητής ή ένα υποσύνολο δρομολογητών στο δίκτυο παραλαμβάνει περισσότερα μηνύματα από ότι μπορεί να διαχειριστεί ή να εξάγει από το δίκτυο, και εφόσον δεν μπορεί να αντεπεξέλθει στις υψηλές προσδοκίες ροής δεδομένων, το φαινόμενο αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι γειτονικοί δρομολογητές να μην μπορούν να καλύψουν ούτε τις δικές τους ανάγκες και έτσι να παρουσιάζεται ένα φαινόμενο διάδοσης συμφόρησης. Το καυτό σημείο εξαπλώνεται στο δίκτυο, φέρνοντας το ενδο-συνδεδεμένο δίκτυο σε τέτοια κρίσιμη κατάσταση που δεν μπορεί να αποτραπεί. Ως εκ τούτου, στη χειρότερη περίπτωση το δίκτυο μπορεί να σταματήσει να λειτουργεί, καθιστώντας τον πολύ-πύρηνο επεξεργαστή «νεκρό».

Εάν οι περιπτώσεις παρουσίασης καυτών σημείων μπορούν να προβλεφτούν λίγο πριν πραγματικά παρουσιαστούν, αυτό θα επιφέρει πολλά οφέλη με τη διαχείριση αυτών των πληροφοριών, στο να κατανεμηθεί η ροή δεδομένων πιο ισορροπημένα στο δίκτυο μακριά από το καυτό σημείο, και έτσι να μειωθεί ο μέσος χρόνος δρομολόγησης, καθώς και στο να επεκταθεί η διεκπεραιωτικότητα του δικτύου. Έτσι, αυτή η Μεταπτυχιακή Διατριβή παρουσιάζει τη δημιουργία ενός μηχανισμού πρόβλεψης περιοχών καυτών σημείων σε τοπολογίες πλεγμάτων σε ολοκληρωμένα δίκτυα χρησιμοποιώντας ασαφή λογική που έχει την ιδιότητα να μαθαίνει και να ανιχνεύει την μελλοντική παρουσία και τα μοτίβα καυτών σημείων. Μελετήθηκε η ανίχνευση καυτών σημείων σε ολοκληρωμένα ενδο-συνδεδεμένα δίκτυα, συγκεκριμένα σε δίκτυα πλέγματος  $8 \times 8$ , χρησιμοποιώντας την εργαλειοθήκη ασαφούς λογικής ANFIS του λογισμικού MATLAB χρησιμοποιώντας οκτώ διαφορετικές

συναρτήσεις συμμετοχής, υπό διαφόρων ρυθμών έγχυσης, που κυμαίνονται από 0.8 πακέτα/κύκλο μέχρι 1.6 πακέτα/κύκλο.

Σκοπός αυτής της Μεταπτυχιακής Διατριβής είναι η όσον το δυνατόν καλύτερη ανίχνευση καυτών σημείων με όσο το δυνατόν λιγότερες απώλειες, είτε αυτές είναι ψευδώς θετικές, είτε είναι ψευδώς αρνητικές. Αποσκοπεί στο να εκπαιδεύσει έναν ελεγκτή ασαφούς λογικής χρησιμοποιώντας δεδομένα τα οποία προήλθαν από διαφορετικό προσομοιωτή για την ανίχνευση καυτών σημείων. Εφόσον εκπαιδευτεί σωστά ο ελεγκτής ασαφούς λογικής, τοποθετείται ένας για κάθε δρομολογητή στο δίκτυο όπου παρακολουθεί αποκλειστικά τον δικό του δρομολογητή, έτσι ώστε να ανιχνεύει την ύπαρξη καυτού σημείου στον δρομολογητή που βρίσκεται, χωρίς να γνωρίζει τι συμβαίνει πέρα από τον δρομολογητή για τον οποίο είναι υπεύθυνος κι επιπλέον τους τέσσερις γείτονες του. Για να μειωθεί ο χρόνος εκπαίδευσης του ελεγκτή, έγιναν σχετικές απλοποιήσεις οι οποίες έχουν ελάχιστο ή μηδαμινό αντίκτυπο στην λεπτομερή ανίχνευση των καυτών σημείων.

Σε αυτή τη Μεταπτυχιακή Διατριβή παρουσιάζονται δύο διαφορετικές προσεγγίσεις για την εκπαίδευση του ελεγκτή. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε μονάχα ένα συγκεκριμένος ρυθμός έγχυσης για την εκπαίδευση του ελεγκτή και έγινε μια μελέτη για το ποιες συναρτήσεις συμμετοχής είναι οι καλύτερες. Έπειτα, έγινε εκπαίδευση του ελεγκτή χρησιμοποιώντας τρεις διαφορετικούς ρυθμούς έγχυσης, συγκεκριμένα 0.8 πακέτα/κύκλο, 1.2 πακέτα/κύκλο και 1.6 πακέτα/κύκλο, και έγινε πάλι μια μελέτη για το ποιες συναρτήσεις συμμετοχής είναι οι καλύτερες. Παρόλο που υπήρχε η γνώμη ότι οι δύο διαφορετικές προσεγγίσεις θα επέφεραν τα ίδια αποτελέσματα, αυτό δεν βγήκε τελικά αληθινό. Η εκπαίδευση του ελεγκτή με το μείγμα διαφορετικών ρυθμών έγχυσης, μας κατατοπίζει ότι από τις οκτώ διαφορετικές συναρτήσεις συμμετοχής, μονάχα δύο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την σωστή εκπαίδευση του ελεγκτή, οι οποίες είναι οι *trimf* και *gaussmf*. Έπειτα με την χρήση του ήδη εκπαιδευμένου ελεγκτή με τους τρεις ρυθμούς έγχυσης, γίνεται έλεγχος με βάση άγνωστα δεδομένα και διαφορετικό ρυθμό έγχυσης, έτσι ώστε να ελεγχθεί πόσο κατατοπιστικά θα είναι τα αποτελέσματα. Την πρώτη περίπτωση που έγινε η εκπαίδευση του ελεγκτή με μονάχα έναν ρυθμό έγχυσης και έλεγχο με τον ίδιο μονάχα ρυθμό έγχυσης, έφερε ποσοστό επιτυχίας 100%. Αυτό όμως όπως ειπώθηκε πιο πριν, δεν καθιστά ρεαλιστικό σενάριο. Η χρήση του ελεγκτή που είναι εκπαιδευμένος με τρεις ρυθμούς έγχυσης, φέρει ποσοστά επιτυχίας 91/100 μέχρι 95/100. Τέλος, ο έλεγχος του ελεγκτή που έγινε με τον προηγούμενο ελεγκτή, εκπαιδευμένο με τους τρεις ρυθμούς έγχυσης, ελέγχθηκε με διαφορετικά και

άγνωστα δεδομένα διαφορετικού ρυθμού έγχυσης όπου το ποσοστό επιτυχίας ανίχνευσης των καυτών σημείων ανήλθε στο 84/100 μέχρι 87/100.