

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ / ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

**Τριανταφυλλάκης Κωνσταντίνος  
Μεταπτυχιακός Φοιτητής**

**Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Κρήτης  
Επόπτης Μεταπτ. Εργασίας: Επικ. Καθηγητής, Ξ. Δημητρόπουλος**

**Τρίτη, 07/11/2017, 12:00  
Αίθουσα K206, Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Κρήτης**

**“ Phasma: Σύστημα αυτόματης αναγνώρισης διαμόρφωσης σήματος με τη χρήση  
Τυχαίου Δάσους”**

#### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η ραγδαία αύξηση των ασύρματων συσκευών εγείρει την ανάγκη για την αποδοτική συνύπαρξή τους στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Το παρόν στατικό μοντέλο καταμερισμού των διαθέσιμων ζωνών συχνοτήτων έχει αποδειχθεί ανεπαρκές να ικανοποιήσει τις ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης και μεγαλύτερο ρυθμό δεδομένων. Οι ελεύθερες μπάντες συχνοτήτων είναι συνωστισμένες, ενώ αντίθετα, στην πλειοψηφία τους οι αδειοδοτούμενες ζώνες είναι ήδη διανεμημένες. Ταυτόχρονα, υφίσταται το παράδοξο της υποχρησιμοποίησης αυτών των περιοχών του φάσματος. Συνεπώς, είναι επιτακτική η ανάγκη για την υιοθέτηση ενός διαφορετικού μοντέλου κατανομής του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, σύμφωνα με την οποία θα παρέχεται η δυνατότητα σε μη αδειοδοτημένους ή αλλιώς δευτερεύοντες χρήστες, να επωφελούνται της χρήσης δεσμευμένων συχνοτήτων, υπό την προϋπόθεση να μην υπονομεύουν την λειτουργία των αδειοδοτημένων ή πρωτευόντων χρηστών.

Οι δευτερεύοντες χρήστες πρέπει να είναι σε θέση να εντοπίζουν αδρανείς ζώνες συχνοτήτων ή να αποφεύγουν την παρεμβολή με τους πρωτεύοντες χρήστες. Για το λόγο αυτό, οι ραδιοπομποί οφείλουν να διαθέτουν την ικανότητα να παρακολουθούν το ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον και να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους κατάλληλα. Τα γνωστικά ραδιοσυστήματα (Cognitive Radios) σε συνδυασμό με τους πομποδέκτες διαμορφούμενους από λογισμικό (Software Defined Radios), είναι μια ανερχόμενη και πολλά υποσχόμενη λύση στην προαναφερθείσα ανάγκη, μέσω της ικανότητάς τους να επαναπροσαρμόζουν δυναμικά τις παραμέτρους λειτουργίας τους.

Επιπρόσθετα, οι μη αδειοδοτημένοι χρήστες, σε μια προσπάθεια να εντοπίζουν αποδοτικά τις ευκαιρίες μετάδοσης και να διευκολύνουν τον ανταγωνισμό, επιζητούν την ικανότητα να αναγνωρίζουν την ταυτότητα των μεταδιδόμενων σημάτων σε μια παρατηρούμενη ζώνη συχνοτήτων. Παραδείγματος χάριν, η γνώση σχετικά με τη διαμόρφωση ενός ψηφιακού ή αναλογικού σήματος, είναι πιθανό ν' αποκαλύψει, αν ανήκει σε αδειοδοτημένο ή όχι χρήστη. Το γεγονός αυτό αποτελεί βασικό σκοπό της αυτόματης κατηγοριοποίησης διαμόρφωσης (Automatic Modulation Classification), όπου διάφορα χαρακτηριστικά εξετάζονται προκειμένου, να ταυτοποιηθεί η διαμόρφωση στην οποία έχει υποβληθεί ένα ληφθέν σήμα, χωρίς καμία πρότερη γνώση.

Η μηχανική μάθηση (Machine Learning) είναι ένα χρήσιμο εργαλείο, που μπορεί να ενισχύσει τα ραδιοσυστήματα με ευφυΐα και την αναγνώριση διαμόρφωσης σήματος, εφαρμόζοντας μηχανισμούς τεχνητής νοημοσύνης. Στην πιο ευρέως διαδεδομένη της μορφή, την επιτηρούμενη εκμάθηση, ένα προβλεπτικό μοντέλο εκπαιδεύεται μέσω της παρακολούθησης γνωστών σημάτων, ώστε να επιτυγχάνει κατηγοριοποίηση από ένα προκαθορισμένο σύνολο διαμορφώσεων. Στην παρούσα εργασία, φιλοδοξούμε να διευκολύνουμε την υιοθέτηση της Μηχανικής Μάθησης σε εφαρμογές ευφυών ραδιοσυστημάτων και κατ' επέκταση στην Αυτόματη Κατηγοριοποίηση Διαμόρφωσης.

Στο μέτρο που μπορούμε να γνωρίζουμε, υπάρχει μια σαφής έλλειψη συστημάτων, που παρακολουθούν αυτόματα περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, εξάγουν υπάρχουσες μεταδόσεις και επιχειρούν ταυτοποίηση διαμόρφωσης, σε πραγματικές συνθήκες. Σύμφωνα με την προσέγγισή μας, εφαρμόζονται τεχνικές ανάλυσης σήματος με σκοπό τον αποδοτικό εντοπισμό και διαχωρισμό των μεταδόσεων, που υφίστανται σε μια ζώνη συχνοτήτων, σε πραγματικό χρόνο. Στη συνέχεια επιστρατεύεται ο αλγόριθμος μηχανικής μάθησης Τυχαίου Δάσους (Random Forest), για την εκπαίδευση του προβλεπτικού μοντέλου. Η υλοποίηση του συστήματός μας έχει βασιστεί στη χρήση της δημοφιλούς SDR πλατφόρμας GNURadio, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται εύκολη παραμετροποίηση και δυνατότητα περαιτέρω ανάπτυξης, μέσω της υποστήριξης πρόσθετων αλγορίθμων μηχανικής μάθησης. Τέλος, στην παρούσα εργασία,

αναφερόμαστε εκτενώς στις υποθέσεις που λάβαμε υπόψιν κατά τον σχεδιασμό και ανάπτυξη του συστήματός μας και αποτιμούμε την απόδοσή του, με όρους ακρίβειας κατηγοριοποίησης και χρόνου απόκρισης.

**Triantafilakis Konstantinos**

**M.Sc. Thesis**

**Computer Science Department**

**University of Crete**

**Master's Thesis Supervisor: Assistant Professor, F. Dimitropoulos**

**Tuesday, 07/11/2017, 12:00**

**Room K206, Computer Science Dept., University of Crete**

**“Phasma: An Automatic Modulation Classification System Based on Random Forest”**

### **ABSTRACT**

The abundance of wireless devices raises the issue of their coexistence in spectrum. The current static allocation scheme of the available frequency bands, is proven inadequate to satisfy the ever increasing demands for bandwidth and higher data rates. The ISM bands are overcrowded, while on the contrary, the majority of licensed spectrum regions are already allocated and at the same time underutilized. Hence, the need of adoption a Dynamic Spectrum Allocation (DSA) scheme is emerging. This new spectrum sharing policy allows unlicensed users to exploit licensed frequency bands, with the assumption that their operation does not harm the licensed transmissions.

The unlicensed users should be able to identify idle frequency bands or avoid interference with licensed users. Therefore, users endowed with cognitive capabilities should be able to monitor the spectrum and adapt their behavior appropriately. Cognitive Radios (CRs), implemented on Software Defined Radios (SDRs), arise as a promising solution to the

aforementioned requirement, through their ability to dynamically reconfigure the operation parameters.

Furthermore, in the effort of efficiently detecting the transmission opportunities and facilitate the competition, the unlicensed users pursue to recognize the identity of transmitted signals. For instance, the knowledge about the modulation used by a received signal, could potentially reveal whether it belongs to a licensed user or not. This is the primary concern of Automatic Modulation Classification (AMC) methods, where various characteristics are examined in order to identify the modulation of a received signal, without any a-priori knowledge.

Machine Learning is a useful tool, that could potentially enhance Cognitive Radios and modulation recognition by applying artificial intelligence. In the most widely investigated form, supervised classification learning, known signals are trained to export a predictive model that is able to recognize transmissions out of a predefined modulation scheme dictionary. In this work, we aspire to facilitate the adoption of Machine Learning algorithms in cognitive systems and as an extension to achieve modulation identification.

To our knowledge, there is a lack of real-world systems that automatically monitor a spectrum region in order to detect, extract and classify existing transmissions. In our approach, we apply efficient signal analysis techniques to detect and separate signals out of the observed frequency band on the fly and we make use of the Random Forest algorithm to train our predictive model. Additionally, our implementation is designed based on the GNU Radio platform, so as to be easily configurable and extendable to support alternative Machine Learning algorithms. Finally, we elaborate on the assumptions made during the development of our system and we evaluate the achieved performance, in terms of classification accuracy and decision delay.