



Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων
Τομέας Διαχείρισης και Ανάπτυξης Φυσικών Πόρων
Εργαστήριο Δασικής Πληροφορικής

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Κωνσταντίνου Στ. Δεμερτζή

*Ανάπτυξη Ευφρών Προτύπων και αντίστοιχων Πληροφοριακών
Συστημάτων, εμπνευσμένων από Βιολογικά αντίστοιχα, με
στόχο την αξιολόγηση Περιβαλλοντικών Προβλημάτων και
Κινδύνων*

Επιβλέπων

Καθηγητής Λάζαρος Ηλιάδης

Συμβουλευτική Τριμελής Επιτροπή

Καθηγητής

Λάζαρος Ηλιάδης

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Καθηγητής

Στέφανος Σπάρταλης

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Καθηγητής

Κωνσταντίνος Γιαλούρης

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Ορεστιάδα, Ιανουάριος 2017



Department of Forestry and Management of the
Environment and Natural Resources
Forest Informatics Laboratory

DOCTORAL DISSERTATION

Konstantinos St. Demertzis

*Development of Intelligent Models and respective Information
Systems, inspired by Biological prototypes, aiming in the
assessment of Environmental Problems and Risks*

PhD Supervisor

Professor Lazaros Iliadis

Thesis Advisory Committee

Professor

Lazaros Iliadis

Democritus University of Thrace

Professor

Stefanos Spartalis

Democritus University of Thrace

Professor

Constantine P. Yialouris

Agricultural University of Athens

Orestiada, January 2017

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή

Καθηγητής Λάζαρος Ηλιάδης
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων
Εργαστήριο Δασικής Πληροφορικής

Καθηγητής Στέφανος Σπάρταλης
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Εργαστήριο Υπολογιστικών Μαθηματικών

Καθηγητής Κωνσταντίνος Γιαλούρης
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Τμήμα Αγροτικής Οικονομίας & Ανάπτυξης
Εργαστήριο Πληροφορικής

Καθηγητής Βασίλειος Παπαδόπουλος
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μαθηματικών, Προγραμματισμού και Γενικών Μαθημάτων

Καθηγητής Θεόδωρος Τσιλιγκιρίδης
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Τμήμα Αγροτικής Οικονομίας & Ανάπτυξης
Εργαστήριο Πληροφορικής

Αναπληρωτής Καθηγητής Ηλίας Μήλιος
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων
Εργαστήριο Δασοκομίας

Αναπληρωτής Καθηγητής Γεώργιος Αναστασόπουλος
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Τμήμα Ιατρικής
Εργαστήριο Πληροφορικής

Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων - ΔΠΘ

Ορεστιάδα, Ιανουάριος 2017

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Κωνσταντίνος Στ. Δεμερτζής, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της Διδακτορικής διατριβής από το Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος (Ν. 5343/1932, άρθρο 202, παρ. 2).

*Στα λατρεμένα μου παιδιά Βίκυ και Σταύρο
και την πολυαγαπημένη μου σύζυγο Έφη*

Ευχαριστίες

Κλείνοντας έναν από τους σπουδαιότερους κύκλους της ζωής μου, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω ένα σύνολο μοναδικών ανθρώπων, που έμπρακτα συνέβαλαν στην προσπάθειά μου να ολοκληρώσω τη Διδακτορική μου διατριβή.

Κατ' αρχάς θα ήθελα να εκφράσω τον απέραντο θαυμασμό και τις ειλικρινές μου ευχαριστίες, στον τ. Πρόεδρο του Τμήματος Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων του ΔΠΘ και Διευθυντή του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών, επιβλέποντα της παρούσας Διδακτορικής διατριβής, Καθηγητή Δρ Λάζαρο Ηλιάδη. Ο Καθηγητής Δρ Λάζαρος Ηλιάδης, ξεπερνώντας οποιαδήποτε τυπικότητα επιβάλει η θέση του, μου έδειξε απεριόριστη εμπιστοσύνη, αγάπη και κατανόηση, σε συγκινητικό βαθμό, γεγονός που με πείσμωνσε πραγματικά στο να υπερβάλω εαυτόν. Πέρα από την αστείρευτη και άοκνη διάθεση του να μου μεταδώσει μέρος των πολύπλευρων γνώσεων του, πέρα από την διαρκή και επίμονη προσπάθεια στήριξης μου σε ηθικό επίπεδο, μου εξασφάλισε και τα υλικά και οικονομικά εχέγγυα για να μπορέσω να υλοποιήσω τον Διδακτορικό κύκλο σπουδών μου. Η πολύπλευρη καθοδήγηση και συμπαράσταση του, η αντικειμενική και αμερόληπτη του κρίση, η ξεκάθαρη και παράλληλα αυστηρή άποψη του για την ποιότητα της ακαδημαϊκής έρευνας, αποτέλεσαν καταλυτικό παράγοντα στην επιτυχή κατάληξη της προσπάθειάς μου. Το ήθος, η ανιδιοτέλεια, η ανθρωπιά και τα υψηλότερα ιδανικά του, σε συνδυασμό με το επιστημονικό του κύρος, την διορατικότητα και την επινοητικότητα του, συνθέτουν μια ολοκληρωμένη προσωπικότητα και έναν μοναδικό χαρακτήρα, ο οποίος αποτελεί πρότυπο για μένα. Αισθάνομαι τυχερός που τον συνάντησα, υπερήφανος που τον γνώρισα και ευγνώμων για όσα μου πρόσφερε.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσημα τους Καθηγητές Δρ Σπάρταλη Στέφανο και Δρ Γιαλούρη Κωνσταντίνο που ως μέλη της συμβουλευτικής τριμελούς επιτροπής, με καθοδήγησαν, μου συμπαραστάθηκαν, με διόρθωσαν και κατάφεραν με τις ικανότητες και τις εμπειρίες τους, να με οδηγήσουν στο επιτυχές αποτέλεσμα.

Οι συνάδελφοι Αντώνης Παπαλεωνίδας (Διδάκτωρ του Τμήματος ΔΔΠΦΠ του ΔΠΘ) και Βαρδής – Δημήτριος Ανεζάκης (υποψήφιος Διδάκτωρ του Τμήματος ΔΔΠΦΠ του ΔΠΘ), συμφοιτητές και συνοδοιπόροι, κατέχουν και θα κατέχουν ξεχωριστή θέση στην καρδιά μου, καθώς αποτελούν πλέον κομμάτι της ιστορίας μου. Τους ευχαριστώ όλους και κάθε έναν ξεχωριστά.

Ένας σημαντικός και φωτισμένος άνθρωπος ο οποίος με βοήθησε πάρα πολύ, είναι ο Ηλίας Μπουγούδης (απόφοιτος του Μεταπτυχιακού κύκλου σπουδών του Τμήματος ΔΔΠΦΠ του ΔΠΘ και υποψήφιος διδάκτωρ του Πανεπιστημίου της Βρέμης), με τον οποίο είχα την τύχη και την χαρά να συνεργαστώ, κάτω από πραγματικά πάρα πολύ δύσκολες και αντίξοες συνθήκες. Είναι εξαιρετικός άνθρωπος, πράος, με εξαιρετικό και πολυμήχανο μυαλό, με χιούμορ και όλες τις υπόλοιπες αρετές ενός αξιαγάπητου ανθρώπου. Του εύχομαι καλή επιτυχία στις σπουδές του στη

Γερμανία και είμαι σίγουρος ότι του ανοίγεται ένα λαμπρός δρόμος ακαδημαϊκής καριέρας στο άμεσο μέλλον.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τον διεθνούς φήμης Γενετιστή, Καθηγητή και Κοσμήτορα του University of British Columbia Yousry El-Kassaby, ο οποίος αποτελεί έναν από τους βασικούς παράγοντες που καθόρισαν την τελική επιλογή της μεθοδολογίας του θέματος της Διδακτορικής μου διατριβής. Πρόκειται για έναν λαμπρό επιστήμονα και εξαιρετικό άνθρωπο, με τον οποίο συνεργαστήκαμε στενά στην έρευνα ενός εξαιρετικά πολύπλοκου και ιδιαίτερος πρωτοπόρου ερευνητικού έργου και ο οποίος μου κάνει την τιμή, πέρα από συνεργάτη, να με θεωρεί και φίλο του.

Επίσης ιδιαίτερες ευχαριστίες θα πρέπει να αποδώσω στο σύνολο του διδακτικού προσωπικού του Τμήματος ΔΔΠΦΠ του ΔΠΘ οι οποίοι με περιβάλανε με ιδιαίτερη αγάπη και εμπιστοσύνη. Τέλος ευχαριστώ τους προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές με τους οποίους συνεργαστήκαμε στην διάρκεια των εργαστηρίων και το προσωπικό της γραμματείας (Αγγελος – Ευγενία – Ιωάννα – Χρήστος κατά αλφαβητική σειρά) που πέραν της προθυμίας και διάθεσης τους για οποιαδήποτε βοήθεια, είχαν πάντα έναν καλό λόγο να μου πουν.

Η κόρη μου Βίκυ και ο γιος μου Σταύρος, θεωρώ ότι με στερήθηκαν τα τελευταία σχεδόν 4 χρόνια. Η αγάπη τους, η στοργή τους και τα χαμόγελα τους, μου δώσανε απίστευτο κουράγιο και δύναμη κάθε φορά που κάτι δεν πήγαινε και τόσο καλά. Ελπίζω να μου συγχωρέσανε τις γκρίνιες και τις παρατηρήσεις μου για ησυχία, αλλά και τις αρνήσεις μου σε βόλτες και διασκέδαση. Η λέξη λατρεία είναι μικρή να περιγράψει το τι νιώθω γι' αυτά.

Τέλος, τίποτα δεν θα είχα καταφέρει εάν δεν είχα αμέριστη και διαρκή συμπαράσταση από την σύζυγο και γυναίκα της ζωής μου, Έφη. Από την πρώτη στιγμή, ήταν στο πλευρό μου, να με στηρίζει, να με ενθαρρύνει και να με εμπυχώνει. Ανέχτηκε υπομονετικά τις γκρίνιες και τα προβλήματα μου, την απόσταση, τις ταλαιπωρίες, τις οικονομικές δυσχέρειες. Στάθηκε δίπλα μου με χαμόγελο, αναλαμβάνοντας όλες τις υποχρεώσεις της οικογένειας, προκειμένου να έχω τον χρόνο να ασχοληθώ με τις σπουδές μου. Της αφιερώνω λοιπόν την Διδακτορική μου διατριβή με όλη μου την αγάπη και την αφοσίωση.

Περίληψη

Οι διαταραχές στη γήινη βιόσφαιρα και στο φυσικό περιβάλλον οι οποίες προέρχονται από την αλόγιστη ανθρώπινη δραστηριότητα, έχουν δημιουργήσει σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα, τα οποία ισοδυναμούν με μία εκτεταμένη και παρατεταμένη οικολογική κρίση.

Η κλιματική αλλαγή αποτυπώνεται ευδιάκριτα, στην αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας του αέρα και των ωκεανών, στην εκτεταμένη τήξη του χιονιού και του πάγου και στην άνοδο του παγκόσμιου μέσου επιπέδου της θάλασσας. Η αλλαγή αυτή αποτελεί την πρόσθετη πίεση στα οικοσυστήματα, οδηγώντας σε εξαιρετικά επικίνδυνες καταστάσεις, με αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία αλλά και την γεωργία, τη δασοκομία, την παραγωγή ενέργειας, τον τουρισμό και τις υποδομές γενικότερα.

Μια από τις σοβαρότερες δυνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής εντοπίζεται στην σύνθετη αλληλεπίδραση των ειδών σε σχέση με τους κλιματικούς παράγοντες επιβίωσης τους και ιδιαίτερα στην εξάπλωση *χωροκατακτητικών* ειδών. Τα είδη αυτά συνιστούν μια σοβαρότατη και ταχέως επιδεινούμενη απειλή για τη φυσική βιοποικιλότητα του γηγενούς περιβάλλοντος, αλλά και γενικότερα της γλωρίδας, της πανίδας, ακόμα και του ανθρώπινου πληθυσμού ενός τόπου.

Κρίσιμο στάδιο για την υιοθέτηση και εφαρμογή συγκεκριμένης πολιτικής για την αντιμετώπιση, την εξάλειψη, τον έλεγχο ή και τη συγκράτηση των ειδών αυτών, αποτελεί η διαδικασία αναγνώρισης τους. Με δεδομένο το ότι τα είδη αυτά είναι συνήθως άγνωστα στο νέο περιβάλλον εγκατάστασης τους, είναι εξαιρετικά δύσκολη, πολύπλοκη και επικίνδυνη η διαδικασία αναγνώρισης και ασφαλούς ταυτοποίησης τους. Θα πρέπει να τονισθεί ότι ούτε οι μεγάλες διαφορές στη μορφολογία, αλλά ούτε και οι σημαντικές ομοιότητες, αντανακλούν τη συγγένεια ή όχι των βιολογικών οργανισμών. Ακόμη σοβαρότατη, κρίνεται η ανάγκη εμπειριστατωμένης και απόλυτα έγκυρης ταυτοποίησης των εν λόγω ειδών, στις περιπτώσεις σχεδιασμού προγραμμάτων αντιμετώπισης τους, καθώς η διαδικασία αναγνώρισης εξαρτάται από ένα πλήθος απαιτούμενων πληροφοριών και την διαρκή παρακολούθηση της υφιστάμενης κατάστασης.

Αναγνωρίζοντας λοιπόν την κλιματική αλλαγή ως την γενεσιουργό αιτία σημαντικότερων περιβαλλοντικών προβλημάτων, τέθηκε ως στόχος της παρούσας Διδακτορικής διατριβής, η αναζήτηση ευφώνων μεθόδων ανάλυσης φαινομένων που ενισχύουν τις μεταβολές του κλίματος (όπως η ρύπανση της ατμόσφαιρας) και κυρίως μεθόδων που μπορούν να προβλέψουν ή να μοντελοποιήσουν τις δυνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής όπως: Η αύξηση της συχνότητας εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων, οι εκτεταμένες δασικές πυρκαγιές και η διασπορά *χωροκατακτητικών* ειδών.

Συγκεκριμένα στα πλαίσια της διατριβής προτείνεται η ανάπτυξη ενός Υβριδικού Πρότυπου και Πληροφοριακού Συστήματος Υπολογιστικής Νοημοσύνης, το οποίο βασίζεται αποκλειστικά σε

καινοτόμες μεθόδους Βιολογικά Εμπνευσμένης Υπολογιστικής Νοημοσύνης. Το σύστημα αυτό, μελετά την ποιότητα της ατμόσφαιρας και μπορεί να προβλέψει την έκταση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η οποία αποτελεί καταλύτη και δραστικότερο παράγοντα στην μεγιστοποίηση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής. Επίσης, μπορεί να πραγματοποιήσει έγκαιρη και έγκυρη πρόβλεψη για την εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων, τα οποία συνδέονται με την ανθρωπογενή αλλαγή του κλίματος και ιδιαιτέρως, με την συνεχή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου και την αντίστοιχη μείωση της κατανομής των βροχοπτώσεων, ως άμεση συνέπεια της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Επιπρόσθετα, το σύστημα αυτό μπορεί να πραγματοποιήσει ανάλυση των παραγόντων που ουσιαστικά επιδρούν στην εκδήλωση δασικών πυρκαγιών, των οποίων η αύξηση της συχνότητας και της έντασης ευνοείται από τις συνθήκες ξηρασίας, τις παρατεταμένες περιόδους υψηλών θερμοκρασιών και τα ακραία καιρικά φαινόμενα, δηλαδή από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Επίσης το σύστημα αυτό μπορεί να πραγματοποιήσει μελέτη των χωροχρονικών συνθηκών ευόδωσης της εμφάνισης επιβλαβών χωροκατακτητικών ειδών, σε σχέση με τους κλιματικούς παράγοντες επιβίωσης τους και με τις γενικότερες επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος στη δομή των ενδιαιτημάτων και στην οικολογική λειτουργία τους. Κατά συνέπεια μπορεί να αναλύσει τις αλλαγές που παρατηρούνται στους πληθυσμούς των ειδών, τις αλλαγές του τρόπου εξάπλωσης τους και να εντοπίσει μια σειρά από φαινολογικές και οικολογικές αλλαγές που εντοπίζονται στο ευρύτερο φυσικό περιβάλλον διαβίωσης και αναπαραγωγής τους. Τέλος, μια ακόμα πολύ σημαντική όσο και καινοτόμος διαδικασία αυτοματοποιημένης αναγνώρισης χωροκατακτητικών ειδών με διαδικασίες φαινοτυπικής αναγνώριση ή αναγνώρισης μετά από ανάλυση του DNA του εξεταζόμενου είδους, επιτυγχάνεται από το προτεινόμενο σύστημα. Συγκεκριμένα, η φαινοτυπική αναγνώριση επιτυγχάνεται μέσω Μηχανικής Όρασης και μέσω Μηχανικής Ακοής, ενώ όσον αφορά στην αναγνώριση μέσω ανάλυσης DNA, αυτό υλοποιείται με την αναγνώριση του γενετικού υλικού ραβδοκώδικα (*DNA barcoding*) κάθε είδους και μέσω ενός καινοτόμου συστήματος ταυτοποίησης βάσει ανάλυσης περιβαλλοντικού DNA (*Metagenomics*).

Για την απόδειξη της εγκυρότητας και αξιοπιστίας των χρησιμοποιούμενων μεθόδων, πραγματοποιήθηκαν εξειδικευμένες μελέτες περιπτώσεων, σε ιδιαίτερα επίπονα σενάρια πρόβλεψης και λήψης απόφασης, αποδίδοντας εξαιρετικά υψηλής ακρίβειας αποτελέσματα. Το γεγονός αυτό ενισχύει την άποψη για υιοθέτηση και ευρεία χρήση ψηφιακών πληροφοριακών συστημάτων Βιολογικά Εμπνευσμένης Υπολογιστικής Νοημοσύνης, στην αντιμετώπιση των σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Λέξεις Κλειδιά

Υπολογιστική Νοημοσύνη, Ευφυή Υπολογιστικά Συστήματα, Μηχανική Μάθηση Βιολογικής Έμπνευσης, Ασαφής Λογική, Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες, Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, Νευρωνικά Δίκτυα Αιχμής, Δίκτυα Ακραίας Μάθησης, Δίκτυα Βαθιάς Μάθησης, Βιολογικά Εμπνευσμένες Μέθοδοι Βελτιστοποίησης, Μηχανική Όραση, Μηχανική Ακοή, Ανάλυση DNA, Περιβαλλοντικό DNA, DNA Ραβδοκώδικας, Μεταγονιδιωματική, Κλιματική Αλλαγή, Ακραία Καιρικά Φαινόμενα, Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Δασικές Πυρκαγιές, Χωροκατακτητικά Είδη.

Abstract

The disturbances in the Earth's biosphere and the natural environment originating from irrational human activities have created serious environmental problems which are equivalent to an extensive and prolonged ecological crisis. The disturbances in the Earth's biosphere and the natural environment originating from irrational human activities have created serious environmental problems, which is equivalent to an extensive and prolonged ecological crisis.

Climate change is revealed clearly, by the increase in global average air and ocean temperatures, through the widespread melting of snow and ice and by the rising of the global average sea level. It is an additional pressure on ecosystems, resulting in very dangerous situations with negative effects on human health and it damages agriculture, forestry, energy, tourism and infrastructure in general.

One of the most serious potential impacts of climate change lies in the complex interaction of species in relation to climatic survival factors, and particularly in the spread of invasive species, which constitute a serious and rapidly worsening threat to natural biodiversity of the native environment and generally a threat to flora, fauna, and even to the human population.

The critical stage for the adoption and implementation of a specific policy to address the elimination, control or containment of the species, is the process of their recognition, given that these species are usually unknown to the new installation environment. The process of recognition and safe identification is an extremely difficult, complicated and dangerous process as neither the large differences in morphology, nor the significant similarities, reflect the affinity or not between biological organisms.

The necessity of a comprehensive and absolutely valid identification of these species is more than evident in the cases of treatment programs design the identification process depends on a multitude of information required and the constant monitoring of the status quo.

So, after recognizing climate change as the root cause of the very major environmental problems, the objective of this PhD thesis is the employment of intelligent analysis of phenomena that enhance climate change (such as air pollution). It is especially crucial to apply and combine methods (in a hybrid mode) that can predict or model the potential effects of climate change such as increasing the frequency of extreme weather phenomena, extensive forest fires and the spread of invasive species.

Specifically, this thesis proposes the development of a Hybrid Combined Computational Intelligence Information System, which is based exclusively on innovative methods of Biologically Inspired Computational Intelligence. This information system considers the quality of the atmosphere and can predict the extent of air pollution, which is a catalyst and a major factor in maximizing the effects of climate change.

It also can make timely and accurate prediction for the occurrence of extreme weather events, which are associated with anthropogenic climate change and in particular with the continuous increase in average temperatures and with the rainfall reduction due to global warming.

Additionally, the system can perform an analysis of the factors that significantly affect the forest fires, including the increasing frequency and intensity favored by drought, prolonged periods of high temperatures and extreme weather events, namely the impacts of climate change.

Also, this system can conduct a study of the spatiotemporal conditions of occurrence of harmful invasive species, in relation to climatic factors of survival and to the overall impact of climate change on habitat structure and ecological function.

It can therefore analyze the changes observed in the populations of the species, changes in the way of their spread and to identify a series of phenological and ecological changes identified in the wider natural living and breeding environment.

Finally, another very important and innovative process of automated identification of invasive species, either with phenotypic processes or with analysis of the species DNA, is effectively achieved by the proposed scheme.

Specifically, the phenotypic identification is achieved through computer vision and through Machine Hearing. The recognition by DNA analysis is accomplished by the identification of the genetic barcode material (DNA barcoding) of every species and through an innovative identification system which is based on environmental DNA analysis (Metagenomics).

To demonstrate the validity and reliability of the methods used, specific case studies were performed, in particularly difficult scenarios of decision making and forecasting. The whole process yielded extremely high accuracy results, which reinforces the view for adoption and widespread use of Biologically Inspired intelligent digital information systems.

Keywords

Computational Intelligence, Intelligent Computer Systems, Bio-inspired Machine Learning, Fuzzy Logic, Fuzzy Cognitive Maps, Artificial Neural Networks, Spiking Neural Networks, Extreme Learning Machines, Deep Neural Networks, Bio-inspired Optimization Methods, Machine Vision, Machine Hearing, DNA Analysis, Environmental DNA, DNA Barcoding, Metagenomics, Climate Change, Extreme Weather Events, Air Pollution, Forest Fires, Invasive Species.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	XI
Λέξεις Κλειδιά.....	XIII
Abstract.....	XIV
Keywords.....	XVI
Κατάλογος Πινάκων.....	XIX
Κατάλογος Σχημάτων.....	XXII
Κατάλογος Εικόνων.....	XXIV
Κατάλογος Διαγραμμάτων.....	XXV
Κατάλογος Συναρτήσεων.....	XXVI
Κατάλογος Συντομογραφιών.....	XXIX
Πρόλογος.....	XXXIII
Σκοπός και Στόχοι.....	XXXV
Εισαγωγή.....	XXXVII
Διάρθρωση Διατριβής.....	XXXIX
Κατάλογος Δημοσιεύσεων.....	XLI
1 Υβριδικό Πρότυπο και Πληροφοριακό Σύστημα Υπολογιστικής Νοημοσύνης.....	47
1.1 Κλιματική Αλλαγή και Περιβάλλον.....	48
1.2 Το προτεινόμενο ΥΠΠΣΥΝ.....	49
1.2.1 Σκοπός.....	50
1.2.2 Παρουσίαση.....	50
1.2.3 Τρόπος Λειτουργίας.....	55
1.2.4 Απαιτήσεις Συστήματος.....	61
1.2.5 Αρχιτεκτονική.....	68
1.2.6 Υλικός Εξοπλισμός.....	71
1.3 Εφαρμογές που αναπτύχθηκαν με βάση το ΥΠΠΣΥΝ.....	73
1.3.1 Εφαρμογή Πρόβλεψης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΙΡΡΑΡ).....	73
1.3.2 Εφαρμογή Πρόβλεψης Ακραίων Καιρικών Φαινομένων (ΕΠΑΚΦ).....	76
1.3.3 Εφαρμογή Προσδιορισμού Επικινδυνότητας Δασικών Πυρκαγιών (ΕΠΕΔΠ).....	78
1.3.4 Εφαρμογή Πρόβλεψης Διασποράς – Εγκατάστασης Χωροκατακτητικών Ειδών (ΕΠΔΕΧΕ).....	79
1.3.5 Εφαρμογή Αναγνώρισης Χωροκατακτητικών Ειδών (ΕΑΧΕ).....	81
1.4 Καινοτομίες Διδακτορικής Διατριβής.....	86
1.4.1 Αναγνώριση μέσω ανάλυσης περιβαλλοντικού DNA (Metagenomics).....	87
1.4.2 Αναγνώριση μέσω ανάλυσης γενετικού ραβδοκώδικα (DNA barcodes).....	87
1.4.3 Πρόταση συστήματος πραγματικού χρόνου (χαμηλού κόστους) για την εκτίμηση-πρόβλεψη αέριων ρύπων.....	88
1.4.4 Πρόταση Ασαφούς Χ ² τεστ.....	89
1.4.5 Πρόταση υλοποίησης Extreme Learning Machines με την παράλληλη χρήση του αλγόριθμου Adaptive Elitist Differential Evolution (ELM-aeDE).....	89
1.4.6 Πρόταση νέου Μοντέλου ημι-εποπτευόμενης μάθησης.....	90
1.4.7 Υιοθέτηση Ασαφών Γνωστικών Χαρτών Συμπερασμού (Fuzzy Inference Cognitive Maps).....	90
1.4.8 Καινοτόμα Υβριδικά συστήματα.....	90
1.4.9 Καινοτόμος προσέγγιση συλλογής του συνόλου δεδομένων.....	91
1.4.10 Χωροχρονικός προσδιορισμός μελέτης.....	91
2 Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας.....	94
2.1 Υπολογιστική Νοημοσύνη.....	95
2.1.1 Πρόταση καινοτόμου υβριδικής Προσέγγισης ΜΑΜ.....	96
2.1.2 Ασαφή Συστήματα.....	97
2.2 Κλιματική Αλλαγή και Περιβάλλον.....	98
2.2.1 Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	98
2.2.2 Ακραία καιρικά φαινόμενα.....	100
2.2.3 Δασικές πυρκαγιές.....	100
2.2.4 Χωροκατακτητικά Είδη.....	101
2.3 Εντοπισμός Ερευνητικού Κενού.....	105
2.4 Συμπεράσματα Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης.....	108

3	Περιβαλλοντικά Προβλήματα.....	111
3.1	<i>Κλιματική Αλλαγή</i>	<i>112</i>
3.1.1	Κλιματική Αλλαγή στην Ελλάδα.....	113
3.1.2	Προσομοιώσεις του Ελλαδικού χώρου μέσα από σενάρια Κλιματικής αλλαγής	120
3.2	<i>Παράγοντες που Ενισχύουν την Κλιματική Αλλαγή</i>	<i>124</i>
3.2.1	Ατμοσφαιρική Ρύπανση	125
3.3	<i>Συνέπειες της Κλιματικής Αλλαγής</i>	<i>126</i>
3.3.1	Επικίνδυνα Καιρικά Φαινόμενα	130
3.3.2	Δασικές Πυρκαγιές.....	130
3.3.3	Χωροκατακτητικά Είδη.....	131
4	Υλικά και Μέθοδοι	137
4.1	<i>Θεωρητικό Υπόβαθρο.....</i>	<i>138</i>
4.1.1	Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)	139
4.1.2	Ασαφής Λογική (Fuzzy Logic).....	167
4.1.3	Μηχανική Μάθηση Εμπνευσμένη από Βιολογικά Πρότυπα	173
4.2	<i>Αλγόριθμοι – πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν στη Διδακτορική Διατριβή.....</i>	<i>191</i>
4.2.1	Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα Αγκμών (Spiking Neural Networks)	192
4.2.2	Μηχανές Ακραίας Μάθησης (Extreme Learning Machines)	212
4.2.3	Βαθιά Μάθηση (Deep Learning).....	224
4.2.4	Γνωστικοί Χάρτες (Cognitive Maps)	234
5	Εφαρμογή του ΥΠΠΣΥΝ στην έρευνα των συνεπειών της Κλιματικής Αλλαγής.....	240
5.1	<i>Δεδομένα Έρευνας</i>	<i>241</i>
5.1.1	Δεδομένα Πρόβλεψης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.....	241
5.1.2	Δεδομένα Πρόβλεψης Ακραίων Καιρικών Φαινομένων	245
5.1.3	Δεδομένα Προσδιορισμού Επικινδυνότητας Δασικών Πυρκαγιών	245
5.1.4	Δεδομένα Πρόβλεψης Διασποράς – Εγκατάστασης Χωροκατακτητικών Ειδών	246
5.1.5	Δεδομένα Αναγνώρισης Χωροκατακτητικών Ειδών	247
5.2	<i>Μοντελοποίηση φαινομένων σχετικών με την Κλιματική Αλλαγή.....</i>	<i>253</i>
5.2.1	Μοντελοποίηση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης μέσω της εφαρμογής ΕΠΡΑΡ	254
5.2.2	Μοντελοποίηση Ακραίων Καιρικών Φαινομένων με την εφαρμογή ΕΠΑΚΦ	300
5.2.3	Μοντελοποίηση Δασικών Πυρκαγιών μέσω της εφαρμογής ΕΠΕΔΠ	307
5.2.4	Μοντελοποίηση Διασποράς – Εγκατάστασης ΧΕ με την εφαρμογή ΕΠΔΕΧΕ.....	317
5.2.5	Μοντελοποίηση Αναγνώρισης ΧΕ με την εφαρμογή ΕΑΧΕ	344
6	Σύγκριση και Αξιολόγηση Πληροφοριακού Συστήματος.....	373
6.1	<i>Σύγκριση</i>	<i>374</i>
6.2	<i>Αξιολόγηση.....</i>	<i>375</i>
6.3	<i>Πλεονεκτήματα</i>	<i>376</i>
6.4	<i>Περιορισμοί.....</i>	<i>378</i>
7	Συζήτηση - Συμπεράσματα.....	382
7.1	<i>Συζήτηση</i>	<i>383</i>
7.2	<i>Συμπεράσματα</i>	<i>392</i>
8	Επίλογος – Μελλοντικές Κατευθύνσεις	396
8.1	<i>Επίλογος.....</i>	<i>397</i>
8.2	<i>Μελλοντικές Κατευθύνσεις.....</i>	<i>400</i>
	Ξένη Βιβλιογραφία.....	403
	Ελληνική Βιβλιογραφία	412
	Πηγές Διαδικτύου	413
	Παράρτημα Β. Η Βιβλιοθήκη Invasive Species Compendium.....	420

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Δείκτες Ανάπτυξης Ελλάδας σε σχέση με την Ευρωζώνη (http://data.worldbank.org/)	113
Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση του Ελληνικού κλίματος βάση της κλίμακας Koppen (http://climate-data.org/)	115
Πίνακας 3: Διακύμανση θερμοκρασίας – βροχόπτωσης στην Αθήνα (http://climate-data.org/)	116
Πίνακας 4: Διακύμανση θερμοκρασίας – βροχόπτωσης στο Καρπενήσι (http://climate-data.org/)	117
Πίνακας 5: Διακύμανση θερμοκρασίας – βροχόπτωσης στη Σέρρες (http://climate-data.org/)	118
Πίνακας 6: Διακύμανση θερμοκρασίας – βροχόπτωσης στη Θεσσαλονίκη (http://climate-data.org/)	119
Πίνακας 7 - Γενικός Στόχος 8: προστασία της βιοποικιλότητας από τα ΧΕ (ΦΕΚ 2383/2014, ΥΠΕΚΑ).....	134
Πίνακας 8: Πίνακας σύγχυσης (Confusion Matrix)	160
Πίνακας 9: Στατιστική ανάλυση των δεδομένων του σταθμού Αθηνάς	242
Πίνακας 10: Στατιστική ανάλυση των δεδομένων του σταθμού Πατησίων	242
Πίνακας 11: Στατιστική ανάλυση των δεδομένων του σταθμού Πειραιώς.....	242
Πίνακας 12: Στατιστική ανάλυση των δεδομένων του σταθμού Περιστερίου	242
Πίνακας 13: Συνολική στατιστική ανάλυση.....	243
Πίνακας 14: Κατηγοριοποίηση παραμέτρων δασικών πυρκαγιών.....	246
Πίνακας 15 - Εξαγώμενα χαρακτηριστικά από ήχους (Giannakopoulos, 2015)	251
Πίνακας 16: Στατιστική ανάλυση του συνόλου δεδομένων SOM_0.....	263
Πίνακας 17: Στατιστική ανάλυση του συνόλου δεδομένων SOM_1.....	263
Πίνακας 18: Στατιστική ανάλυση του συνόλου δεδομένων SOM_2.....	263
Πίνακας 19: Στατιστική ανάλυση του συνόλου δεδομένων SOM_3.....	263
Πίνακας 20: Αποτελέσματα ανά σύνολο, μέθοδο και ρύπο.....	266
Πίνακας 21: Σύγκριση απλής και συνδυασμένης (ensemble learning) μεθόδου για τον ρύπο CO.....	269
Πίνακας 22: Σύγκριση απλής και συνδυασμένης (ensemble learning) μεθόδου για τον ρύπο NO.....	269
Πίνακας 23: Σύγκριση απλής και συνδυασμένης (ensemble learning) μεθόδου για τον ρύπο NO ₂	270
Πίνακας 24: Σύγκριση απλής και συνδυασμένης (ensemble learning) μεθόδου για τον ρύπο O ₃	271
Πίνακας 25: Σύγκριση απλής και συνδυασμένης (ensemble learning) μεθόδου για τον ρύπο SO ₂	271
Πίνακας 26: Συστάδες πρωτογενών ρύπων μετά την διαδικασία NAE για τον σταθμό Αθηνάς	277
Πίνακας 27: Συστάδες δευτερογενών ρύπων μετά την διαδικασία NAE για τον σταθμό Αθηνάς.....	277
Πίνακας 28: Σύγκριση των μεθόδων παλινδρόμησης του συνόλου δεδομένων Semi-SOM_DS.....	279
Πίνακας 29: Σύγκριση των μεθόδων παλινδρόμησης του συνόλου δεδομένων U-SOM_DS.....	280
Πίνακας 30: Σύγκριση των μεθόδων παλινδρόμησης του συνόλου δεδομένων FcM_DS.....	280
Πίνακας 31: Σύγκριση των μεθόδων παλινδρόμησης του συνόλου δεδομένων NG_DS.....	280
Πίνακας 32: Αποτελέσματα εκπαίδευσης με τις μεταβλητές Forecast Framework για την περίοδο 2000 - 2012	282
Πίνακας 33: Αποτελέσματα επικύρωσης με τις μεταβλητές Forecast Framework για το έτος 2013	282
Πίνακας 34: Πίνακας σύγχυσης για την ανάθεση κλάσεων.....	287
Πίνακας 35: Αποτελέσματα εκπαίδευσης	288
Πίνακας 36: Αποτελέσματα δοκιμής	288
Πίνακας 37: Αποτελέσματα δοκιμής	288
Πίνακας 38: Σύγκριση ακραίων συνόλων δεδομένων (εκπαίδευση).....	290
Πίνακας 39: Σύγκριση ακραίων συνόλων δεδομένων (δοκιμή).....	290
Πίνακας 40: Σύγκριση ακραίων συνόλων δεδομένων (Πλήθος Εγγραφών).....	290
Πίνακας 41: Επίδραση και τιμή των έξι λεκτικών.....	294

Πίνακας 42: Ασαφοποίηση και αντιστοίχιση λεκτικών.....	295
Πίνακας 43: Βαθμοί επιρροής.....	296
Πίνακας 44: Όρια συναρτήσεων συμμετοχής.....	298
Πίνακας 45: Σχετικές αλλαγές της ατμοσφαιρικής ρύπανσης βάση των σεναρίων κλιματικής αλλαγής.....	299
Πίνακας 46: Πρόβλεψη ατμοσφαιρικών ρύπων βάση του ακραίου σεναρίου.....	300
Πίνακας 47: Παρουσίαση των αποτελεσμάτων εκτίμησης χαλαζόπτωσης.....	306
Πίνακας 48: Πίνακας Σύγκρισης Κατηγοριοποίησης TNA-ET (FFNN) του ΣΕΠΧ.....	307
Πίνακας 49: Λεκτικά και αντίστοιχες συναρτήσεις συμμετοχής.....	311
Πίνακας 50: ΠΚΕ είναι ένας δυοδιάστατος πίνακας με όπου N είναι ο αριθμός της υπο εξέτασης περιοχής.....	313
Πίνακας 51: P-Values μεταξύ των ΕΠΔΕ και ΕΝΔΕ σε σχέση με τις ΠΚΕ.....	314
Πίνακας 52: P-Values μεταξύ των λεκτικών ΕΠΔΕ και των λεκτικών των ΠΚΕ.....	315
Πίνακας 53: Test Statistic μεταξύ των λεκτικών ΕΠΔΕ και των λεκτικών των ΠΚΕ.....	315
Πίνακας 54: Βιοποικιλότητα της Ελλάδας (http://www.biodiversity.gr/).....	320
Πίνακας 55: Χωροκατακτητικά είδη στην Ελληνική επικράτεια ανά ενδιαίτημα.....	323
Πίνακας 56: Χωροκατακτητικά είδη στην Ελλάδα ανά ταξονομικό είδος.....	323
Πίνακας 57: Καταγεγραμμένες παρατηρήσεις τεσσάρων ΧΕ σε τέσσερις χώρες.....	329
Πίνακας 58: Καταγραφή του αριθμού των παρατηρήσεων των λεκτικών των μεταβλητών.....	330
Πίνακας 59: Βαθμοί μέλους των τιμών p-value και των λεκτικών εξάρτησης στο διάστημα [0-0,049999].....	332
Πίνακας 60: Βαθμοί μέλους των τιμών p-value και των λεκτικών ανεξαρτησίας στο [0,050001-1].....	333
Πίνακας 61: Ο αριθμός των καταγεγραμμένων παρατηρήσεων ΧΕ σε τέσσερις χώρες.....	334
Πίνακας 62: Επίδραση και τιμές των ασαφή λεκτικών.....	339
Πίνακας 63: Ασαφοποίηση τιμών και των αντίστοιχων λεκτικών.....	339
Πίνακας 64: Βαθμός εξάρτησης μεταξύ εξεταζόμενων μεταβλητών.....	339
Πίνακας 65: Πρόβλεψη θερμοκρασίας και βροχόπτωσης βάση των σεναρίων RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5.....	341
Πίνακας 66: Αλλαγές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για να την εμφάνιση ΧΕ στην Ελλάδα.....	341
Πίνακας 67: Χώρες όπου θα ταυτιστούν οι κλιματολογικές συνθήκες με της Ελλάδας ανά ΧΕ.....	342
Πίνακας 68: Χρονική περίοδος που το Ελληνικό κλίμα θα επιτρέψει την εγκατάσταση των εξεταζόμενων ΧΕ.....	342
Πίνακας 69: Όρια σχετικών αλλαγών των διασυνδεδεμένων παραμέτρων στον FCM των υπό εξέταση χωρών.....	343
Πίνακας 70 – Συγκριτικά αποτελέσματα κατηγοριοποίησης αλγορίθμων.....	351
Πίνακας 71 - Αποτελέσματα κατηγοριοποίησης για το ψάρι “Lagocerphalus Sceleratus”.....	352
Πίνακας 72 - Αποτελέσματα κατάξης για τις κατηγορίες ήχων (Ανθρωπογενείς, Φυσικοί, Ψάρια, Θηλαστικά).....	356
Πίνακας 73 - Πίνακας Σύγκρισης για τις κατηγορίες ήχων.....	357
Πίνακας 74 - Αποτελέσματα κατάταξης για τα Θηλαστικά.....	357
Πίνακας 75 - Πίνακας Σύγκρισης για τα Θηλαστικά.....	357
Πίνακας 76 - Αποτελέσματα κατάταξης για τα Ψάρια.....	357
Πίνακας 77 - Πίνακας Σύγκρισης για τα Ψάρια.....	358
Πίνακας 78 - Αποτελέσματα ταξινόμησης στο Binary_Dataset.....	362
Πίνακας 79 - Αποτελέσματα ταξινόμησης στο Multiclass_Dataset.....	362
Πίνακας 80 - Συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων.....	365
Πίνακας 81 - Συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων μετά την διαδικασία επαναδειγματοληψίας.....	366
Πίνακας 82 - Αποτελέσματα MEK-MAM (Semi ELM).....	369
Πίνακας 83 - Πίνακας σύγκρισης MEK-MAM.....	369
Πίνακας 84 - Συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων.....	370

Πίνακας 85 - Απαιτήσεις Εξυπηρετητή Εφαρμογών (Application/ Web Server).....	414
Πίνακας 86 - Απαιτήσεις Εξυπηρετητή Βάσεων Δεδομένων (Database Server)	415
Πίνακας 87 - Προδιαγραφές Λογισμικού Εξυπηρετητών Διαδικτύου /Εφαρμογών και Database Server	416
Πίνακας 88 - Προδιαγραφές Συστήματος Διαχείρισης Σχεσιακής Βάσης Δεδομένων.....	417

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Η αρχιτεκτονική του ΥΠΠΣΥΝ	51
Σχήμα 2: Συνολική απεικόνιση και ροή δεδομένων στο ΥΠΠΣΥΝ	51
Σχήμα 3: Επικοινωνία μεταξύ των υποσυστημάτων του ΥΠΠΣΥΝ.....	53
Σχήμα 4: Βηματική διαδικασία Υποσυστήματος Δεδομένων	56
Σχήμα 5: Υποσύστημα Υπολογιστικής Νοημοσύνης	57
Σχήμα 6: Υβριδικός Μηχανισμός Υπολογιστικής Νοημοσύνης	57
Σχήμα 7: Συνολική διεργασία του Μηχανισμού Υπολογιστικής Νοημοσύνης	60
Σχήμα 8: Αλγοριθμική διαδικασία Εφαρμογής Πρόβλεψης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΠΡΑΡ).....	75
Σχήμα 9: Αλγόριθμος Εφαρμογής Πρόβλεψης Ακραίων Καιρικών Φαινομένων	77
Σχήμα 10: Εφαρμογή Προσδιορισμού Επικινδυνότητας Δασικών Πυρκαγιών	79
Σχήμα 11: Εφαρμογή Πρόβλεψης Διασποράς – Εγκατάστασης Χωροκατακτητικών Ειδών	81
Σχήμα 12: Εφαρμογή Φαινοτυπικής Αναγνώρισης Χωροκατακτητικών Ειδών.....	83
Σχήμα 13: Εφαρμογή Γενετικής Αναγνώρισης Χωροκατακτητικών Ειδών.....	85
Σχήμα 14: Κλιματική ταξινόμηση Köppen (https://wikipedia.org)	114
Σχήμα 15: Κλιματική Κατάταξη της Ελλάδας κατά Köppen (https://wikipedia.org)	115
Σχήμα 16: Τεχνική ενδοτεταρτημοριακού εύρους (Interquartile Range - IQR) (https://wikipedia.org).....	151
Σχήμα 17: Αρχιτεκτονική τεχνητού νευρωνικού δικτύου (https://wikibooks.org)	184
Σχήμα 18: Κωδικοποίηση Κατάταξης Πληθυσμού με Γκαουσιανά Δεκτικά Πεδία (Kasabov et al., 2014).....	204
Σχήμα 19: Απεικόνιση του δικτύου ΕΤΝΔΑ (Kasabov et al., 2014).....	207
Σχήμα 20: Νευρωνική Κωδικοποίηση Ηχηρής Έκρηξης (Izhikevich, 2007)	209
Σχήμα 21: Εφαρμογή Πρόβλεψης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΠΡΑΡ)	255
Σχήμα 22: Ο αλγόριθμος Υβριδικού Συστήματος Μάθησης και Ασαφούς Νόησης στα πλαίσια του ΕΠΡΑΡ.....	257
Σχήμα 23: Αποτυχημένη απόπειρα προσέγγισης της τιμής του ρύπου CO	258
Σχήμα 24: Αλγόριθμος Υβριδικού Συστήματος Μάθησης και Ασαφούς Νόησης (ΥΣΜΑΝ).....	268
Σχήμα 25: Ο αλγόριθμος του Υβριδικού Συστήματος Άμεσης Πρόβλεψης στα πλαίσια του ΕΠΡΑΡ.....	274
Σχήμα 26: Πρόβλεψη του ρύπου CO με ΤΝΔ-ΕΤ, για το σύνολο NG_DS για τη χρονική περίοδο 2000-2012.....	281
Σχήμα 27: Αλγόριθμος Υβριδικού Συστήματος Εύκολης Πρόβλεψης (ΥΣΑΠ).....	283
Σχήμα 28: Ο αλγόριθμος του Μερικώς Εποπτευόμενου Συστήματος Πρόβλεψης Ατμοσφαιρικών Ρύπων στα πλαίσια του ΕΠΡΑΡ	285
Σχήμα 29: Σχηματική αναπαράσταση της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής του ΜΕΣΠΑΡ	289
Σχήμα 30: Ανάλυση ροής προτεινόμενης μεθοδολογίας ΣΜΑΠΡ	294
Σχήμα 31: ΑΓΧ (FCM) μεταξύ θερμοκρασίας, βροχόπτωσης και ατμοσφαιρικών ρύπων (http://www.mentalmodeler.org/)	296
Σχήμα 32: Ασαφοποίηση της διακύμανσης της θερμοκρασίας.....	297
Σχήμα 33: Ασαφοποίηση των διακυμάνσεων της βροχόπτωσης.....	298
Σχήμα 34: Ανάλυση ροής Εφαρμογής Πρόβλεψης Ακραίων Καιρικών Φαινομένων.....	301
Σχήμα 35: Ανάλυση ροής ΣΕΠΧ στα πλαίσια της ΕΠΙΑΚΦ	304
Σχήμα 36: Ανάλυση ροής Συστήματος Έγκαιρης Πρόβλεψης Χαλαζοπτώσεων	305
Σχήμα 37: Εφαρμογή Προσδιορισμού Επικινδυνότητας Δασικών Πυρκαγιών	308
Σχήμα 38: Διαγραμματική απεικόνιση του ΑΜΕΔΚ στα πλαίσια της ΕΠΕΔΠ	310

Σχήμα 39: Ανάλυση ροής Απλού Μηχανισμού Ενοποίησης Δεικτών Κινδύνου	314
Σχήμα 40: Αλγοριθμική ροή Εφαρμογής Πρόβλεψης Διασποράς – Εγκατάστασης Χωροκατακτητικών Ειδών	319
Σχήμα 41: Αλγοριθμική ροή μεθόδου ασαφούς X^2 τεστ για τον προσδιορισμό ΧΕ.....	330
Σχήμα 42: Αλγοριθμική διαδικασία της ΜΕΠΕΧΕ στα πλαίσια της ΕΠΔΕΧΕ.....	337
Σχήμα 43: Ροή προτεινόμενης Μεσομακροπρόθεσμης Εφαρμογής Πρόβλεψης Εγκατάστασης ΧΕ	338
Σχήμα 44: ΑΓΧ (FCM) Θερμοκρασίας και Βροχόπτωσης και λοιπών μεταβλητών (http://www.mentalmodeler.org/)	340
Σχήμα 45: Η αλγοριθμική δομή της Εφαρμογής Αναγνώρισης Χωροκατακτητικών Ειδών	344
Σχήμα 46: Η αλγοριθμική δομή της Εφαρμογής Φαινοτυπικής Αναγνώρισης Χωροκατακτητικών Ειδών	346
Σχήμα 47: Η αλγοριθμική δομή του ΣΦΑΜΟ στα πλαίσια του ΕΦΑΧΕ.....	347
Σχήμα 48 - Σχηματική περιγραφή αλγοριθμικής διαδικασίας ΣΦΑΜΟ.....	350
Σχήμα 49: Η αλγοριθμική δομή του ΣΦΑΜΑ στα πλαίσια του ΕΦΑΧΕ.....	354
Σχήμα 50 - Διαδικασία αναγνώρισης ΧΕ με σύστημα Μηχανικής Ακοής	355
Σχήμα 51: Η αλγοριθμική δομή της Εφαρμογής Γενετικής Αναγνώρισης Χωροκατακτητικών Ειδών	359
Σχήμα 52 - Η προτεινόμενη μέθοδος ανάλυσης περιβαλλοντικού DNA.....	368

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 - Παράδειγμα ψαριών με πανομοιότυπα χαρακτηριστικά (Images taken by J.E. Randall) (Anantharajah et al., 2014).....	248
Εικόνα 2 - Παράδειγμα ψαριών κάτω από διαφορετικές συνθήκες λήψης (images (a) and (c) are from Australian National Fish Collection CSIRO, (b) is taken by G. Edgar, and (d) is taken by Dennis King (Anantharajah et al., 2014) .	248
Εικόνα 3: Περιοχή Προστασίας Χαλαζόπτωσης Π1 (http://www.agro-help.gr)	303
Εικόνα 4: Υπολογισμός τιμών με βάση το FIS Sugeno και τις σταθερές τιμές εξόδου	312

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Ποσοστά βροχόπτωσης στην Αθήνα (http://climate-data.org/).....	115
Διάγραμμα 2: Μέσες θερμοκρασίες στην Αθήνα (http://climate-data.org/)	116
Διάγραμμα 3: Ποσοστά βροχόπτωσης στο Καρπενήσι (http://climate-data.org/).....	116
Διάγραμμα 4: Μέσες θερμοκρασίες στο Καρπενήσι (http://climate-data.org/).....	117
Διάγραμμα 5: Ποσοστά βροχόπτωσης στη Σέρρες (http://climate-data.org/)	117
Διάγραμμα 6: Μέσες θερμοκρασίες στη Σέρρες (http://climate-data.org/).....	118
Διάγραμμα 7: Ποσοστά βροχόπτωσης στη Θεσσαλονίκη (http://climate-data.org/)	118
Διάγραμμα 8: Μέσες θερμοκρασίες στη Θεσσαλονίκη (http://climate-data.org/).....	119
Διάγραμμα 9: Μέση μηνιαία θερμοκρασία Ελλάδας, της χρονικής περιόδου 1900-2015 (http://climate-data.org/)	119
Διάγραμμα 10: Μέση μηνιαία βροχόπτωση Ελλάδας, της χρονικής περιόδου 1900-2015 (http://climate-data.org/)	120
Διάγραμμα 11: Ελάχιστη βροχόπτωση και μέγιστη θερμοκρασία Ελλάδας το 2015-2100 (IPCC-A2) (http://www.climatechange.org/).....	121
Διάγραμμα 12: Ελάχιστη βροχόπτωση και μέγιστη θερμοκρασία Ελλάδας το 2015-2100 (IPCC-B2) (http://www.climatechange.org/).....	121
Διάγραμμα 13: Συνολικός αριθμός ξένων ειδών που εγκαταστάθηκε στο χερσαίο περιβάλλον της Ευρώπης (http://www.europe-aliens.org/)	321
Διάγραμμα 14: Είδη χωροκατακτητικών ειδών στην Ευρώπη (http://www.europe-aliens.org/).....	321
Διάγραμμα 15: Κατανομή χωροκατακτητικών ειδών	322
Διάγραμμα 16: Κατανομή απροσδιόριστων ειδών.....	322
Διάγραμμα 17: Κατανομή ιθαγενών ειδών.....	322
Διάγραμμα 18 : Ταξονομική κατάταξη των 100 χειρότερων χωροκατακτητικών ειδών του πλανήτη (http://www.cabi.org/isc/).....	324
Διάγραμμα 19 – Παρουσίαση του lago_family_dataset.....	364

Κατάλογος Συναρτήσεων

Συνάρτηση 1: Συνάρτηση βαθμολόγησης ή βαθμονόμησης	143
Συνάρτηση 2: Υπολογισμός εμπειρικού ρίσκου.....	144
Συνάρτηση 3: Υπολογισμός δεδομένων που ανήκουν σε κάθε συστάδα.....	144
Συνάρτηση 4: Συνάρτηση ελαχιστοποίησης κανονικοποιημένου εμπειρικού ρίσκου.....	145
Συνάρτηση 5: Υπολογισμός εμπειρικού σφάλματος	146
Συνάρτηση 6: Γραμμικό πρόβλημα ελαχίστων τετραγώνων.....	147
Συνάρτηση 7: Υπολογισμός νέων μεταβλητών κατά την διαδικασία μείωσης παραμέτρων.....	152
Συνάρτηση 8: Κατανομή πιθανότητας σε Μπεϋζιανά Δίκτυα (Bayesian Networks).....	156
Συνάρτηση 9: Κατηγοριοποίηση με την μέθοδο k-Πλησιέστερων Γειτόνων (k-Nearest Neighbors)	157
Συνάρτηση 10: Ευκλείδεια Απόσταση	157
Συνάρτηση 11: Πιθανότητα σφάλματος κατηγοριοποίησης με την μέθοδο k-NN	157
Συνάρτηση 12: Υπολογισμός ακρίβειας (Accuracy) κατηγοριοποίησης	160
Συνάρτηση 13: Υπολογισμός ευκρίνειας (Precision) κατηγοριοποίησης.....	161
Συνάρτηση 14: Υπολογισμός ανάκλησης (Recall) κατηγοριοποίησης	161
Συνάρτηση 15: Υπολογισμός F-score κατηγοριοποίησης.....	161
Συνάρτηση 16: Υπολογισμός ποσοστού σφάλματος (Error Rate).....	161
Συνάρτηση 17: Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα (Mean Square Error - MSE)	162
Συνάρτηση 18: Μέσο Απόλυτο Σφάλμα (Mean Absolute Error - MAE).....	163
Συνάρτηση 19: Συντελεστής συσχέτισης Pearson (Correlation Coefficient - Pearson's R).....	163
Συνάρτηση 20: Συντελεστής προσδιορισμού (Coefficient of Determination - R ²).....	164
Συνάρτηση 21: Ρίζα Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος (Root Mean Squared Error – RMSE).....	164
Συνάρτηση 22: Απόλυτο Σχετικό Σφάλμα (Relative Absolute Error – RAE)	165
Συνάρτηση 23: Υπολογισμός τιμής στόχου του Απόλυτου Σχετικού Σφάλματος	165
Συνάρτηση 24: Ρίζα του Τετραγωνικού Σχετικού Σφάλματος (Root Relative Squared Error – RRSE).....	165
Συνάρτηση 25: Υπολογισμός τιμής στόχου της Ρίζας του Τετραγωνικού Σχετικού Σφάλματος.....	165
Συνάρτηση 26: Σύνολα διατεταγμένων ζευγών	169
Συνάρτηση 27: Τριγωνική ΣΒΣΥ.....	169
Συνάρτηση 28: Τραπεζοειδής ΣΒΣΥ.....	170
Συνάρτηση 29: Γκαουσιανή ΣΒΣΥ	170
Συνάρτηση 30: Ένωση (Union) δύο ασαφών συνόλων	170
Συνάρτηση 31: Τομή (Intersection) δύο ασαφών συνόλων.....	170
Συνάρτηση 32: Γινόμενο (Product) δύο ασαφών συνόλων.....	170
Συνάρτηση 33: Συμπλήρωμα (Complement) ενός ασαφούς συνόλου	171
Συνάρτηση 34: Υποσύνολο (Subset) ασαφούς συνόλου.....	171
Συνάρτηση 35: Ισότητα (identical) ασαφή σύνολα.....	171
Συνάρτηση 36 - Σύνθεση max-min	172
Συνάρτηση 37 - Σύνθεση max-prod	173
Συνάρτηση 38: Κέντρο βάρους (Centroid) μιας επιφάνειας.....	180
Συνάρτηση 39: Μαθηματική μοντελοποίηση τεχνητού νευρωνικού δικτύου	185
Συνάρτηση 40: Υπερβολικής Εφαπτομένης (Hyperbolic Tangent).....	185
Συνάρτηση 41: Σιγμοειδής (Sigmoid)	185

Συνάρτηση 42: Μέσος ρυθμός πυροδότησης νευρώνα	198
Συνάρτηση 43: Υπολογισμός μέσης δραστηριότητας αιχμών σε πληθυσμό νευρώνων	198
Συνάρτηση 44: Spike-Timing Dependent Plasticity	201
Συνάρτηση 45: Κέντρο γκαουσιανού δεκτικού πεδίου	204
Συνάρτηση 46: Πλάτος γκαουσιανού δεκτικού πεδίου	204
Συνάρτηση 47: Υπολογισμός συναπτικών βαρών στο ETNΔΑ.....	206
Συνάρτηση 48: Κατώφλι πυροδότησης ETNΔΑ	206
Συνάρτηση 49: Μέγιστο πιθανό δυναμικό ETNΔΑ.....	206
Συνάρτηση 50: Συγχώνευση βαρών ETNΔΑ	206
Συνάρτηση 51: Συγχώνευση κατωφλίων πυροδότησης ETNΔΑ	206
Συνάρτηση 52: Δυναμικό της μεμβράνης στο TNΔΑ τύπου Izhikevich	207
Συνάρτηση 53: Επαναφορά της μεμβράνης στο TNΔΑ τύπου Izhikevich	207
Συνάρτηση 54: Ενεργοποίηση αιχμής στο TNΔΑ τύπου Izhikevich.....	208
Συνάρτηση 55: Επαναφορά της μεμβράνης στο TNΔΑ τύπου Izhikevich μετά από αιχμή	208
Συνάρτηση 56: Ρυθμός πυροδότησης νευρώνα	210
Συνάρτηση 57: Διαφορά μεταξύ ρυθμού πυροδότησης και μέσων ρυθμών πυροδότησης	211
Συνάρτηση 58: Συνάρτηση καταλληλότητας TNΔΑ τύπου Izhikevich.....	211
Συνάρτηση 59: Ρυθμός κατηγοριοποίησης TNΔΑ τύπου Izhikevich.....	212
Συνάρτηση 60: Έξοδος δικτύου MAM	215
Συνάρτηση 61: Πίνακας βαρών εξόδου κρυφού επιπέδου MAM	215
Συνάρτηση 62: Υπολογισμός πίνακα βαρών εξόδου MAM.....	216
Συνάρτηση 63: Υπολογισμός βαρών εξόδου MAM	216
Συνάρτηση 64: Γενικευμένος αντίστροφος πίνακας Moore-Penrose	216
Συνάρτηση 65: Κατασκευή νευρώνων κρυφού επιπέδου με τυχαίο τρόπο.....	219
Συνάρτηση 66: Συνάρτηση Κανονικοποιημένων Ελαχίστων Τετραγώνων	219
Συνάρτηση 67: Υπολογισμός βαρών εξόδου εάν ισχύει $n_h \leq N$	221
Συνάρτηση 68: Υπολογισμός βαρών εξόδου εάν ισχύει $n_h > N$	221
Συνάρτηση 69: Μονάδα Γραμμικής Ανόρθωσης.....	230
Συνάρτηση 70: Συνάρτηση Softmax.....	231
Συνάρτηση 71: Σταθμισμένο άθροισμα εισόδων στο δίκτυο.....	232
Συνάρτηση 72: Εξέλιξη του δυναμικού της μεμβράνης.....	233
Συνάρτηση 73: Υπολογισμός του αθροίσματος των επιρροών.....	236
Συνάρτηση 74: Κανόνας ανανέωσης των τιμών των κόμβων του ΑΓΧ.....	237
Συνάρτηση 75: Κανόνας ανανέωσης των τιμών των κόμβων με βάση τον αλγόριθμο EM-Hebb.....	237
Συνάρτηση 76: Ρυθμός μάθησης με βάση τον αλγόριθμο EM-Hebb.....	237
Συνάρτηση 77: Παράγοντας μείωσης των βαρών με βάση τον αλγόριθμο EM-Hebb.....	237
Συνάρτηση 78: Κανονικοποίηση τιμών στο διάστημα [-1, +1]	244
Συνάρτηση 79: Γκαουσιανή συνάρτηση	260
Συνάρτηση 80: Ρυθμός μείωσης ενεργού πλάτους (Effective Width) ΧαΟ (SOM).....	260
Συνάρτηση 81: Υπολογισμός τιμής ακτίνας πλέγματος ΧαΟ (SOM)	260
Συνάρτηση 82: Υπολογισμός νέου διανύσματος σε ΧαΟ (SOM).....	261
Συνάρτηση 83: Επιλογή τιμών ρυθμού μάθησης.....	261
Συνάρτηση 84: Αρχική τιμή ενεργού πλάτους ΧαΟ (SOM).....	261

Συνάρτηση 85: Παλινδρόμηση με ΤΔ (Random Forest).....	265
Συνάρτηση 86: Σταθμισμένο άθροισμα των εισόδων ΤΝΔ-ΕΤ (FFNN).....	265
Συνάρτηση 87: Έξοδος κρυφού επιπέδου ΤΝΔ-ΕΤ (FFNN) με χρήση σιγμοειδούς συνάρτησης	265
Συνάρτηση 88: Τελική έξοδος ΤΝΔ-ΕΤ (FFNN).....	265
Συνάρτηση 89: Κέντρο βάρους συστάδας	275
Συνάρτηση 90: Ελαχιστοποίηση κέντρου βάρους συστάδας	275
Συνάρτηση 91: Υπολογισμός τιμών που ελαχιστοποιούν το κέντρο βάρους μιας συστάδας	275
Συνάρτηση 92: Προσαρμογή βαρών των κόμβων βάση σειράς ταξινόμησης	277
Συνάρτηση 93: Συντελεστής γραμμικής συσχέτισης Pearson	293
Συνάρτηση 94: Πρόβλεψη μελλοντικών τιμών	299
Συνάρτηση 95: Χ-τετράγωνο τεστ	313
Συνάρτηση 96: Υπολογισμός αναμενόμενων τιμών	334
Συνάρτηση 97: Στατιστικό τεστ	335

Κατάλογος Συντομογραφιών

Ξένη Συντομογραφία	Επεξήγηση
AAH	Absolute Air Humidity
ABUR	Average Burned
AirTemp	Air Temperature
Alt	Altitude
API	Application Programming Interface
BOLD	Barcode Of Life Data
CMIP5	Coupled Model Inter-Comparison Project Phase 5
DAISIE	Delivering Alien Invasive Species Inventories For Europe
eDNA	Environmental DNA
ExBUR	Extremely Burned
Exp	Exposure
FDF	Frost Days' Frequency
FCV	Fold Cross Validation
GFDL_CM2.0	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Climate Model 2.0
GHGs	Greenhouse Gases
GPS	Global Positioning System
HBUR	High Burned
IaaS	Infrastructure As A Service
IDE	Integrated Development Environment
IPCC	International Panel On Climate Change
ISSG	Invasive Species Specialist Group
IUCN	International Union For Conservation Of Nature
LBUR	Low Burned
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol
NIST	National Institute of Standards and Technology's
Ori	Orientation
PaaS	Platform As A Service
PEV	Potential Evapotranspiration
PR	Air Pressure
Preci	Precipitation
RCPs	Representative Concentration Pathways
RF	Rainfall
RFD	Rainfall Daily
RFM	Rainfall Monthly
RFPM	Rainfall Previous Month
RH	Relative Humidity
SaaS	Software As A Service
SF	Sunshine Fraction
Slo	Slope

Ξένη Συνομογραφία Επεξήγηση

SM	Soil Moisture
SR	Solar Radiation
SSC	Species Survival Commission
SSP	Species Specific Primers
SUN	Percentage Of Sunshine
WD	Wind Direction
WDF	Wet Days' Frequency
WS	Wind Speed
WVP	Water Vapor Pressure
WVSP	Water Vapor Saturation Pressure

Ελληνική Συντομογραφία	Επεξήγηση
10πλή ΔΕ	10πλή Διασταυρωμένη Επικύρωση
DoLV	Πυκνότητα χορτοτάπητα
DoV	Πυκνότητα βλάστησης
FloV	Ευφλεκτότητα βλάστησης
k-ΠΓ	k-Πλησιέστεροι Γείτονες
AcM	Ασαφών c-Μέσων
ΑΓΧ	Ασαφείς Γνωστικούς Χάρτες
ΑΔΕ	Αλγόριθμο Διαφορικής Εξέλιξης
ΑΕΚ	Αλγόριθμος Επιλογής Κλώνων
ΑΘΠ	Αληθινών Θετικών Προβλέψεων
ΑΚΣ	Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών
ΑΛ	Ασαφής Λογική
ΑΜΕΠ	Αλγόριθμος Μάθησης Ενός Περάσματος
ΑνΣχ	Ανάλυση Σχετικότητας
ΑΣΣ	Απόλυτο Σχετικό Σφάλμα
ΑΥΣΠ	Απλό Υβριδικό Σύστημα Πρόβλεψης
ΔΒ	Δείκτης Βλάστησης
ΒΕΥΝ	Βιολογικά Εμπνευσμένη Υπολογιστική Νοημοσύνη
ΒΜ	Βαθιάς Μάθησης
ΒΣΣ	Βελτιστοποίησης Σμήνου Σωματιδίων
ΓΑ	Γενετικοί Αλγόριθμοι
ΓρΠ	Γραμμική Παλινδρόμηση
ΓΧ	Γνωστικοί Χάρτες
ΔΞ	Δείκτη Ξηρασίας
ΕΛΓΑ	Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων
ΕΜΑ	Ενσωματωμένα Μοντέλα Αιχμών
ΕνδΕ	Ενδοτεταρτημοριακού Εύρους
ΕΝΔΕ	Ενιαίους Δείκτες Επικινδυνότητας
ΕΠ_Δ	Επιλογή Δεδομένων
ΕΠΔΕ	Επιμέρους Δείκτες Επικινδυνότητας
ΕΠΧΠ	Εθνικού Προγράμματος Χαλαζικής Προστασίας
ΕΤΝΔΑ	Εξελιγμένο ΤΝΔΑ
ΖΔΚ	Ζεύγη Δεικτών Κινδύνου
Η-ΤΑΣΣ	Ημι-Τριγωνικό Ασαφή Συναρτήσεων Συμμετοχής
ΚΕΜΕ	Κέντρου Μετεωρολογικών Εφαρμογών
ΚΚΠ	Κωδικοποίηση Κατάταξης Πληθυσμού
ΚΛΧΔ	Καμπύλη Λειτουργικού Χαρακτηριστικού Δέκτη
ΜΑΜ	Μηχανές Ακρικής Μάθησης
ΜΑΣ	Μέσο Απόλυτο Σφάλμα
ΜΓΑ	Μονάδα Γραμμικής Ανόρθωσης
ΜΔ	Μετεωρολογικό Δείκτη

Ελληνική Συντομογραφία	Επεξήγηση
ΜΕΚ-ΜΑΜ	Μερικώς Εποπτευόμενη Κατηγοριοποίηση ΜΑΜ
ΜΕΧαΟ	Μερικής Επιτήρησης Χάρτες αυτό-Οργάνωσης
ΜΜ	Μηχανική Μάθηση
ΜΤΣ	Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα
ΜΥΔ	Μηχανές Υποστήριξης Διανύσματος
ΝΚΗΕ	Νευρωνική Κωδικοποίηση Ηχηρής Έκρηξης
ΝΑε	Νευρωνικών Αερίων
ΝΔΒΜ	Νευρωνικά Δίκτυα ΒΜ
ΝΣΣ	Νευροασαφές Σύστημα Συνεργασίας
ΥΜΥΝ	Υβριδικός Μηχανισμός Υπολογιστικής Νοημοσύνης
ΥΠΠΣΥΝ	Υβριδικό Πρότυπο και Πληροφοριακό Σύστημα Υπολογιστικής Νοημοσύνης
ΠΕΔΕ	Προσαρμοστική Ελιττιστική Διαφορική Εξέλιξη
ΠΚΕ	Πραγματικές Καμένες Εκτάσεις
ΠΝΑΣΣ	Προσαρμοστικά Νευροασαφή Συστήματα Συμπερασμού
ΡΜΤΣ	Ρίζα του Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος
ΡΤΣΣ	Ρίζα του Τετραγωνικού Σχετικού Σφάλματος
ΣΑΜπΠ	Σταθμισμένη Απλή Μπαεσιανή Πιθανοτική
ΣΑΣ	Συστήματα Ασαφούς Συλλογιστικής
ΣΝΔ	Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα
ΣΝΔΑ	Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα Αιχμής
ΣΠ - R ²	Συντελεστής Προσδιορισμού R ²
ΣΒΣΥ	Συνάρτηση Βαθμού Συμμετοχής
ΣΣ-R	Συντελεστής Συσχέτισης R
ΤΝΔ-ΟΜ	ΤΝΔ με Οπισθόδρομη Μάθηση
ΤΝΔΣΑΒ	ΤΝΔ Συναρτήσεων Ακτινικής Βάσης
ΤοΔ	Τοπογραφικό Δείκτη
ΤΑΣΣ	Τριγωνικών Ασαφών Συναρτήσεων Συμμετοχής
ΤΔ	Τυχαία Δάση
ΤΝ	Τεχνητή Νοημοσύνη
ΤΝΔ	Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα
ΤΝΔΑ	ΤΝΔ Αιχμής
ΤΝΔ-ΕΤ	ΤΝΔ Πρόσθιας Τροφοδότησης
ΤΣΠ	Τυπικό Σφάλμα της Παλινδρόμησης
ΥΜΗΣΚ	Υβριδική Μέθοδος Ημι-εποπτευόμενης Συσταδοποίησης – Κατηγοριοποίησης
ΥΝ	Υπολογιστική Νοημοσύνη
ΥΠΝ	Υπολογιστικού Νέφους
ΧΕ	Χωροκατακτητικά Είδη
ΧΑΕΝΠ	Χρονοδιάγραμμα Ακίδας Εξαρτώμενο από την Νευρική Πλαστικότητα
ΧαΟ	Χάρτες αυτό-Οργάνωσης
ΧΕΧαΟ	Χωρίς Επιτήρηση Χάρτες αυτό-Οργάνωσης
ΨΘΠ	Ψευδείς Θετικές Προβλέψεις

Πρόλογος

Όταν στα τέλη του Ιουνίου του 2013, έλαβα την απόφαση της Συνέλευσης Ειδικής Σύνοψης του Τμήματος ΔΔΠΦΠ για εκπόνηση Διδακτορικής διατριβής και ορισμό τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, όλα έμοιαζαν σαν ένα τεράστιο ψέμα. Θυμάμαι που ο επιβλέπων Καθηγητής μου Δρ Λάζαρος Ηλιάδης, αφού με συγχάρηκε μου είπε «Καλώς ήρθες σε έναν ξεχωριστό κόσμο που μόνο υπέροχα πράγματα έχει να σου προσφέρει. Κάθε δυσκολία, θα είναι στολίδι στο στέμμα σου και κάθε εμπόδιο, ένα σκαλοπάτι που θα σε ανεβάζει κάθε μέρα και πιο ψηλά. Να θυμάσαι ο δρόμος είναι ανηφορικός, δύσκολος και σύμμαχος σου είναι μόνο η θέληση και η επιμονή σου».

Το ίδιο καλοκαίρι ξεκινήσαμε δειλά – δειλά να προσεγγίζουμε κάποιες καινοτόμες μεθοδολογίες έρευνας και επιχειρήσαμε την πρώτη μου δημοσίευση – συμμετοχή σε ένα διεθνές επιστημονικό συνέδριο, η οποία στέφθηκε από απόλυτη επιτυχία. Η νέα ακαδημαϊκή χρονιά ξεκίνησε με αρκετή δουλειά για την συνέχιση και εμβάθυνση της έρευνας στο εργαστήριο Δασικής Πληροφορικής του Τμήματος, ενώ παράλληλα είχα την τιμή και την χαρά να συνδράμω ως εργαστηριακός βοηθός στα προπτυχιακά και μεταπτυχιακά μαθήματα του Καθηγητή κ Ηλιάδη.

Η ψευδαίσθηση που νόμιζα ότι αισθανόμουν, άρχισε να γίνεται σιγά σιγά πραγματικότητα.

Ο χρόνος κυλούσε πλέον πολύ γρήγορα και η έρευνα που είχαμε ξεκινήσει, άρχισε να αποδίδει καρπούς. Συμμετοχές σε συνέδρια, εκδόσεις σε επιστημονικά περιοδικά, διεθνείς συνεργασίες με διακεκριμένους επιστήμονες του εξωτερικού, σύνταξη προτάσεων για συμμετοχή σε διεθνή ερευνητικά προγράμματα και τιμητικές διακρίσεις σε διεθνείς διαγωνισμούς. Επιστέγασμα όλων αυτών, η ανακήρυξη μου σε Μεταπτυχιακό Υπότροφο του Τμήματος.

Όλα αυτά μετέτρεψαν την καθημερινότητα μου, στο πιο τρελό, στο πιο φαντασμαγορικό όνειρο, που θα μπορούσα ποτέ να ονειρευτώ.

Υπήρχαν φυσικά και πολλές δύσκολες στιγμές. Απογοήτευση, κούραση, αποτυχίες, πίεση χρόνου. Υπήρχαν στιγμές που καθετί φάνταζε ακατόρθωτο και στιγμές που αισθανόμουν κενό κάτω από τα πόδια μου.

Ευτυχώς υπήρχε πάντα εκεί το διπλό δίχτυ ασφαλείας μου. Από την μια ο Καθηγητής Δρ Λάζαρος Ηλιάδης, να με ενθαρρύνει, να με καθοδηγεί, να με βγάλει από τα αδιέξοδα, αλλά και πολλές φορές να με επαναφέρει στην πραγματικότητα και να μου υπενθυμίζει τον στόχο μου και από την άλλη η σύζυγος και τα παιδιά μου, πάντα με αγάπη, ευχάριστη διάθεση, υπομονή και καλοσύνη, να μου δίνουν χαρά, έμπνευση και κουράγιο να συνεχίσω.

Κλείνω τον ερευνητικό διδακτορικό κύκλο σπουδών μου, μετά από 42 υπέροχους μήνες αδιάκοπης και επίπονης δουλειάς, έχοντας αισίως: **5 δημοσιεύσεις σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά, 5 εργασίες έχουν υποβληθεί και είναι υπό κρίση σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά, 11 δημοσιεύσεις σε πρακτικά διεθνών συνεδρίων, 1 είναι υπό κρίση για δημοσίευση σε Κεφάλαιο**

βιβλίου Springer και 2 σε πρακτικά επιστημονικών Διημερίδων με κρίση. Έχω 6 συμμετοχές σε επιστημονικές επιτροπές διεθνών συνεδρίων και την τιμή να είμαι κριτής σε 6 διεθνή επιστημονικά περιοδικά. Είμαι πλέον πεπεισμένος ότι δεν υπάρχει κάτι που δεν γίνεται. Είμαι πεπεισμένος ότι η μεγαλύτερη ψυχική δύναμη είναι η αφοσίωση και επιμονή στον στόχο. Πιστεύω ότι οι μεγάλοι στόχοι και τα μεγαλεπήβολα όνειρα, απαιτούν μικρά αλλά σταθερά βήματα και παράλληλα υπομονή και μεθοδικότητα.

Η αναλυτική λίστα των δημοσιεύσεων παρουσιάζεται στη σελίδα XXXIX

Η αλήθεια είναι όμως ότι ο υπέρλαμπρος και εθιστικός κόσμος της έρευνας μου δημιούργησε μια ακόρεστη επιθυμία για ακόμα περισσότερα. Αισιοδοξώ και ελπίζω, ότι ο κύκλος που μόλις τελείωσε, αποτελεί απλά την έναρξη μιας ακόμα πιο ενδιαφέρουσας ακαδημαϊκής και ερευνητικής αναζήτησης, γεμάτη νέες προκλήσεις.

Σκοπός και Στόχοι

Σκοπός αυτής της Διδακτορικής διατριβής είναι η εμπειριστατωμένη και ενδεδεχής ανάλυση των συνθηκών που ενισχύουν την κλιματική αλλαγή (όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση) και των συνεπειών της, (όπως τα ακραία καιρικά φαινόμενα και οι δασικές πυρκαγιές) και κυρίως η εμφάνιση, η διασπορά, η εγκατάσταση και η αναγνώριση των επιβλαβών για την βιοασφάλεια, τη δημόσια υγεία και την οικονομία Χωροκατακτητικών Ειδών (ΧΕ). Τα ΧΕ μελετώνται ως δυνητική επίπτωση των αλλαγών του κλίματος και αποτελούν τη δεύτερη σημαντικότερη απειλή για την βιοποικιλότητα, μετά την καταστροφή των οικοτόπων.

Ο βασικός στόχος της διατριβής, επιτυγχάνεται με την ανάπτυξη του προτεινόμενου Υβριδικού Προτύπου και Πληροφοριακού Συστήματος Υπολογιστικής Νοημοσύνης (ΥΠΠΣΥΝ), το οποίο χρησιμοποιεί τις πλέον καινοτόμους μεθόδους Βιολογικά Εμπνευσμένης Υπολογιστικής Νοημοσύνης (BEYN), προσθέτοντας αυτοματοποιημένες λύσεις στους μηχανισμούς περιβαλλοντικής ασφάλειας και πολιτικής προστασίας.

Παράλληλα με την ανάπτυξη του ΥΠΠΣΥΝ, σημαντικοί στόχοι τους οποίους θέτει η διατριβή, αφορούν στην κριτική ανάλυση των υφιστάμενων μεθοδολογιών BEYN με σκοπό την βέλτιστη επιλογή των καταλληλότερων αλγορίθμων για την κατασκευή του προτεινόμενου συστήματος ΥΝ. Οι εν λόγω αλγόριθμοι, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση και ερμηνεία των συνεπειών του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής, συμβάλλοντας στην ανασκευή της υφιστάμενης γνώσης. Επίσης μέσα από τη δημιουργία νέων καινοτόμων τεχνικών, υβριδικών προσεγγίσεων, συνδυασμένων μεθόδων, αλλά και επεκτάσεων των προτεινόμενων αλγορίθμων μάθησης, επιτυγχάνεται να διευρυνθεί η επιστημονική περιοχή της εφαρμοσμένης ΥΝ. Αντίστοιχα επιτυγχάνεται η παραγωγή νέας γνώσης, μέσω της μοντελοποίησης πραγματικών πολυσύνθετων οικολογικών προβλημάτων και τη δημιουργία νέων συνόλων δεδομένων υψηλής πολυπλοκότητας. Συγκεκριμένα τα επιμέρους αντικείμενα έρευνας που επιδιώκει να προσεγγίσει η Διδακτορική διατριβή, μπορούν να απαριθμηθούν όπως παρακάτω:

- Επισκόπηση των σημαντικότερων μεθόδων ΥΝ καθώς και των σημαντικότερων μεθόδων BEYN.
- Κριτική ανάλυση των υφιστάμενων μεθοδολογιών, με σκοπό την βέλτιστη επιλογή των καταλληλότερων αλγορίθμων, για την κατασκευή του προτεινόμενου συστήματος.
- Περιγραφή και ερμηνεία των συνεπειών του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής με μεθόδους ΥΝ.
- Επέκταση της υφιστάμενης γνώσης για τις συνέπειες του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής, με εξειδικευμένη ανάλυση και ανάπτυξη αντίστοιχων μελετών περιπτώσεων,

ικανών να μοντελοποιήσουν τις πολυπαραμετρικές διαδικασίες συγκεκριμένων φαινομένων.

- Δημιουργία νέων θεωρητικών και μεθοδολογικών προσεγγίσεων, βασιζόμενων αποκλειστικά σε μεθόδους BEYN, για την ανάλυση και επεξήγηση των φαινομένων που ενισχύουν τη κλιματική αλλαγή, όπως η ρύπανση της ατμόσφαιρας, αλλά και των σημαντικότερων συνεπειών της, όπως οι δασικές πυρκαγιές, η πρόβλεψη ακραίων καιρικών φαινομένων και η εμφάνιση ΧΕ.
- Δημιουργία νέων καινοτόμων τεχνικών, υβριδικών προσεγγίσεων, συνδυασμένων μεθοδολογιών και ολοκληρωμένων συστημάτων, για τη διερευνώμενη επιστημονική περιοχή, με εστίαση στην ταχύτητα σύγκλισης, την ποιότητα της προτεινόμενης λύσης και την σταθερότητα τους σε ένα θορυβώδες πεδίο.
- Δημιουργία νέων συνόλων δεδομένων υψηλής πολυπλοκότητας, κατάλληλων για την εκπαίδευση των προτεινόμενων συστημάτων.
- Παραγωγή νέας γνώσης, μέσω της μοντελοποίησης πραγματικών πολυσύνθετων οικολογικών προβλημάτων και τη δημιουργία ανάλογων μεθόδων πρόβλεψης της επικινδυνότητας σε καταστάσεις προσομοίωσης.
- Ανάπτυξη καινοτόμων επεκτάσεων των προτεινόμενων αλγορίθμων μάθησης, με ετερογενείς μεθόδους βελτιστοποίησης.
- Πειραματική επεξεργασία και σύγκριση των μεθόδων που αναπτύχθηκαν, με παρόμοιους ή ανταγωνιστικούς αλγορίθμους, για την εκτίμηση της ανωτερότητας τους.
- Ανάπτυξη καινοτόμων μεθόδων φαινοτυπικής και γενετικής αναγνώρισης των ΧΕ με εκτεταμένη χρήση αλγορίθμων YN.
- Μελέτη του Ελλαδικού χώρου ως προς την μεταβολή του κλίματος για το σύνολο του 21ου αιώνα, συμπεριλαμβανομένων και σεναρίων κλιματικής αλλαγής έως το έτος 2100.

Εισαγωγή

Το εργαστήριο Δασικής Πληροφορικής του τμήματος Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων της σχολής Επιστημών Γεωπονίας και Δασολογίας του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης, υποστηρίζει μεθοδολογικά την χρήση ευφών υπολογιστικών συστημάτων στην προστασία του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα ειδικεύεται στην εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων από διάφορες επιστημονικές περιοχές του ευρύτερου πεδίου της Υπολογιστικής Νοημοσύνης, όπως Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, Μηχανές Υποστήριξης Απόφασης, Πολυπρακτορικά Συστήματα, Συστήματα Ασαφούς Νόησης, Ευφυή Συστήματα Λήψης Απόφασης, για την καταγραφή, ανάλυση και εδραίωση διαδικασιών επεξεργασίας πληροφορίας, που συμβάλλουν στη διερεύνηση, την αποφυγή και τον περιορισμό της υποβάθμισης και της καταστροφής του περιβάλλοντος (Ηλιάδης, 2007; Ηλιάδης και Παπαλεωνίδας, 2016).

Μια μεγάλη σύγχρονη πρόκληση για τις επιστήμες περιβάλλοντος, την περιβαλλοντική πληροφορική και επομένως για το Τμήμα και για το εργαστήριο, είναι η ολοκλήρωση πληροφοριακών συστημάτων κατάλληλων για την μελέτη του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής, των συνθηκών που την ενισχύουν όπως η ρύπανση της ατμόσφαιρας και των συνεπειών της όπως οι δασικές πυρκαγιές, τα ακραία καιρικά φαινόμενα και τα Χωροκατακτητικά Είδη (Pittock, 2009).

Ιδιαίτερα για την μοντελοποίηση-παρακολούθηση των ΧΕ, τα οποία αποτελούν μία από τις σοβαρότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και μια από τις σημαντικότερες αιτίες απώλειας της βιοποικιλότητας, καταστροφής των υπηρεσιών του φυσικού περιβάλλοντος και απειλής των εύθραυστων οικοσυστημάτων, απαιτείται η ενδελεχής έρευνα και η υιοθέτηση των πλέον καινοτόμων μεθόδων μελέτης, προσδιορισμού, αξιολόγησης και πρόβλεψης των πιθανών τρόπων και τόπων εξάπλωσης τους (Ziska and Dukes, 2014).

Επίσης είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ανάγκη κατάρτισης επιστημονικών μεθόδων αντιμετώπισης του εν λόγω φαινομένου, οδήγησε την Ευρωπαϊκή επιτροπή στην ένταξη στο ερευνητικό πρόγραμμα «Horizon 2020», της δράσης «Κλιματική αλλαγή, περιβάλλον, αποδοτικότητα πόρων και πρώτες ύλες» συνολικού προϋπολογισμού 3,081 δις ευρώ, όπου σχεδόν τα μισά από τα εν λόγω χρήματα, αποτελούν χρηματοδότηση για έργα υποστήριξης της βιοποικιλότητας και συγκεκριμένα της ανάληψης δράσεων περιορισμού των ΧΕ. Στο πλαίσιο της παραπάνω δράσης, γίνονται επίσης κινήσεις για τη δημιουργία ενός ενιαίου Ευρωπαϊκού συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης και ενημέρωσης για την καθοριστική μείωση της διάδοσης ΧΕ (http://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/index_en.htm).

Όπως γίνεται αντιληπτό, η μελέτη του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής και ιδιαίτερα η έγκαιρη και έγκυρη ανίχνευση και ταυτοποίησή των ΧΕ, με σύγχρονες επιστημονικές μεθόδους (ανάλογες με αυτές που υποστηρίζει το εργαστήριο Δασικής Πληροφορικής) αποτελεί μια ζωτικής σημασίας πρόκληση. Η επίτευξη του ανωτέρω στόχου, μπορεί να επιβραδύνει την ανεξέλεγκτη επέκταση του

σημαντικότητας αυτού περιβαλλοντικού προβλήματος, να αυξήσει την πιθανότητα εξάλειψης των επιβλαβών αυτών ειδών και τελικά να αποφευχθεί η ανάγκη για δαπανηρές και μακροπρόθεσμες προσπάθειες ελέγχου.

Η πρόκληση αυτή απαιτεί:

- Την αποτελεσματική χρήση και τη βέλτιστη εκμετάλλευση της υπάρχουσας γνώσης.
- Τον αναλυτικό προσδιορισμό του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής και των παραμέτρων που το συνθέτουν.
- Τη διερεύνηση των επιμέρους συνθηκών που το ενισχύουν.
- Τον προσδιορισμό των άμεσων όσο και έμμεσων δυνητικών επιπτώσεων του.
- Τη δημιουργία νέων καινοτόμων μεθόδων μελέτης, ανάλυσης, μοντελοποίησης και πρόβλεψης.

Ο Καθηγητής κ Λάζαρος Ηλιάδης, Διευθυντής του εργαστηρίου Δασικής Πληροφορικής, το οποίο εργάζεται εδώ και χρόνια στην περιβαλλοντική έρευνα και στις αναδυόμενες ευφυείς τεχνολογίες, αντιλήφθηκε τη σοβαρότητα και την επιτακτική ανάγκη διερεύνησης του περιβαλλοντικού προβλήματος της κλιματικής αλλαγής και των συνεπειών της και ιδιαιτέρως του προβλήματος των ΧΕ, η διερεύνηση του οποίου με μεθόδους ΥΝ, αποτελεί ένα παρθένο πεδίο έρευνας στο οποίο μπορεί να εφαρμοστεί καινοτομία. Το εν λόγω πρόβλημα, προφανώς τοποθετείται και στον ευρύτερο επιστημονικό τομέα έρευνας του Τμήματος Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων.

Τέλος, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η ανάπτυξη του καινοτόμου ΥΠΠΣΥΝ, το οποίο είναι ικανό να μοντελοποιήσει και να προβλέψει επικίνδυνα φαινόμενα, αποτελεί έναν επιπλέον μηχανισμό υποστήριξης λήψης βέλτιστων αποφάσεων ενισχύοντας τους υπευθύνους επιχειρησιακού σχεδιασμού πολιτικής προστασίας. Ταυτόχρονα παρέχει απευθείας υπηρεσίες στους πολίτες για τη βελτίωση της ζωής τους, γεγονός και ενέργεια που το τοποθετεί στο γενικότερο πλαίσιο μετάδοσης και διάχυσης της επιστημονικής γνώσης του Τμήματος και της συμβολής της επιστήμης γενικότερα προς την κοινωνία.

Διάρθρωση Διατριβής

Στο πρώτο κεφάλαιο της Διδακτορικής διατριβής, παρουσιάζεται η ιδέα ανάπτυξης του προτεινόμενου Υβριδικού Προτύπου και Πληροφοριακού Συστήματος Υπολογιστικής Νοημοσύνης, ενώ στη συνέχεια αναλύεται διεξοδικά η αρχιτεκτονική και τα χαρακτηριστικά του συστήματος και των υποσυστημάτων του, καθώς και ο γενικότερος τρόπος ανάπτυξης και λειτουργίας του.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, επιχειρείται μια εμπειρισταωμένη και ενδεδειγμένη παρουσίαση των σημαντικότερων δημοσιευμένων μελετών που έχουν κατά καιρούς εκδοθεί και σχετίζονται με το θέμα της διδακτορικής διατριβής, ενώ παρουσιάζεται και αναλύεται το ερευνητικό κενό που εντοπίστηκε από την συγκεκριμένη ανασκόπηση και παρατίθενται τα συμπεράσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης.

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα περιβαλλοντικά προβλήματα που απασχόλησαν και αποτέλεσαν το κίνητρο για την έρευνα της συγκεκριμένης διατριβής. Συγκεκριμένα πραγματοποιείται μια αξιολογική μελέτη της κλιματικής αλλαγής και των παράλληλων φαινομένων που επιταχύνουν ή ενισχύουν τις αλλαγές του κλίματος, αλλά και των δυνητικών επιπτώσεων της. Ειδικότερα πραγματοποιείται έρευνα και ανάλυση των συνθηκών που καθορίζουν την ποιότητα της ατμόσφαιρας και των συνθηκών κάτω από τις οποίες δημιουργούνται υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές. Επίσης πραγματοποιείται έρευνα αναφορικά με τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής και συγκεκριμένα τις συνθήκες εμφάνισης των επικίνδυνων καιρικών φαινομένων, τους ουσιαστικούς παράγοντες επικινδυνότητας που σχετίζονται με τις δασικές πυρκαγιές και τις κλιματικές μεταβολές που επιτρέπουν την μετακίνηση και εγκατάσταση επιβλαβών Χωροκατακτητικών Ειδών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, μέσα από την περιγραφή της μεθοδολογικής προσέγγισης που ακολουθείται, παρουσιάζονται παράλληλα οι διαδικασίες οργάνωσης της έρευνας, οι τύποι των ευφών συνδυαστικών εφαρμογών και αλγορίθμων που αναπτύχθηκαν, ο τρόπος και οι παράμετροι λειτουργίας των εφαρμογών αυτών και οι τεχνικές ενσωμάτωσης και διασύνδεσης των εφαρμογών στο γενικό Πληροφοριακό σύστημα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η περιγραφή της συλλογής και των τεχνικών επεξεργασίας των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν και 14 μελέτες περίπτωσης, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε ρεαλιστικά σενάρια που εξομοιώνουν και μοντελοποιούν περιβαλλοντικά προβλήματα που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή και που ολοκληρώνονται από τα υποσυστήματα του πληροφοριακού συστήματος υπολογιστικής νοημοσύνης που προτείνεται.

Στο έκτο κεφάλαιο της Διδακτορικής διατριβής παρουσιάζεται μια γενική αποτίμηση και αξιολόγηση του πληροφοριακού συστήματος ΥΠΠΣΥΝ, ενώ παράλληλα αναλύονται τα βασικότερα πλεονεκτήματα και οι σοβαρότεροι περιορισμοί των εφαρμογών που αναπτύχθηκαν.

Στο έβδομο κεφάλαιο, πραγματοποιείται συζήτηση επί των αποτελεσμάτων, με σκοπό αυτά να συνδυαστούν ώστε να παρουσιαστεί το νόημα των πρωτογενών και δευτερογενών στοιχείων της έρευνας. Επίσης παρουσιάζεται η ακρίβεια και πληρότητα των ευρημάτων της, πραγματοποιείται μια αποτίμηση για την ισχύ των υποθέσεων καθώς και των γενικότερων σκοπών της. Ακόμη τεκμηριώνεται η καινοτομία και η συμβολή της Διδακτορικής διατριβής στο γενικότερο επιστημονικό πεδίο της επιστήμης της Δασολογίας, του Περιβάλλοντος και ιδιαίτερα της εφαρμοσμένης δασικής πληροφορικής. Τέλος, παρουσιάζονται και καταγράφονται τα συμπεράσματα επί των αποτελεσμάτων, τα οποία αποτελούν και το επιστέγασμα όλης της μελέτης και έρευνας που έχει πραγματοποιηθεί.

Στο όγδοο και τελευταίο κεφάλαιο της Διδακτορικής διατριβής παρουσιάζεται μια γενική, συνολική αποτίμηση των μεθοδολογιών που αναπτύχθηκαν και εντάσσονται στο ευρύτερο θεωρητικό και εφαρμοστικό πλαίσιο, συνοψίζονται τα βασικότερα πλεονεκτήματα αυτών που αναπτύχθηκαν, αναφέρονται μερικά εκ των σημαντικότερων καινοτόμων στοιχείων της διατριβής και καταγράφονται οι δυνητικοί περιορισμοί που εντοπίστηκαν. Τέλος η διατριβή ολοκληρώνεται με αναφορά σε πιθανές μελλοντικές κατευθύνσεις και προτεινόμενες βελτιώσεις του προτεινόμενου συστήματος προκειμένου αυτό να διατηρεί μόνιμα υψηλό δείκτη καινοτομίας και προσαρμοστικότητας σε νέες προκλήσεις.

Κατάλογος Δημοσιεύσεων

JOURNALS

ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ:

1. Ilias Bougoudis, Konstantinos Demertzis, Lazaros Iliadis (2015) “*HISYCOL a Hybrid Computational Intelligence System for Combined Machine Learning: The case of Air Pollution Modeling in Athens*” *Neural Computing and Applications* Springer, Impact factor **1,569** vol 27 number 5, pp. 1191-1206 DOI: 10.1007/s00521-015-1927-7
2. Ilias Bougoudis, Konstantinos Demertzis, Lazaros Iliadis, (2015) “*Fast and Low Cost Prediction of Extreme Air Pollution Values with Hybrid Unsupervised Learning*” *Integrated Computer-Aided Engineering*, Impact factor **4,698** IOS Press 23(2): pp. 115-127 (2016) DOI: 10.3233/ICA-150505
3. Konstantinos Demertzis, Lazaros Iliadis, Stavros Avramidis and Yousry A. El-Kassaby (2015) “*Machine learning use in predicting interior spruce wood density, utilizing progeny test information*” *Neural Computing and Applications*, Springer, Impact factor **1,569** DOI 10.1007/s00521-015-2075-9
4. Konstantinos Demertzis, Lazaros Iliadis, 2016 “*Detecting Invasive Species with a Bio-Inspired Semi Supervised Neurocomputing Approach: The Case of Lagocephalus Sceleratus*” *Neural Computing and Applications*, Impact factor **1,569** Springer, DOI 10.1007/s00521-016-2591-2
5. Konstantinos Demertzis, Lazaros Iliadis, 2016, “*Ladon: A Cyber-Threat Bio-Inspired Intelligence Management System*”, *Journal of Applied Mathematics & Bioinformatics*, vol.6, no.3, 2016, 45-64 ISSN: 1792-6602 (print), 1792-6939 (online) Science press

JOURNALS ΥΠΟ ΚΡΙΣΗ:

6. K. Demertzis, L. Iliadis, “*A Computational Intelligence System for Identification of Cyber-Attacks on Smart Energy Grids*” Springer book entitled **MODERN DISCRETE MATHEMATICS AND ANALYSIS: With Applications in Cryptography, Information Systems, and Modeling**, Springer
7. K. Demertzis, L. Iliadis, V.-D. Anezakis, “*A Hybrid Intelligent Cyber Security System for Smart Energy Grids*” *Artificial Intelligence Techniques for the Smart Grid*, Advances in Building Energy Research, Taylor & Francis
8. K. Demertzis, L. Iliadis, “*Real-time Computational Intelligence Protection Framework Against Advanced Persistent Threats*” Nova book publishers entitled **Cryptography, Cyber-Security and Information Warfare**

9. Demertzis K., L. Iliadis (2016) “*Computational Intelligence Anti-Malware Framework for Android OS*”, Vietnam Journal of Computer Science, Springer Publishing
10. O. Gamal El-Dien, K. Demertzis, B. Ratcliffe, L. Iliadis, Y. A. El-Kassaby (2016) “*Genome-Enabled Predication of Growth and Wood Traits of Interior Spruce Using Machine Learning Algorithms*”, BMC Bioinformatics, BioMed Central

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ

1. A Hybrid Network Anomaly and Intrusion Detection Approach Based on Evolving Spiking Neural Network Classification (2014), K. Demertzis - L. Iliadis, Proceedings, **5th International Conference on: “e-Democracy -Security, Privacy and Trust in a Digital World”**, E-Democracy, 2013, Athens, Greece, December 5-6, 2013, E-Democracy, Security, Privacy and Trust in a Digital World, Vol 441 of the series Communications in Computer and Information Science pp 11-23, DOI:10.1007/978-3-319-11710-2_2 Springer.
2. Bio-Inspired Hybrid Artificial Intelligence System for Cyber Security, (2014) K. Demertzis - L. Iliadis, Proceedings, **2nd International Conference on Cryptography, Network Security and Applications in the Armed Forces, 2nd CryptAAF 2014**, 2 April, Vari Campus of the Hellenic Military Academy, Athens, Greece Computation, Cryptography and Network Security pp 161-193, DOI 10.1007/978-3-319-18275-9_7, Springer.
3. Evolving Computational Intelligence System for Malware Detection, (2014) K. Demertzis - L. Iliadis, Proceedings **26th International Conference on Advanced Information Systems Engineering, CAISE 2014**, 16-20 June, Thessaloniki, Greece, LNBI Processing, Vol 178, 2014, pp 322-334, DOI:10.1007/978-3-319-07869-4_30, Springer.
4. Bio-Inspired Hybrid Intelligent Method for Detecting Android Malware, K. Demertzis - L. Iliadis (2014), Proceedings **9th International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems, KICSS’2014**, 6-8 November, Limassol, Cyprus, 2014, Selected Papers from KICSS’2014, pp 289-304, DOI:10.1007/978-3-319-27478-2_20, Springer.

5. Evolving Smart URL Filter in a Zone-based Policy Firewall for Detecting Algorithmically Generated Malicious Domains, (2015) K. Demertzis - L. Iliadis, Proceedings **Third International Symposium on Statistical Learning and Data Sciences, SLDS 2015**, April 20-23, Egham, UK, Book 2, pp 223-233, DOI:10.1007/978-3-319-17091-6_17, Springer.
6. SAME: An Intelligent Anti-Malware Extension for Android ART Virtual Machine, K. Demertzis, L. Iliadis, Proceedings **7th International Conference Computational Collective Intelligence, ICCCI 2015**, September 21-23, Madrid, Spain, Vol 9330 of the series Lecture Notes in Computer Science pp 235-245, DOI:10.1007/978-3-319-24306-1_23, Springer.
7. Intelligent Bio-Inspired Detection of Food Borne Pathogen by DNA Barcodes: The case of Invasive Fish Species Lagocephalus Sceleratus, (2015) K. Demertzis, L. Iliadis, Proceedings **16th International Conference Engineering Applications of Neural Networks, EANN 2015**, September 25-28, Rhodes, Greece, Vol 517 of the series Communications in Computer and Information Science pp 89-99, DOI:10.1007/978-3-319-23983-5_9, Springer.
8. A Hybrid Soft Computing Approach Producing Robust Forest Fire Risk Indices, (2016) V.-D. Anezakis, K. Dermetzis, L. Iliadis, S. Spartalis, Proceedings **12th IFIP International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations, AIAI 2016**, 16-18 September, Thessaloniki, Greece, Vol 475 of the series IFIP Advances in Information and Communication Technology, pp 191-203, DOI:10.1007/978-3-319-44944-9_17, Springer.
9. Semi-Supervised Hybrid Modeling of Atmospheric Pollution in Urban Centers, (2016) I. Bougoudis, K. Demertzis, L. Iliadis, A. Papaleonidas, Proceedings, **17th International Conference Engineering Applications of Neural Networks, EANN 2016**, September 2-5, Aberdeen, UK, Vol 629, of the series Communications in Computer and Information Science, pp 51-63, DOI:10.1007/978-3-319-44188-7_4 Springer.
10. Fuzzy cognitive maps for long-term prognosis of the evolution of atmospheric pollution, based on climate change scenarios: The case of Athens, (2016) V.-D. Anezakis, K. Demertzis, L. Iliadis, **Proceedings 8th International Conference Computational Collective Intelligence, ICCCI 2016**, September 28-30,

Halkidiki, Greece, Vol 9875 of the series Lecture Notes in Computer Science pp 175-186, DOI:10.1007/978-3-319-45243-2_16, Springer.

11. Adaptive Elitist Differential Evolution Extreme Learning Machines on Big Data: Intelligent Recognition of Invasive Species, (2016) K. Demertzis, L. Iliadis, **Proceedings International Neural Network Society Conference on Big Data 2016, INNS Conference on Big Data 2016**, October 23rd-25th, Thessaloniki, Greece, Advances in Big Data Vol 529 of the series Advances in Intelligent Systems and Computing pp 333-345, DOI:10.1007/978-3-319-47898-2_34, Springer.

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΔΙΗΜΕΡΙΔΩΝ ΜΕ ΚΡΙΣΗ

1. Δεμερτζής Κ., Λ. Ηλιάδης (2015) “*Γενετική Ταυτοποίηση Χωροκατακτητικών Ειδών με Εξελεγμένες Μεθόδους Τεχνητής Νοημοσύνης: Η Περίπτωση του Ασιατικού Κοινοπιού Τύγρης (Aedes Albopictus)*”, 3η Επιστημονική Διημερίδα στην Περιβαλλοντική Πολιτική και Φιλοσοφία. Κλιματική Αλλαγή: Διεπιστημονικές Προσεγγίσεις, Ορεστιάδα, 12-13 Μαΐου 2015
2. Βαρδής-Δημήτριος Ανεζάκης, Κωνσταντίνος Δεμερτζής, Λάζαρος Ηλιάδης, (2016) “*Πρόβλεψη Χαλαζοπτώσεων Μέσω Μηχανικής Μάθησης*” Proceedings of SafeEnvros 2016: Οι νέες τεχνολογίες στην υπηρεσία της Πολιτικής Προστασίας (SafeEnvros 2016)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΤΟΜΟΥ SPRINGER

ΥΠΟ ΚΡΙΣΗ

1. “*The Impact of Climate Change on Biodiversity: The Ecological Consequences of Introduced Species in Greece*”, K. Demertzis, L. Iliadis, Handbook of Climate Change Communication, Springer (in progress)

Ξένη Βιβλιογραφία

1. Abdi H. and Williams L. J., (2010), Principal component analysis, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2 (4): 433–459. doi:10.1002/wics.101.
2. Allen N.J., Barres B.A., (2009), Neuroscience: Glia - more than just brain glue, *Nature*, 457 (7230): 675–7. doi:10.1038/457675a. PMID 19194443.
3. Alvarado E., Sandberg D. V., Pickford S. G., (1998), Modeling Large Forest Fires as Extreme Events, *Northwest Science*, 72: 66–75.
4. Alvarez M., Rosasco L., Lawrence N., (2011), Kernels for Vector-Valued Functions: a Review, <http://arxiv.org/abs/1106.6251>.
5. Ameer A. and Linden O., (2008), Maritime traffic effects on biodiversity in the Mediterranean Sea: Review of impacts, priority areas and mitigation measures. Malaga, Spain: IUCN Centre for Mediterranean Cooperation. 184 pp, ISBN: 978-2-8317-1079-2.
6. Anantharajah K., Ge Z., McCool C., Denman S., Fookes C., Corke P., Tjondronegoro D., Sridharan S., (2014), Local inter-session variability modelling for object classification, *Applications of Computer Vision (WACV)*, 2014 IEEE Winter Conference on, DOI: 10.1109/WACV.2014.6836084, IEEE
7. Anastassopoulos G. and L. Iliadis, (2008), ANN for prognosis of abdominal pain in childhood: use of fuzzy modeling for convergence estimation, 18th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI 2008), 1st International Workshop on Combinations of Intelligent Methods and Applications, pp.1-5.
8. Anastasopoulos G., L. Iliadis, (2009), Intelligent hybrid modeling towards the prognosis of abdominal pain, *International Journal Of Hybrid Intelligent Systems*, Vol. 6, Num 4, pp. 245-255.
9. Arbib M.A., (2003), *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks*, The MIT Press.
10. Bagdonavicius V., Nikulin M. S., (2011), Chi-squared goodness-of-fit test for right censored data, *Journal of Applied Mathematics and Statistics*, p. 30-50.
11. Barrie P. (2009), *Climate Change, The Science, Impacts and Solutions*, 2nd Ed, 2009, CSIRO Pub.
12. Bartlett J. M. S., Stirling D., (2003), A Short History of the Polymerase Chain Reaction, *PCR Protocols. Methods in Molecular Biology*. 226 (2nd ed.). pp. 3–6. doi:10.1385/1-59259-384-4:3.
13. Baxter T. S., (2004), Lagrange Multipliers Tutorial in the Context of Support Vector Machines, <http://www.engr.mun.ca/~baxter/Publications/LagrangeForSVMs.pdf>
14. Bellman R. E., (2003), *Dynamic Programming*, Courier Dover Pub, ISBN 978-0-486-42809-3.
15. Ben-Gal I., (2007), *Encyclopedia of Statistics in Quality & Reliability*, Wiley & Sons.
16. Bengio Y., (2009), Learning deep architectures for AI, *Foundations and Trends in Machine Learning*, vol. 2, no. 1, pp. 1–127.
17. Biacino L., Gerla G., (2002), "Fuzzy logic, continuity and effectiveness", *Archive for Mathematical Logic*, 41 (7): 643–667. doi:10.1007/s001530100128. ISSN 0933-5846.
18. Bishop C.M., (2004), *Neural Networks for Pattern Recognition*, Oxford University Press.
19. Bluche T., Ney H., Kermorvant C., (2013), Feature Extraction with Convolutional Neural Networks for Handwritten Word Recognition, 12th International Conference on Document Analysis and Recognition, IEEE p. 285 – 289.
20. Bonabeau E., Dorigo M., Theraulaz G., (1999), *Swarm intelligence: from natural to artificial systems* (No. 1), Oxford university press.
21. Bougoudis I., L. Iliadis, A. Papaleonidas (2014) Fuzzy Inference ANN Ensembles for Air Pollutants Modeling in a Major Urban Area: The Case of Athens Proceedings of the 15th Engineering Applications of Neural Networks, 2014 Communications in Computer and Information Science) Vol 459, pp 1-14.
22. Breiman L. (2001), Random Forests, *Machine Learning*, 45 (1): 5–32. doi:10.1023/A:1010933404324.
23. Burr S., (2010), Active Learning Literature Survey, Computer Sciences Technical Report 1648, University of Wisconsin–Madison.
24. Cambria E., Huang G.-B., (2013), Extreme Learning Machines, *IEEE Intelligent Systems*.
25. Cao Y., Chen Y., Khosla D., (2014), Spiking deep convolutional neural networks for energy-efficient object recognition, *International Journal of Computer Vision*, pp. 1–13.
26. Caporale N., Dan Y., (2008), Spike timing-dependent plasticity: a Hebbian learning rule, *Annu Rev Neurosci*, 31: 25–46. doi:10.1146/annurev.neuro.31.060407.125639. PMID 18275283.
27. Carsten S., Ulrich M., Wiedemann C., (2008), *Machine Vision Algorithms and Applications*, Wiley-VCH. p. 1. ISBN 978-3-527-40734-7.
28. Caruana R., Niculescu-Mizil A., (2006), An empirical comparison of supervised learning algorithms, Proc. 23rd International Conference on Machine Learning. CiteSeerX: 10.1.1.122.5901.

29. Chapelle O., Schölkopf B., Zien A., (2006), *Semi-supervised learning*, MIT Press. ISBN 978-0-262-03358-9.
30. Chawla N. V., Bowyer K. W., Hall L. O., Kegelmeyer W. P., (2002), SMOTE: Synthetic Minority Over-sampling Technique, *Journal of Artificial Intelligence Research* vol 16 pp 321 -- 357.
31. Chizi, B. and Maimon O. (2005) *Dimensions Reduction and Feature Selection*, *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook: A Complete Guide for Practitioners and Researchers* pp 1189-1201.
32. Cortes C. and Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning*, 20, 273-297.
33. Cronholm S. and Goldkuhl G., 2003, *Strategies for Information Systems Evaluation –Six Generic Types*, *Electronic Journal of Information Systems Evaluation* Volume 6 Issue 2, 65-74
34. Cristianini N. and Shawe-Taylor J., (2000), *An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-based Learning Methods*, Cambridge University Press.
35. Dejean T., Valentini A., Duparc A., Pellier-Cuit S., Pompanon F., Taberlet P., Miaud C., (2011), Persistence of environmental DNA in freshwater ecosystems. *PLoS ONE* 6(8): e23398.
36. DeLone, W. H., and McLean, E. R., (1992), *Information Systems Success: The Quest for the Dependent Variable*. *Information Systems Research*. 3 (1), pp 60-95.
37. Delworth T., Broccoli A. J., Rosati A., Stouffer R. J., Balaji V., Beesley J. A., Cooke W. F., Dixon K. W., Dunne J. (2006), GFDL's CM2 global coupled climate models—Part 1: Formulation and simulation characteristics, *Climate*, 19 (5): 643–74. doi:10.1175/JCLI3629.1.
38. Demertzis K. and Iliadis L., (2015a), *Bio-Inspired Hybrid Artificial Intelligence Framework for Cyber Security, Computation, Cryptography, and Network Security* pp 161-193, *Computation, Cryptography, and Network Security*, DOI 10.1007/978-3-319-18275-9_7, Springer.
39. Demertzis K. and Iliadis L., (2015b), *SAME: An Intelligent Anti-Malware Extension for Android ART Virtual Machine*, *Computational Collective Intelligence*, Volume 9330 of the series *Lecture Notes in Computer Science* pp 235-245, 7th International Conference, ICCCI 2015, Madrid, Spain, September 21-23, 2015, Proceedings, Part II, DOI 10.1007/978-3-319-24306-1_23, Springer.
40. Demertzis K. and Iliadis L., (2015c), *Evolving Smart URL Filter in a Zone-based Policy Firewall for Detecting Algorithmically Generated Malicious Domains*, *Statistical Learning and Data Sciences* Volume 9047 of the series *Lecture Notes in Computer Science* pp 223-233, Third International Symposium, SLDS 2015, Egham, UK, April 20-23, 2015, Proceedings, DOI 10.1007/978-3-319-17091-6_17, Springer.
41. Demertzis K. and Iliadis L., (2014a), *Bio-Inspired Hybrid Intelligent Method for Detecting Android Malware*, *Proceedings of 9th International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems (KICSS 2014)*, Limassol, Cyprus, ISBN: 978-9963-700-84-4, DOI: 10.1007/978-3-319-27478-2_20, In book: *Knowledge, Information and Creativity Support Systems*, pp.289-304.
42. Demertzis K. and Iliadis L., (2014b), *Evolving Computational Intelligence System for Malware Detection*, *Advanced Information Systems Engineering Workshops* Volume 178 of the series *Lecture Notes in Business Information Processing* pp 322-334, CAiSE 2014 International Workshops, Thessaloniki, Greece, June 16-20, 2014. Proceedings, DOI 10.1007/978-3-319-07869-4_30, Springer.
43. Demertzis K. and Iliadis L., (2013), *A Hybrid Network Anomaly and Intrusion Detection Approach Based on Evolving Spiking Neural Network Classification*, *E-Democracy, Security, Privacy and Trust in a Digital World* Volume 441 of the series *Communications in Computer and Information Science* pp 11-23, 5th International Conference, E-Democracy 2013, Athens, Greece, December 5-6, 2013, Revised Selected Papers, DOI 10.1007/978-3-319-11710-2_2, Springer.
44. Deng L., Yu D., (2014), *Deep Learning: Methods and Applications*, *Foundations and Trends in Signal Processing*, pp 197–387, (7):3–4.
45. Deselaers T., Hasan S., Bender O., Ney H., (2009), *A Deep Learning Approach to Machine Transliteration*. *StatMT '09*, pages 233–241.
46. Dhar S., Ordonez V., Berg T. L., (2011), *High Level Describable Attributes for Predicting Aesthetics and Interestingness*, *Computer Vision and Pattern Recognition*, IEEE. pp 1657 – 1664.
47. Diehl P. U., Neil D., Binas J., Cook M., Liu S. C., Pfeiffer M., (2015), *Fast-Classifying, High-Accuracy Spiking Deep Networks Through Weight and Threshold Balancing*, *IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*.
48. Dodge Y., (2003), *The Oxford Dictionary of Statistical Terms*, OUP. ISBN 0-19-920613-9.
49. Donos C., Duemoelmann M., Schulze-Bonhage A. (2015), *Early Seizure Detection Algorithm Based on Intractable EEG and Random Forest Classification*, *IJNS*, 25:5, 1550023.
50. Driessens K., Reutemann P., Pfahringer B., Leschi C., (2006), *Using Weighted Nearest Neighbor to Benefit from Unlabeled Data*, *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*, Vol 3918 of the series *Lecture Notes in Computer Science* pp 60-69.

51. Duda R. O., Hart P. E., Stork D. G., (2001), *Unsupervised Learning and Clustering, Pattern classification* (2nd ed.), Wiley, ISBN 0-471-05669-3.
52. Dustdar, S., Schreiner, W. (2005). "A survey on web services composition". *International Journal of Web and Grid Services*. 1: 1., doi:10.1504/IJWGS.2005.007545
53. Eberhart R. C. and Kennedy J., (1995), A new optimizer using particle swarm theory, *Proceedings of the sixth international symposium on micro machine and human science* pp. 39-43, IEEE.
54. Efron B., (1979), Bootstrap methods: Another look at the jackknife. *The Annals of Statistics*, 7(1), 1-26.
55. Efron B. and Tibshirani R., (1993), *An Introduction to the Bootstrap*. Chapman & Hall/CRC.
56. Efron B. and Tibshirani R. (1997), Improvements on cross-validation: The .632 + Bootstrap Method, *American Statistical Association*, 92(438), 548-560.
57. Engelbrecht A. P., (2007), *Computational Intelligence: An Introduction*, 2nd Ed., Wiley & Sons.
58. Falah Y. H. A., Bariah Y., Haza N. A. H., (2014), *Computing with Spiking Neuron Networks A Review*, *Advanced Soft Computing Application*, Vol. 6, No. 1, ISSN 2074-8523.
59. Faramarz V., (2002), *Pattern Recognition Techniques in Microarray Data Analysis*, *Annals of the NY Academy of Sciences*. 980 (1): 41–64. doi:10.1111/j.1749-6632.2002.tb04888.
60. Floreano D., Mattiussi C., (2008), *Bio-Inspired Artificial Intelligence Theories, Methods, and Technologies*, The MIT Press.
61. Friedman N., Geiger D., Goldszmidt M., (1997), Bayesian Network Classifiers, *Machine Learning*, 29 (2-3): 131–163.
62. From single neurons to networks and models of cognition, (2011) <http://neurondynamics.epfl.ch/index.html>
63. Fulekar M.H., (2009) *Bioinformatics: Applications in Life and Environmental Sciences*, Springer (pp. 110) ISBN 1-4020-8879-5
64. Gandomi A. H., Yang X. S., Alavi A. H., (2013), Cuckoo search algorithm: a metaheuristic approach to solve structural optimization problems, *Engineering Computing* 29 (1):17–35.
65. Gerstner W., (2001), "Spiking Neurons", In Wolfgang Maass; Christopher M. Bishop. *Pulsed Neural Networks*, MIT Press. ISBN 0-262-63221-7.
66. Gerstner and Kistler, (2002), *Spiking Neuron Models. Single Neurons, Populations, Plasticity*, Cambridge.
67. Giannakopoulos T., (2015) *pyAudioAnalysis: An Open-Source Python Library for Audio Signal Analysis*. *PLoS ONE* 10(12): e0144610. doi:10.1371/journal.pone. 0144610.
68. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A., (2016), *Deep Learning*. MIT Press.
69. Grossman R., Seni G. Elder J., Agarwal N., Liu H., (2010), *Ensemble Methods in Data Mining: Improving Accuracy Through Combining Predictions*. Morgan & Claypool. doi:10.2200/S00240ED1V01Y200912DMK002.
70. Guillaume S., (2001), Designing fuzzy inference systems from data: an interpretability-oriented review, *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, 9(3), 426-443.
71. Guyon I., Elisseeff A., (2003), An Introduction to Variable and Feature Selection, *Journal of Machine Learning Research* 3(Mar):1157-1182, 2003.
72. Hall P., Park B. U., Samworth R. J., (2008), Choice of neighbor order in nearest-neighbor classification, *Annals of Statistics*. 36 (5): 2135–2152. doi:10.1214/07-AOS537.
73. Han J., Kamber M., Pei J., (2011) *Data Mining Concepts and Techniques*, Morgan Kaufmann Publishers.
74. Hatzimichailidis A.G., Papakostas G.A., Kaburlasos V.G., (2012), A study on fuzzy D-implications, In *Proceedings of the 10th International Conference on Uncertainty Modeling in Knowledge Engineering and Decision Making (FLINS 2012)*, 26-29 August.
75. Haykin S., (1999), *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, Prentice Hall, ISBN 0-13-273350-1.
76. Hebert P. D N., Ball C. A., DeWaard S. L., (2003), Biological identifications through DNA barcodes, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1691236/pdf/12614582.pdf>.
77. Herbrich R., (2002), *Learning Kernel Classifiers: Theory and Algorithms*, The MIT Press.
78. Herder E., Valentini A., Bellemain E., Dejean T., van Delft J, Thomsen P., Taberlet P., (2014), *Environmental DNA - a review of the possible applications for the detection of (invasive) species*. Stichting RAVON, Nijmegen. Rapport 2013-104.
79. Hirose A., (2003), *Complex-Valued Neural Networks: Theories and Applications* (Series on Innovative Intelligence, 5), World Scientific.
80. Ho-Huu V, Nguyen T, Vo-Duy T, Nguyen-Trang T, (2016) An adaptive elitist differential evolution for optimization of truss structures with discrete design variables *Computers & Structures*, Vol 165 pp 59–75.

81. Hodgkin A. L., Huxley A. F., (1952), A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve, *The Journal of Physiology*, 117 (4): 500–544, doi:10.1113/jphysiol.1952.sp004764, PMID 12991237.
82. Huang G. B., Zhu Q. Y., Siew C. K., (2006), Extreme learning machine: theory and applications, *Neurocomputing*, 70 (1): 489–501. doi:10.1016/j.neucom.2005.12.126, CiteSeerX:10.1.1.217.3692.
83. Huang G., Song S., Gupta J.N., Wu C., (2014), Semi-supervised and unsupervised extreme learning machines, *IEEE Transactions on Cybernetics*, doi: 10.1109/TCYB.2014.2307349.
84. Huang G.-B., (2003), Learning capability and storage capacity of two-hidden-layer feedforward networks, *IEEE Transactions on Neural Networks*, 14(2), 274-281.
85. Huang G.-B., Chen L., Siew, C.-K., (2006), Universal approximation using incremental constructive feedforward networks with random hidden nodes, *IEEE Transactions on Neural Networks* 17(4), 879-892.
86. Huang G.-B., (2014), *An Insight into Extreme Learning Machines: Random Neurons, Random Features and Kernels*, DOI:10.1007/s12559-014-9255-2, Springer.
87. Huang G.-B (2015), What are Extreme Learning Machines? Filling the Gap Between Frank Rosenblatt's Dream and John von Neumann's Puzzle, *Cognitive Computing*. 7. doi:10.1007/s12559-015-9333-0.
88. Izhikevich E.M., Desai N.S., Walcott E.C., Hoppensteadt F.C., (2003), Bursts as a unit of neural information: selective communication via resonance, *Trends in Neuroscience*, 26:161-167.
89. Izhikevich E.M., (2007), *Dynamical Systems in Neuroscience: The Geometry of Excitability and Bursting*, The MIT Press.
90. Jang J.S.R., Sun C.T., Mizutani E., (1997), *Neuro-fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*, Upper Saddle River, Prentice Hall.
91. Jang R., (1993), ANFIS: Adaptive-Neuro Network Based Fuzzy Inference Systems, *IEEE Transactions on Systems, Man & Cybernetics*, pp 665-685.
92. Japkowicz N., (2000), *Learning from Imbalanced Data Sets: A Comparison of Various Strategies*, AAAI Technical Report WS-00-05.
93. John McCarthy, (1989), *Artificial Intelligence, Logic and Formalizing Common Sense*, Klüver Academic.
94. Iliadis L., Spartalis S., Paschalidou A., Kassomenos (2007). "Artificial Neural Network Modelling of the surface Ozone concentration" *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTATIONAL AND APPLIED MATHEMATICS* Vol 2, No 2, pp.125-138.
95. Iliadis L., Papastavrou A., Lefakis P. (2002a). "A computer-system that classifies the prefectures of Greece in forest fire risk zones using fuzzy sets" *FOREST POLICY AND ECONOMICS* 4/1 (2002) pp. 43-54.
96. Iliadis L., Papastavrou A., Lefakis P. (2002b). "A Heuristic Expert System for Forest Fire Guidance in Greece" *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT* Vol. 65, Issue 3. pp. 327-336.
97. Iliadis L. (2004) "A decision support system unifying partial environmental risk indices by using fuzzy intersection operators: the case of forest fires". *Proceedings ISBN: 960-287-048-6 HAICTA (Information Systems & Innovative Technologies in Agriculture, Food and Environment)* pp. 7-16.
98. Iliadis L. (2005) "A decision support system applying an integrated Fuzzy model for long - term forest fire risk estimation" *Environmental Modelling And Software* Vol 20, Issue 5, pp. 613-621.
99. Iliadis L., M Vaggeloudh, S. Spartalis (2008). "An Intelligent fuzzy c-means clustering software with fuzzy termination criterion : The case of forest fires in Greece " *Proceedings 4th conference HAICTA ICT in Bio and Earth Sciences* pp. 432-437. Agricultural University of Athens 2008. ISBN: 978-960-387-725-7.
100. Iliadis L., N. Zigmikrika (2010) "Performing Fuzzy Multi-feature Scenarios for the Determination of Forest Fire Risk" *Proceedings 3rd International Conference on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food, Forestry and Environment ITAFFE 2010* pp. 170-177 ISBN: 978-975-7636-71-7.
101. Iliadis Lazaros, M. Vangeloudh, S. Spartalis (2010a). "An intelligent system employing an enhanced fuzzy c-means clustering model: Application in the case of forest fires". *Journal COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE* Volume 70 Issue 2, March 2010 pp. 276-284 Elsevier Science.
102. Iliadis L., S. Skopianos, S. Tachos, and S. Spartalis (2010b) "A Fuzzy Inference System Using Gaussian Distribution Curves for Forest Fire Risk Estimation" *Proceedings 6th AIAI 2010, (International Conference of Artificial Intelligence Applications and Innovations) Springer LNCS (Lecture Notes in Computer Science) IFIP AICT 339*, pp. 376–386 IFIP, ISBN: 978-3-642-16238-1 Cyprus.
103. Iliadis L., Stergios Skopianos, Stavros Tachos and Stepanhos Spartalis (2011) "Testing Sigmoid and Gaussian fuzzy sets towards forest fire risk modeling" *Engineering Intelligent Systems* Volume 18 Nos 3/4 September/December 2010 pp.125-132 Curtin University of Technology, Australia, CRL Publishing.
104. Iliadis L., Nikoleta Zigmikrika (2011) "Evaluating fuzzy multifeature scenarios for forest fire risk estimation" *Journal Of Information Technology In Agriculture* Vol 4 #1 /2011, ISSN: 1546-959X.

105. Iliadis L., T Betsidou, (2011) "Soft Computing modeling of wild fire Risk Indices: the risk profile of Peloponnesus region in Greece": "E-Agriculture and Rural Development: Global Innovations and Future Prospects" IGI Global Publishers of Science and Technology, Pennsylvania, Professor B.M. Maumbe, Davis College of Agriculture, Natural Resources and Design, USA ISBN: 978-1-4666-2655-3.
106. Iliadis L., A. Papaleonidas, (2009). "Intelligent Agents Networks Employing Hybrid Reasoning: Application in Air Quality Monitoring and Improvement" Communications in Computer and Information Science Vol 43 pp 1-16. SPRINGER, 11th Engineering Applications of Neural Networks London.
107. Kaburlasos V.G. and Kehagias A., (2007), Novel fuzzy inference system (FIS) analysis and design based on lattice theory, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 15(2), 243-260.
108. Kaburlasos V.G. and Kehagias A., (2014), Fuzzy inference system (FIS) extensions based on lattice theory, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 22(3), 531-546.
109. Kaburlasos V.G., (2006), Towards a Unified Modeling and Knowledge-Representation Based on Lattice Theory, Springer, series: Studies in Computational Intelligence, 27.
110. Kalchbrenner N., Grefenstette E., Blunsom. P., (2014) A convolutional neural network for modelling sentences, arXiv:1404.2188.
111. Kang B., Deng Y., Sadiq R., Mahadevan S., (2012), Evidential cognitive maps. Knowledge-Based Systems, 35, 77-86.
112. Karapilafis G., Lazaros Iliadis, Stefanos Spartalis, S., Katsavounis, and Elias Pimenidis (2013) "Modeling Spatiotemporal Wild Fire Data with Support Vector Machines and Artificial Neural Networks" Proceedings tou 14th Engineering Applications of Neural Networks, Chalkidiki, CCIS 383 pp 132–143.
113. Karnik N.N., Mendel J.M., Liang Q., (1999), Type-2 fuzzy logic systems, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 7(6), 643-658.
114. Kasabov N., (2007), Evolving Connectionist Systems: Methods and Applications in Bioinformatics, Brain Study and Intelligent Machines (Perspectives in Neural Computing) 1st Ed., Springer.
115. Kasabov N., (2014), Evolving Spiking Neural Networks for Personalised Modelling of Spatio-Temporal Data and Early Prediction of Events: A Case Study on Stroke. Neurocomputing, vol .134, 269-279, 2014.
116. Kennedy J. and Eberhart R.C., (2001), Swarm Intelligence, ISBN 1-55860-595-9, Morgan Kaufmann.
117. Kheifets J., Rozhavsky B., Solomonovich Z.G., Rodman M., Soroksky A., (2012), Severe Tetrodotoxin Poisoning after Consumption of Lagocephalus sceleratus (Pufferfish, Fugu) Fished in Mediterranean Sea, Treated with Cholinesterase Inhibitor. Case Reports in Critical Care, Vol 2012, Article ID 782507, p. 3.
118. Klir G.J. and Yuan B., (1995), Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications, Prentice Hall.
119. Kohavi R., (1995), A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection, In: Proceedings of the Fourteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence 2 (12): 1137-1143, Morgan Kaufmann.
120. Kohonen T., (1997), Self-organizing maps, Springer-Verlag, Inc. Secaucus, NJ, ISBN:3-540-62017-6
121. Kotsiantis S., Kanellopoulos D. , Pintelas P. , "Data Preprocessing for Supervised Learning", International Journal of Computer Science, 2006, Vol 1 N. 2, pp 111–117
122. Koven C. D., Riley W. J., (2012), Analysis of permafrost thermal dynamics and response to climate change in the CMIP5 Earth System Models. Journal of Climate.
123. Kress W. J., Wurdack K. J., Zimmer E. A., Weigt L. A., Janzen D. H., (2005), Use of DNA barcodes to identify flowering plants, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 102 (23): 8369–74.
124. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G., (2012), Imagenet classification with deep convolutional neural networks, In: NIPS, pp. 1106–1114.
125. Law K., (2012), Air Pollution and Climate Change, special Thematic Issues of Science for Environment Policy, European Commission.
126. Li X., Yin M., (2012), Application of differential evolution algorithm on self-potential data, PLoS One 7(12):e51199. doi:10. 1371/journal.pone.0051199.
127. Lyon R. F., (2010), Machine Hearing: An Emerging Field, IEEE Signal Process Mag, vol. 27, pp 131-139.
128. Mamdani E.H. and Assilian S., (1975), An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller, International Journal of Man-Machine Studies, 7(1):1-13.
129. Manzato A. (2013), Hail in Northeast Italy: A neural network ensemble forecast using sounding-derived indices Weather and Forecasting, Vol 28 Issue1:3-28.
130. Marinakis Y., Marinaki M., Dounias G., Jantzen J., Bjerregaard B., (2009), Intelligent and Nature Inspired Optimization.
131. Martinetz T., Berkovich S., Schulten K., (1993), Neural-gas, Network for Vector Quantization and its Application to Time-Series Prediction. IEEE-Transactions on Neural Networks, 4(4):558-569.

132. Mayer-Schönberger V. and Cukier K., 2013, *Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think*, ISBN 0544002695, Houghton Mifflin Harcourt.
133. Mell P., Grance T., (2011). *The NIST Definition of Cloud Computing (Technical report)*. National Institute of Standards and Technology: U.S. Department of Commerce. doi:10.6028/NIST.SP.800-145. Special publication 800-145
134. Mendel J.M., (2014), General type-2 fuzzy logic systems made simple: a tutorial, *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, 22(5), 1162-1182.
135. Miller W., (2001), The structure of species, outcomes of speciation and the species problem: Ideas for paleobiology, *Palaeoclimatology Palaeoecology Vol 176*, pp1–10.
136. Milios E. (2010) Facilitation process and sprouting ability as silvicultural tools in the frame of climate change. *Proceedings of Plenary Lectures of the International Scientific Conference: Forest Ecosystems and Climate Changes, Belgrade, Serbia 9-10 March 2010*. Pp 137-142.
137. Milios E., Stampoulidis A., Papageorgiou A. (2013) Application of Meta-Analysis in Forestry Related Topics. *Short Communication. Forest Systems* 22(2): 578-581.
138. Mitchell T., (1997), *Machine Learning*, McGraw Hill, ISBN 0-07-042807-7, p.2.
139. Mohri M., Rostamizadeh A., Talwalkar A., (2012), *Foundations of Machine Learning*, The MIT Press ISBN 9780262018258.
140. Murphy K. P., (2012), *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*, The MIT Press.
141. Nemirovsky J., Shimron E. (2015), Utilizing Bochners Theorem for Constrained Evaluation of Missing Fourier Data, arXiv:1506.03300.
142. *Neural Excitability, Spiking, and Bursting. International Journal of Bifurcation and Chaos*, 10:1171-1266.
143. Nguyen H.T. and Walker E.A., (2005), *A First Course in Fuzzy Logic*. 3rd ed., Chapman & Hall /CRC.
144. Nikolić D, Muresan R. C., Feng W., Singer W., (2012), Scaled correlation analysis: a better way to compute a cross-correlogram, *European Journal of Neuroscience* doi:10.1111/j.1460-9568.2011.07987.
145. Oliver J. E., (2005), *Encyclopedia of World Climatology*. Springer. p. 401. ISBN 978-1-4020-3264-6.
146. O'Brien M., (2014), *Climate Change: Evidence and Causes*, U.S. National Academy of Sciences and The Royal Society, <http://dels.nas.edu/resources/static-assets/exec-office-other/climate-change-full.pdf>.
147. Papageorgiou E. I., Stylios C. D., Groumpos, P.P., (2003), Fuzzy cognitive map learning based on nonlinear Hebbian rule, *Advances in Artificial Intelligence*, (LNAI 2903, pp. 254-266), Springer.
148. Papageorgiou E.I., Stylios C.D., Groumpos P.P., (2004), Active Hebbian learning algorithm to train fuzzy cognitive maps, *International Journal of Approximate Reasoning*, 37(3), 219-249.
149. Papageorgiou E. I. and Kannappan A., (2012), Fuzzy cognitive map ensemble learning paradigm to solve classification problems: application to autism identification, *Applied Soft Computing*, 12(12), 3798-3809.
150. Papageorgiou E. I., (2012), Learning algorithms for fuzzy cognitive maps - a review study, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C*, 42(2), 150-163.
151. Papageorgiou E. I. and Iakovidis D. K., (2013), Intuitionistic fuzzy cognitive maps, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 21(2), 342-354.
152. Papageorgiou E. I. and Salmeron J. L., (2013), A review of fuzzy cognitive maps research during the last decade, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 21(1), 66-79.
153. Papageorgiou E.I., (2014), *Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering - From Fundamentals to Extensions and Learning Algorithms*, Intelligent Systems Reference Library 54, Springer, ISBN 978-3-642-39738-7.
154. Papakostas G.A., Papageorgiou E.I., Kaburlasos V.G., (2015), Linguistic Fuzzy Cognitive Map for pattern recognition, In *IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)*.
155. Papakonstantinou X., Lazaros S. Iliadis, Elias Pimenidis, Fotis P. Maris (2011) "Fuzzy Modeling of the Climate Change Effect to Drought and to Wild Fires in Cyprus" *Proceedings ISQLIS Workshop Corfu (Information Systems for Quality of Life Information Services) Springer LNCS (Lecture Notes in Computer Science) IFIP AICT 363*, (1) pp. 516-528, 2011.
156. Papaleonidas A. L. Iliadis (2012) a "Hybrid and Reinforcement Multi Agent Technology for Real Time Air Pollution Monitoring" *Proceedings 8th AIAI (Artificial Intelligence Applications and Innovations), Chalkidiki Springer LNCS IFIP AICT 381*, pp. 274-284.
157. Papaleonidas A., L. Iliadis (2013), Neurocomputing techniques to dynamically forecast spatiotemporal air pollution data. *Journal Evolving Systems vol 4 (4): SPRINGER*, pp. 221-233.
158. Papaleonidas A., L. Iliadis (2012), "Employing ANN That Estimate Ozone in a Short-Term Scale When Monitoring Stations Malfunction" *Proceedings 13th EANN (Engineering Applications of Neural Networks), London, UK, CCIS 311*, pp. 71–80.

159. Pinho A., Pratas D., (2014), MFCompress: a compression tool for FASTA and multi-FASTA data, *Bioinformatics*. 30 (1): 117–118. doi:10.1093/bioinformatics/btt594. PMID 24132931.
160. Pittock B. A., (2009), *Climate Change: The Science, Impacts and Solutions*, CSIRO Publishing.
161. Poli R., (2008), Analysis of the publications on the applications of particle swarm optimisation, *Journal of Artificial Evolution and Applications*, pp 1–10, doi:10.1155/2008/685175.
162. Polycarpou M. M., (2013), Computational intelligence in the undergraduate curriculum, *IEEE Computational Intelligence Magazine*, vol. 8, no. 2, p. 3.
163. Pontikakos C, Tsiligiridis T, (2010), Location aware system for olive fruit fly spray, *EnviroInfo*, p 295.
164. Press W. H., Teukolsky S. A., Vetterling W. T., Flannery B. P., (2007), Section 16.5. Support Vector Machines, *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing* (3rd ed.), New York: Cambridge University Press, ISBN 978-0-521-88068-8.
165. Qin A. K., Suganthan P. N., (2004), Robust growing neural gas algorithm with application in cluster analysis, *US National Library of Medicine National Institutes of Health*, DOI: 10.1016/j.neunet.2004.06.013.
166. Qu Y. P., Shen Q., Parthala N. M., Wu W., (2010) Extreme Learning Machine for Mammographic Risk Analysis, *UK Workshop on Computational Intelligence*, 1-5.
167. Rahel F. and Olden J. D., (2008), Assessing the Effects of Climate Change on Aquatic Invasive Species, *Vol 22, No. 3*, 521–533, *Society for Conservation Biology*.
168. Rakhlin A., Sridharan K., Tewari A., Online Learning via Sequential Complexities, *Journal of Machine Learning Research* 16(Feb):155–186, 2015.
169. Ramakrishnan R., Gehrke J. (2003), *Database Management Systems*, 3rd edition, McGraw-Hill, ISBN:0072465638 9780072465631
170. Rokach L., (2010), Ensemble-based classifiers, *Artificial Intelligence Review* 33 (1-2): 1–39. doi:10.1007/s10462-009-9124-7.
171. Rosasco L., De Vito E. D., Caponnetto A., Piana M., Verri A., (2004), Are Loss Functions All the Same?, *Neural Computation*, 16 (5): 1063–1076. doi:10.1162/089976604773135104.
172. Russakovsky O., Deng J., Su H., Krause J., Satheesh S., Ma S., Huang Z., Karpathy A., Khosla A., Bernstein M., Berg A., Fei-Fei L., *ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge*, 2015.
173. Russell E. and Norvig P., (2003), *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, ISBN-13: 860-1419506989,
174. Salmeron J. L., (2010), Modelling grey uncertainty with Fuzzy Grey Cognitive Maps, *Expert Systems with Applications*, 37(12), 7581-7588.
175. Samworth R. J., (2012), Optimal weighted nearest neighbour classifiers, *Annals of Statistics*. 40 (5): 2733–2763. doi:10.1214/12-AOS1049.
176. Seinfeld J.H. and Pandis S.N., 1998: *Atmospheric Chemistry and Physics. From Air Pollution to Climate Change*. John Wiley & Sons.
177. Schindler S, Staska B, Adam M, Rabitsch W, Essl F (2015) Alien species and public health impacts in Europe: a literature review. *NeoBiota* 27: 1-23. doi: 10.3897/neobiota.27.5007
178. Schölkopf B. and Smola A.J., (2002), *Learning with Kernels, Support Vector Machines, Regularization, Optimization, and Beyond*, The MIT Press.
179. Sen P., Namata G., Bilgic M., Getoor L., Galligher B., Eliassi-Rad T., (2008), Collective classification in network data. *AI Magazine*, 29(3):93, ISSN 0738-4602.
180. Siddique N. and Adeli Hojjat, (2013), *Computational Intelligence: Synergies of Fuzzy Logic, Neural Networks and Evolutionary Computing*, Wiley & Sons, ISBN 978-1-118-53481-6.
181. Simberloff D., Rejmanek M., (2011), *Encyclopedia of Biological Invasions*, ISBN: 9780520264212, University of California Press.
182. Spartalis S., L.Iliadis, (2007), Artificial Neural Networks employing Fuzzy Numbers for rapid risk estimation, *Advances in Fuzzy Mathematics* (Research India Publications), Vol 2, Num 1-2, p 51-64.
183. Spartalis S., L.Iliadis, F.Maris, (2007), An Innovative Risk evaluation System estimating its own Fuzzy Entropy, *Mathematical and Computer Modelling* (Elsevier), Vol 46, issues 1-2, p. 260-267.
184. Sridevi N., Subashini P., (2013) Combining Zernike Moments with Regional features for Classification of Handwritten Ancient Tamil Scripts using Extreme Learning Machine, *IEEE Emerging Trends in Computing, Communication and Nanotechnology*, 158-162.
185. Sueur J., Pavoine S., Hamerlynck O., Duvail S., (2008), Rapid Acoustic Survey for Biodiversity Appraisal, *PLoS ONE* 3 (12): e4065. doi:10.1371/journal.pone.0004065,
186. Sugeno M. and G. T. Kang, (1988), Structure identification of fuzzy models, *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 28, pp. 15-33.

187. Suykens J.A.K., Gestel T.V., De Brabanter J., De Moor B., Vandewalle J., (2002), *Least Squares Support Vector Machines*, World Scientific Publishing.
188. Szczuka M., Skowron A., Jankowski A., Ślęzak D., (2016) *Granular Computing: From Granules to Systems* Published Online DOI:10.1002/047134608, Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering.
189. Takagi T. and Sugeno M., (1985), Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control, *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, 15(1), 116-132.
190. Tanenbaum, A. S. (2008). *Modern Operating Systems* (3rd ed.). Prentice Hall. pp. 50–51. ISBN 0-13-600663-9.
191. Tang Y. and Elasmith C., (2010), Deep networks for robust visual recognition, in *International Conference on Machine Learning*. Citeseer, vol. 28.
192. Theodoridis S. and Koutroumbas K., (2003), *Pattern Recognition* (2nd ed.), Academic Press - Elsevier.
193. Thorpe S., Fize D., Marlot C., (1996), Speed of processing in the human visual system, *US National Library of Medicine National Institutes of Health, Nature*, 381(6582):520-2.
194. Tim R., McClanahan, Cinner E. J., (2010), *Adapting to a Changing Environment: Confronting the Consequences of Climate Change*, Oxford University Press.
195. Tsataltzinos T., L. Iliadis, S. Spartalis (2009a) Sensitivity Analysis of Forest Fire Risk Factors and Development of a Corresponding Fuzzy Inference System: The Case of Greece Proceedings of the 11th EANN (Engineering Applications of Neural Networks) Communications in Computer and Information Science CCIS Vol. 43, p.p.313-324 SPRINGER Berlin, Heidelberg, New York, ISBN-10-3-642-03968-5.
196. Tsataltzinos T., L. Iliadis, S. Spartalis (2009b). "An intelligent Fuzzy Inference System for risk estimation using Matlab platform: The case of forest fires in Greece" 5th IFIP AIAI (Artificial Intelligence Applications and Innovations) Conference April 23-25 2009, pp 303-311 ISSN:1571-5736/1861-2288 (internet) ISBN: 978-1-4419-0220-7 eISBN:978-1-4419-0221-4.
197. Tsataltzinos T., Lazaros Iliadis, S. Spartalis (2010). "A fuzzy Inference rule-Based System for the estimation of Forest Fire Risk: The case of Greece" *Engineering Intelligent Systems* Volume 18 /2010, no 1, March 2010 pp. 59-67 Curtin University of Technology, Australia, CRL Publishing.
198. Tsataltzinos T., Lazaros S. Iliadis, Stefanos Spartalis (2011). "A Generalized Fuzzy-Rough Set Application for Forest Fire Risk Estimation Feature Reduction" *Proceedings 7th AIAI Κέρκυρα, (Artificial Intelligence Applications and Innovations)*, Springer LNCS (Lecture Notes in Computer Science) IFIP AICT 364, (2) 2011: pp. 332-341 ISBN: 978-3-642-23956-4 ISBN: 978-3-642-23959-5.
199. Tsiligiridis T, C Pontikakos, D Perdikis (2014), Architectural Issues of a Location-Aware System Applied in Fruit Fly E-Monitoring and Spraying Control, *AGRIS on-line Papers*, vol 6, n 4, p 195.
200. Utsch A., (2007), Emergence in Self-Organizing Feature Maps, *Proc of the 6th International Workshop on Self-Organizing Maps*, Neuroinformatics Group, ISBN 978-3-00-022473-7.
201. Upton G., Cook I., (1996), *Understanding Statistics*. Oxford University Press p 55. ISBN 0-19-914391-9.
202. Valentini A., Taberlet P., Miaud C., Civade R., Herder J., Thomsen P., Bellemain E., Besnard A., Coissac E., Boyer F., Gaboriaud C., Jean P., Poulet N., Roset N., Copp H., Geniez P., Pont D., Argillier C., Baudoin M., Peroux T., Crivell J., Olivier A., Acqueberge M., Brun M., Møller R., Willerslev E., Dejean T., (2015), Next-generation monitoring of aquatic biodiversity using environmental DNA metabarcoding, *Mol Ecol*. doi:10.1111/mec.13428
203. Vapnik V., (1995), *The Nature of Statistical Learning Theory*, Springer.
204. Vapnik V., (2000), *The Nature of Statistical Learning Theory*, Information Science and Statistics, Springer-Verlag, ISBN 978-0-387-98780-4.
205. Vreeken J., (2002), http://eda.mmci.uni-saarland.de/pubs/2002/spiking_neural_networks_an_introduction-vreeken.pdf.
206. Wang D. D., Wang R., Yan H., (2014), Fast prediction of protein-protein interaction sites based on Extreme Learning Machines, *Neurocomputing*, vol 77, pp 258-266.
207. Wehrens R. and Lutgarde M. C., (2007), Self- and super-organizing maps in r: The kohonen package, *Journal of Statistical Software*, 21(5):1-19.
208. Xin Jin, Furber S. B., Woods J. V., (2008), "Efficient modelling of spiking neural networks on a scalable chip multiprocessor", 2008 IEEE International Joint Conference on Neural Networks, pp. 2812–2819, doi:10.1109/IJCNN.2008.4634194.
209. Yialouris C.P., A.B. Sideridis (1996). An Expert System For Tomato Diseases, *Computer and Electronics in Agriculture* 14, pp 61-76.

210. Yialouris C.P., H.C. Passam, A.B. Sideridis and C. Metin (1997a), VEGES: A Multilingual Expert system for the diagnosis of pests, diseases and nutritional disorders of six greenhouse vegetables, *Computer and Electronics in Agriculture* 19, pp 55-67.
211. Yialouris C.P., V. Kollias, N.A. Lorentzos, D. Kalivas, and A.B. Sideridis (1997b). An Integrated Expert Geographical Information System for Soil Suitability and Soil Evaluation, *Journal of Geographical Information and Decision Analysis*, Vol. 1, No.2, pp 89-99.
212. Zadeh L.A., (1968), Fuzzy algorithms, *Information and Control*, 12 (2): 94–102. doi:10.1016/S0019-9958(68)90211-8. ISSN 0019-9958.
213. Zadeh L. A., (2012), *Computing With Words. Principal Concepts and Ideas*, Springer.
214. Zhao X., (2010), A perturbed particle swarm algorithm for numerical optimization, *Appl Soft Comput* 10(1):119–124. doi:10. 1016/j.asoc.2009.06.010.
215. Zhu Q. Y., Qin A. K., Suganthan P. N., Huang G. B., (2005) Evolutionary extreme learning machine, *Pattern Recognition*, 38 1759-1763.
216. Zhu X., Goldberg A., (2009), *Introduction to Semi-Supervised Learning, Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning*, 2009, Vol. 3, No. 1, pp 1-130.
217. Ziska L. H., Dukes J. S., (2014), *Invasive Species and Global Climate Change*, ISBN-13:978-1780641645.
218. Zwillinger D., Kokoska S., (2000), *CRC Standard Probability and Statistics Tables and Formulae*, CRC Press. ISBN 1-58488-059-7 page 18.

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Βλαχάβας Ι., Κεφαλάς Π., Βασιλειάδης Ν., Κόκκορας Φ., Σακελλαρίου Η., (2011), Τεχνητή Νοημοσύνη - Γ' Έκδοση, ISBN: 978-960-8396-64-7.
2. Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, Α. (2011), Τα κουνούπια της Ελλάδας. Μορφολογία, Βιολογία, Δημόσια Υγεία, Κλείδες προσδιορισμού, Αντιμετώπιση. Αθήνα: Εκδόσεις Αγροτύπος.
3. Γεωργούλη Κ., (2015), Τεχνητή Νοημοσύνη, ISBN: 978-960-603-031-4.
4. Γιατρόπουλος, Α. (2013), Υγειονομική σημασία του Ασιατικού κουνουπιού τίγρης. Ανακτήθηκε στις 2 Μαΐου 2015 από <http://www.conops.gr/public-health-tiger/>
5. Διαμαντάρας Κ. (2007), Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα. Αθήνα, Ελλάς: Κλειδάριθμος.
6. Ηλιάδης Λ., (2007), Ευφυή Πληροφορικά Συστήματα και Εφαρμογές στην Εκτίμηση Κινδύνου, ISBN: 978-960-6741-33-3, Εκδόσεις Σταμούλη.
7. Ηλιάδης Λ. και Παπαλεωνίδας Α., (2016), Υπολογιστική Νοημοσύνη & Ευφυείς Πράκτορες, ISBN: 978-960-418-601-3, Επιστημονικές Εκδόσεις Τζιόλα.
8. Θεοδώρου Γ. Α., Εισαγωγή στην Ασαφή Λογική, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ, 2010, ISBN 978-960-418-218-3.
9. Καμπουράζος Β. και Παπακόστας Γ., (2015), Επεκτάσεις της Κλασικής Υπολογιστικής Νοημοσύνης, Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. κεφ 4. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/3447>.
10. Λυκοθανάσης Σ., Γενετικοί Αλγόριθμοι και Εφαρμογές, (2001), Έκδοση/Διάθεση: Εκδόσεις Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου, Τόμος Γ', ISBN: 960-538-175-3.
11. Μπούταλης Θ. και Συρακούλης Γ. (2010), Υπολογιστική Νοημοσύνη και Εφαρμογές, Ξάνθη, Ελλάς: Εκδότες οι συγγραφείς.
12. Μυλωνάς Ν., Παπαδόπουλος Β., (2016), Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, ISBN 978-960-418-561-0.
13. Παπούτσογλου Σ. Ε., Παπανικολάου Δ., Διακάκης Μ., Στουρνάρας Γ., Νάστος Π., Γιόζας Γ., Ευελπίδου Ν., Βασιλάκης Εμμ., Παρτσινεβέλου Σ.Α., Ηλιόπουλος Β., Σκούρτος Μ. Σ., Μαχλέρας Α., Κοντογιάννη Α., Παπανικολάου Μ., Παπανικολάου Δ., Ρεμούνδου Κ., Κοντούρη Φ., Καραμάνος Α., Βολουδάκης, Νάστης Α., Καρμίρης Η., Σαρτζετάκης Ε., Νάστης Σ., Βέλλα Ε., Κυριακοπούλου Ε., Ξεπαπαδέας Α., Τσιαούση Β., Δουλγέρης Χ., Κεμιτζόγλου Δ., Παπαδήμος Δ., Σεφερλής Μ., Χρυσοπολίτου Β., Καζαντζόγλου Β., Ασημακόπουλος Δ., Σανταμούρης Μ., Φάρρου Ι., Λάσκαρη Μ., Σαλιάρη Μ., Ζαννής Γ., Τίγγας Κ., Γιαννακίδης Γ., Γιαννόπουλος Γ., Γαγάτση Ε., Μητσάκης Ε., Salanova J., Υφαντόπουλος Ι., Παπανδρέου Α., Παναγιωτάκος Δ., Πατώκος Α., Λάτσου Δ., Παναγιωτάκος Δ., Μητράκος Θ., Δαμίγος Δ. Γ., Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, (2011), Τράπεζα της Ελλάδος, Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://www.bankofgreece.gr/Pages/el/klima/relevant.aspx>
14. Σιούτας Μ., Τζουμάκη Τ., Τσιτουρίδης Κ. και Φόρης Δ., 2000: Εθνικό Πρόγραμμα Χαλαζικής Προστασίας, Ετήσια Έκθεση 1999. ΕΛ.Γ.Α.-Κέντρο Τροποποίησης Καιρού, 238 pp.
15. Τζημόπουλος Χρ., Παπαδόπουλος Β., (2013), Ασαφής Λογική με Εφαρμογές στις Επιστήμες του Μηχανικού, Εκδόσεις Ζήτη, ISBN 978-9604563852.
16. ΥΠΕΚΑ, (2016), Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή, <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=crbjkilcLIA%3d&tabid=303&language=el-gr>
17. ΦΕΚ 2383/2014, Αριθμ. Απόφασης 40332, ΥΠΕΚΑ, Έγκριση Εθνικής Στρατηγικής για τη Βιοποικιλότητα για τα έτη 2014-2029 και Σχεδίου Δράσης πενταετούς διάρκειας.

Πηγές Διαδικτύου

1. http://aetos.it.teithe.gr/~myroni/VMtech_descr_1.doc
2. http://admie.gr/uploads/media/EGGYISEIS_PROELEYSIS_KEFALAIO_B_Technikes_Prodiagrafes.pdf
3. <http://agro-help.gr>
4. <http://barcodinglife.org/>
5. <http://biodiversity.europa.eu/>
6. <http://biodiversity.gr/>
7. <http://cabi.org/isc/>
8. <http://climatechangepost.com/>
9. <http://climate-data.org/>
10. <http://conops.gr/>
11. <http://dosits.org/>
12. <http://eea.europa.eu/>
13. http://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/index_en.htm
14. http://ec.europa.eu/environment/index_en.htm/
15. <http://elga.gr/>
16. <http://emy.gr/>
17. <http://europe-aliens.org/>
18. <http://fetchclimate2.cloudapp.net/>
19. <http://fria.gr/>
20. <https://github.com/che0/countries>
21. <http://gps.gov>
22. <http://mentalmodeler.org/>
23. <http://icouzin.princeton.edu/>
24. <http://invasive.org/>
25. <https://iucn.org/>
26. <https://ipcc.ch/>
27. <http://issg.org/>
28. <http://macaulaylibrary.org/>
29. <http://ocr.org/>
30. <http://opengov.gr/minreform/?p=1627>
31. <https://tensorflow.org/>
32. http://thematicmapping.org/downloads/world_borders.php
33. <https://tools.ietf.org/html/rfc2616>
34. <http://ypeka.gr/>
35. <https://wikipedia.org>
36. <http://worldbank.org/>