

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Διπλωματικές Εργασίες 2025

Καθηγητής Εμμανουήλ Βαρβαρίγος (vmanos@mail.ntua.gr)

Θέματα Διπλωματικών Εργασιών: Smart Grids

Θέμα 1: Ανίχνευση και Μετριάσμός Φαινομένων Χειραγώγησης σε Σύγχρονες Αγορές Ηλεκτρικής Ενέργειας

Keywords / γνώσεις που θα αποκτηθούν: αγορές ενέργειας, χειραγώγηση αγοράς, ανάλυση δεδομένων, μηχανική μάθηση, ανίχνευση ανωμαλιών, αλγόριθμοι κατανομής πόρων, αλγοριθμική θεωρία παιγνίων

Οι σύγχρονες αγορές ενέργειας χαρακτηρίζονται από αυξημένη πολυπλοκότητα, διασύνδεση και συμμετοχή αυτόνομων αλγοριθμικών συστημάτων. Οι ταχείες μεταβολές των τιμών, η αυξανόμενη διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και μονάδων ευελιξίας (π.χ. μονάδες αποθήκευσης ενέργειας), και η χρήση τεχνητής νοημοσύνης στη διαμόρφωση προσφορών δημιουργούν νέες προκλήσεις όσον αφορά πιθανά φαινόμενα χειραγώγησης της αγοράς.

Η ανάγκη για παρακολούθηση, ποσοτικοποίηση και μετριάσμό φαινομένων χειραγώγησης είναι κρίσιμη τόσο για τη διασφάλιση της ορθής λειτουργίας των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας όσο και για την προστασία των καταναλωτών και τη σταθερότητα του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα αναπτυχθούν και θα αξιολογηθούν προηγμένες τεχνικές ανάλυσης δεδομένων και μηχανικής μάθησης για την αναγνώριση ανώμαλων προτύπων συναλλαγών και πιθανών στρατηγικών χειραγώγησης σε χονδρεμπορικές ή/και αγορές εξισορρόπησης. Ο/Η φοιτητής/τρια θα διερευνήσει μεθόδους ανίχνευσης ανωμαλιών, ανάλυσης συμπεριφοράς συμμετεχόντων, καθώς και προσεγγίσεις μετριάσμού κινδύνου μέσω αλγοριθμικών μηχανισμών. Η διπλωματική εργασία στοχεύει στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η υπολογιστική νοημοσύνη μπορεί να ενισχύσει τη διαφάνεια και την ανθεκτικότητα των ενεργειακών αγορών, δημιουργώντας ένα σύνολο εργαλείων και μεθοδολογιών με εφαρμογή σε πραγματικά δεδομένα και σύμφωνα με τις νέες ευρωπαϊκές οδηγίες σχετικά με την εξασφάλιση διαφάνειας στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας.

Εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν: ανάλυση δεδομένων (Python / R / Julia), βιβλιοθήκες μηχανικής μάθησης (Scikit-learn, PyTorch, TensorFlow), μοντελα βελτιστοποίησης και προσομοίωση, επεξεργασία χρονοσειρών, συγγραφή επιστημονικού κειμένου (LaTeX)

Θέμα 2: Αλγόριθμοι Λήψης Αποφάσεων με Χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης για Μοντέλα Βελτιστοποίησης Δύο Επιπέδων με Εφαρμογή στη Στρατηγική Συμμετοχή σε Αγορές Ηλεκτρικής Ενέργειας

Keywords / γνώσεις που θα αποκτηθούν: τεχνητή νοημοσύνη, δι-επίπεδος προγραμματισμός βελτιστοποίησης, στρατηγική υποβολή προσφορών, αγορές ηλεκτρικής ενέργειας, αλγοριθμική θεωρία παιγνίων

Οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας εξελίσσονται ραγδαία, ενσωματώνοντας αποκεντρωμένους

παραγωγούς, συστήματα αποθήκευσης και αλγοριθμικούς συμμετέχοντες που λαμβάνουν αυτόνομες αποφάσεις. Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) και οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης δύο επιπέδων (bi-level optimization) προσφέρουν νέες δυνατότητες για τη διαμόρφωση στρατηγικών υποβολής προσφορών, λαμβάνοντας υπόψη τη δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ συμμετεχόντων και αγορών.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην ανάπτυξη και αξιολόγηση αλγοριθμικών μεθόδων λήψης αποφάσεων που ενσωματώνουν στοιχεία τεχνητής νοημοσύνης (όπως deep reinforcement learning, meta-heuristics, κλπ) για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης δύο επιπέδων έχοντας μερική γνώση του κατώτερου επιπέδου του προβλήματος. Σκοπός είναι η μελέτη στρατηγικών που μεγιστοποιούν το οικονομικό όφελος ενός συμμετέχοντα λαμβάνοντας υπόψη τη συμπεριφορά των ανταγωνιστών και τους μηχανισμούς διαμόρφωσης των τιμών της αγοράς.

Ο/Η φοιτητής/τρια θα αναπτύξει μοντέλα που συνδυάζουν μαθηματικό προγραμματισμό με τεχνικές μηχανικής μάθησης, διερευνώντας πώς οι μέθοδοι τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να προσεγγίσουν πολύπλοκα, μη γραμμικά προβλήματα με υψηλή αβεβαιότητα και μερική γνώση των παραμέτρων του προβλήματος. Το αποτέλεσμα θα είναι ένα πλαίσιο στρατηγικής λήψης αποφάσεων με εφαρμογή σε σενάρια υποβολής προσφορών στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας.

Εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν: μαθηματική μοντελοποίηση και προσομοίωση (Python / Julia / Matlab), βιβλιοθήκες AI & optimization (PyTorch, TensorFlow, Pyomo, Gurobi, CPLEX), ανάλυση δεδομένων, σχεδιασμός και αξιολόγηση αλγορίθμων, συγγραφή επιστημονικού κειμένου (LaTeX).

Θέμα 3: Ανάπτυξη Εργαλείου Λογισμικού για Μετάφραση Προθέσεων Χρήστη σε Βάρη με εφαρμογή σε Πολυ-κριτηριακά Προβλήματα Λήψης Αποφάσεων στα Έξυπνα Δίκτυα

Keywords / γνώσεις που θα αποκτηθούν: πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση, user intent translation, agentic AI architecture, LLM agents, human–AI interaction.

Η αυξανόμενη πολυπλοκότητα σχεδίασης και διαστασιοποίησης των έξυπνων δικτύων απαιτεί εργαλεία λήψης αποφάσεων που μπορούν να συνδυάζουν πολλαπλούς και συχνά αντικρουόμενους στόχους — όπως οικονομικό κόστος, αξιοπιστία, βιωσιμότητα, ανθεκτικότητα, ποιότητα παροχής υπηρεσιών στον τελικό χρήστη, κλπ. Παράλληλα, η πρόσφατη πρόοδος στα μεγάλα γλωσσικά μοντέλα (LLMs) και στις agentic AI αρχιτεκτονικές επιτρέπει πλέον την αλληλεπίδραση ανθρώπου–μηχανής σε φυσική γλώσσα, ώστε ο χρήστης να καθοδηγεί δυναμικά τη διαδικασία βελτιστοποίησης χωρίς να απαιτείται βαθιά τεχνική γνώση.

Η παρούσα διπλωματική εργασία στοχεύει στην ανάπτυξη ενός πλαισίου πολυκριτηριακής λήψης αποφάσεων όπου η πρόθεση του χρήστη (user intent) μεταφράζεται, μέσω LLM agents, σε διανύσματα βαρών και περιορισμούς ενός προβλήματος πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης. Η αρχιτεκτονική του εργαλείου λογισμικού που θα υλοποιηθεί θα βασίζεται σε agentic AI μοντέλα, όπου πολλαπλοί συνεργαζόμενοι πράκτορες (LLM agents) θα ερμηνεύουν οδηγίες σε φυσική γλώσσα, θα εκτελούν διαδικασίες ανάλυσης και βελτιστοποίησης, και θα προτείνουν λύσεις που εξισορροπούν τους στόχους.

Ο/Η φοιτητής/τρια θα αποκτήσει διεπιστημονική εμπειρία συνδυάζοντας τεχνητή νοημοσύνη, μοντελοποίηση συστημάτων και πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση, και θα διερευνήσει τρόπους με τους οποίους η φυσική γλώσσα μπορεί να αποτελέσει διαφανές και προσαρμοστικό μέσο αλληλεπίδρασης μεταξύ ανθρώπου και AI.

Εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν: Ανάπτυξη λογισμικού σε Python με χρήση βιβλιοθηκών για δημιουργία και ενορχήστρωση LLM agents (π.χ. AutoGen, LangGraph), καθώς και για διαχείριση

συνομιλιακών διεπαφών (FastAPI / Streamlit). Χρήση databases (π.χ. SQLite / PostgreSQL) για αποθήκευση αλληλεπιδράσεων και σεναρίων, καθώς και visualization tools (π.χ. Plotly, matplotlib) για την απεικόνιση Pareto fronts και αποτελεσμάτων βελτιστοποίησης.

Θέμα 4: Αλγόριθμοι Λήψης Αποφάσεων για Στρατηγική Συμμετοχή Φορέων Σωρευτικής Εκπροσώπησης (ΦοΣΕ) σε αγορές ηλεκτρικής ενέργειας

Keywords / γνώσεις που θα αποκτηθούν: μοντέλα βελτιστοποίησης, αλγοριθμική θεωρία παιγνίων, διαχείριση χαρτοφυλακίου ΦοΣΕ, ιεραρχική βελτιστοποίηση, κατανεμημένες μονάδες παραγωγής, ευέλικτα φορτία, μηχανισμοί τιμολόγησης

Η διείσδυση των αποκεντρωμένων ενεργειακών πόρων και των ευέλικτων φορτίων έχει οδηγήσει στην εμφάνιση νέων φορέων στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας — των Φορέων Σωρευτικής Εκπροσώπησης (ΦοΣΕ). Οι ΦοΣΕ λειτουργούν ως ενδιάμεσοι ανάμεσα στους μικρούς παραγωγούς και καταναλωτές και τις αγορές ηλεκτρισμού, διαμορφώνοντας στρατηγικές υποβολής προσφορών με στόχο τη βέλτιστη αξιοποίηση του χαρτοφυλακίου τους και τη μεγιστοποίηση των κερδών τους.

Η παρούσα διπλωματική εργασία στοχεύει στην ανάπτυξη αλγορίθμου λήψης αποφάσεων για τη στρατηγική συμμετοχή των ΦοΣΕ στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας. Η προσέγγιση βασίζεται σε ιεραρχική (multi-level) βελτιστοποίηση, ώστε να αποτυπώνεται η αλληλεπίδραση μεταξύ: του ΦοΣΕ που διαμορφώνει στρατηγική υποβολής προσφορών στις αγορές με στόχο τη μέγιστη κερδοφορία, των πελατών του ΦοΣΕ (παραγωγοί ΑΠΕ και ευέλικτοι καταναλωτές) που αποκρίνονται στα κίνητρα τιμών, παρέχοντας υπηρεσίες ευελιξίας και του συστήματος εκκαθάρισης της αγοράς.

Ο/Η φοιτητής/τρια θα αναπτύξει μαθηματικά μοντέλα βελτιστοποίησης που περιγράφουν τη συμπεριφορά των ΦοΣΕ, αξιοποιώντας μεθόδους παιγνιοθεωρίας και ιεραρχικής λήψης αποφάσεων. Θα εφαρμοστούν τεχνικές όπως η αναγωγή tri-level προβλημάτων σε single-level μέσω συνθηκών Karush–Kuhn–Tucker (KKT), καθώς και αλγόριθμοι αποσύνθεσης (decomposition) ή μετα-ευρετικές προσεγγίσεις για μεγάλης κλίμακας συστήματα. Η εργασία αποσκοπεί στην κατανόηση του ρόλου των ΦοΣΕ στις μελλοντικές ευρωπαϊκές αγορές ηλεκτρικής ενέργειας και στην ανάπτυξη ενός υπολογιστικού εργαλείου που θα επιτρέπει τη δοκιμή διαφορετικών στρατηγικών και σεναρίων αγοράς.

Εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν: Ανάπτυξη λογισμικού σε Python / Julia / Matlab για την υλοποίηση μαθηματικών μοντέλων και αλγορίθμων βελτιστοποίησης (π.χ. Pyomo, JuMP, Gurobi, CPLEX). Αξιοποίηση βιβλιοθηκών για ανάλυση και απεικόνιση δεδομένων (π.χ. NumPy, Pandas, Matplotlib). Συγγραφή επιστημονικού κειμένου (LaTeX)