



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Πανεπιστημιούπολη Άλσος Αιγάλεω Αγ. Σπυρίδωνα 28, 122 43 ΑΙΓΑΛΕΩ, τηλ.: 210 5385854, email: geo@uniwa.gr
Πληροφορίες: Ν. Ρουφάνη

ΘΕΜΑ: Στοιχεία Παπαδοπούλου
Φωτεινής Παρασκευής
Υποψήφιας Διδάκτορος

ΠΡΟΣ: Για ανάρτηση

ΣΧΕΤ.:

ΚΟΙΝ.:

ΟΝΟΜΑ ΥΠ. ΔΙΔΑΚΤΟΡΑ:

Παπαδοπούλου Φωτεινή Παρασκευή

ΟΝΟΜΑΤΑ ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ:

- Γεώργιος Σφήκας, Επίκουρος Καθηγητής του τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής
- Αναστάσιος Λ. Κεσίδης, Καθηγητής του τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

ΤΙΤΛΟΣ ΔΔ:

Μέθοδοι αναπαράστασης και εκτίμησης αβεβαιότητας στη Βαθιά Μάθηση με εφαρμογές σε γεωχωρικά δεδομένα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ:

Το επιστημονικό πεδίο της Εκμάθησης Μηχανής (Machine Learning) και ευρύτερα ο ερευνητικός χώρος της Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence), εξελίσσονται με ραγδαίους ρυθμούς, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια και μετά την έλευση της Βαθιάς Μάθησης (Deep Learning). Από την εισαγωγή των πρώτων μοντέλων που άρχισαν να χρησιμοποιούν βαθιά νευρωνικά δίκτυα (περί το 2014) μέχρι σήμερα, το πεδίο της Τεχνητής Νοημοσύνης, αλλά και άλλων -άμεσης συνάφειας και μη- ερευνητικών αντικειμένων, σηματοδοτείται από μοντέλα, αλγόριθμους και μεθόδους που κάνουν χρήση Βαθιάς Μάθησης με σημαντικά αποτελέσματα σε διάφορους τομείς.

Ωστόσο, η χρήση της Βαθιάς Μάθησης ενέχει διάφορες προκλήσεις, ειδικά σε πολύπλοκα νευρωνικά δίκτυα, όπως τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (Large Language Models). Πρώτον, η διαχείριση, η επεξεργασία και η ανάλυση πολύ μεγάλου όγκου δεδομένων, και συνεπώς το μεγάλο κόστος σε χρόνο και χώρο εκπαίδευσης, απαιτούν σημαντικούς υπολογιστικούς πόρους και εξειδικευμένες μεθόδους. Δεύτερον, η αξιοπιστία της διαδικασίας εξαγωγής συμπερασμάτων είναι κρίσιμος παράγοντας σε μια σειρά από σημαντικές εφαρμογές όπως αυτές της αυτόνομης οδήγησης, της ρομποτικής και της ιατρικής διάγνωσης.

Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα διδακτορική διατριβή στοχεύει στην διερεύνηση και στην ανάπτυξη καινοτόμων προσεγγίσεων για την αντιμετώπιση των παραπάνω προκλήσεων. Συγκεκριμένα, η παρούσα πρόταση φιλοδοξεί να συμβάλλει στην ερευνητική προσπάθεια υπό το πρίσμα δύο κατευθύνσεων:

I. Μέθοδοι αναπαράστασης δεδομένων και δικτύων

Τόσο ο όγκος των δεδομένων που αποτελούν την πρώτη ύλη των μεγάλων νευρωνικών δικτύων, αλλά και τα ίδια τα δίκτυα σε σχέση με τον αριθμό και την πολυπλοκότητα των παραμέτρων και των συνδέσεων τους, αποτελούν στοιχεία με ζητούμενο τη βελτιστοποίηση του τρόπου αναπαράστασής τους. Για την επίλυση των παραπάνω έχει προταθεί πλήθος από στρατηγικές. Ένας βασικός τρόπος αντιμετώπισης είναι η αναπαράσταση με μη συμβατικούς τρόπους, όπως οι υπερμιγαδικές άλγεβρες (Quaternions, Clifford, κλπ.), οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε λύσεις προβλημάτων σε μη Ευκλείδειους χώρους, και συγκεκριμένα για επεξεργασία γεωχωρικών δεδομένων και χωρικούς προσανατολισμούς. Επιπλέον συναφή μοντέλα έχουν ως απόρροια inductive biases (invariance, equivariance) και στρατηγικές συμπίεσης του όγκου των νευρωνικών δικτύων.

II. Πιθανοτικά και παραγωγικά μοντέλα Εκμάθησης Μηχανής

Ένα από τα τρέχοντα ζητούμενα στην έρευνα είναι η διαμόρφωση νέων αρχιτεκτονικών που θα μπορούν να δίνουν απαντήσεις σε περίπλοκα προβλήματα, καθώς και να προσφέρουν ένα αξιόπιστο, ποσοτικό μέτρο του βαθμού εμπιστοσύνης που θα πρέπει να έχει ο τελικός χρήστης. Επομένως το ζητούμενο είναι το βαθύ δίκτυο να γνωρίζει την απάντηση στο εκάστοτε ερώτημα με βάση τα υπάρχοντα δεδομένα, αλλά και να είναι σε θέση να δώσει μια εικόνα της μη-γνώσης ή της αβεβαιότητας της εξόδου. Καίριες μέθοδοι και καθοριστικής σημασίας προσεγγίσεις σε αυτή την κατεύθυνση είναι η Μπεϋζιανή Βαθιά Μάθηση (Bayesian Deep Learning), οι Κανονικοποιητικές Ροές (Normalizing Flows) και τα μοντέλα Διάχυσης (Diffusion models).

Το προσδοκώμενο αποτέλεσμα της διατριβής είναι η ανάπτυξη καινοτόμων μοντέλων και αλγορίθμων Βαθιάς Μάθησης για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των προβλημάτων που εμπίπτουν στις παραπάνω ερευνητικές περιοχές. Έμφαση θα δοθεί σε τομείς που σχετίζονται με γεωχωρικά δεδομένα, ενώ σε επίπεδο εφαρμογής προτεραιότητα θα δοθεί σε τομείς όπως ο πολιτισμός και οι διεπαφές με άλλα επιστημονικά πεδία.

ΜΕΛΗ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ:

- Γεώργιος Σφήκας, Επίκουρος Καθηγητής του τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής ως επιβλέπων
- Αναστάσιος Λ. Κεσίδης, Καθηγητής του τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής ως Μέλος της ΤΣΕ
- Βασίλης Γάτος, Διευθυντής Ερευνών του Ινστιτούτου Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Εθνικού Κέντρου Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος» ως Μέλος της ΤΣΕ

NAME OF PhD CANDIDATE:

Papadopoulou Foteini Paraskevi

NAMES OF CO-SUPERVISING PROFESSORS:

- Georgios Sfikas, Assistant Professor of the Department of Topography and Geoinformatics Engineering, University of West Attica
- Anastasios L. Kesidis, Professor of the Department of Topography and Geoinformatics Engineering, University of West Attica

TITLE OF DOCTORAL THESIS: Uncertainty representation and estimation methods in deep learning with applications to geospatial data

SUMMARY OF DOCTORAL THESIS:

The scientific field of Machine Learning and, more broadly, the research field of Artificial Intelligence, are evolving rapidly, especially in recent years and after the advent of Deep Learning. Since the introduction of the first models that began to use deep neural networks (around 2014) until today, the field of Artificial Intelligence, as well as other -directly related and non-research objects, is marked by models, algorithms and methods that make use of Deep Learning with significant results in various fields.

However, the use of Deep Learning involves several challenges, especially in complex neural networks, such as Large Language Models. First, the management, processing and analysis of very large volumes of data, and therefore the high cost in time and space of training, require significant computational resources and specialized methods. Secondly, the reliability of the inference process is a critical factor in a number of important applications such as autonomous driving, robotics and medical diagnosis.

In this context, the present doctoral thesis aims to investigate and develop innovative approaches to address the above challenges. Specifically, the present proposal aspires to contribute to the research effort in the light of two directions:

I. Data and network representation methods

Both the volume of data that constitutes the raw material of large neural networks, but also the networks themselves in relation to the number and complexity of their parameters and connections, are elements that require the optimization of their representation method. A number of strategies have been proposed to resolve the above. A basic way to deal with this is to represent it in unconventional ways, such as hypercomplex algebras (Quaternions, Clifford, etc.), which can lead to solutions to problems in non-Euclidean spaces, and in particular for processing geospatial data and spatial orientations. In addition, related models result in inductive biases (invariance, equivariance) and strategies for compressing the volume of neural networks.

II. Probabilistic and generative Machine Learning models

One of the current research demands is the formation of new architectures that can provide answers to complex problems, as well as offer a reliable, quantitative measure of the degree of confidence that the end user should have. Therefore, the requirement is for the deep network to know the answer to each question based on the existing data, but also to be able to give an image of the non-knowledge or uncertainty of the output. Key methods and crucial approaches in this direction are Bayesian Deep Learning, Normalizing Flows and Diffusion models.

The expected outcome of the thesis is the development of innovative Deep Learning models and algorithms to effectively address the problems that fall within the above research areas. Emphasis will be given to areas related to geospatial data, while at the application level priority will be given to areas such as culture and interfaces with other scientific fields.

PhD ADVISORY COMMITTEE:

- Georgios Sfikas, Assistant Professor of the Department of Topography and Geoinformatics Engineering, University of West Attica as co-supervisor

- Anastasios L. Kesidis, Professor of the Department of Topography and Geoinformatics Engineering, University of West Attica as co-supervisor
- Basilis Gatos, Research Director of the Institute of Informatics and Telecommunications of the National Centre for Research of Natural Sciences «Demokritos» as a member

Ο ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

ΑΝΔΡΕΑΣ ΤΣΑΤΣΑΡΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

