

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Διπλωματικές Εργασίες 2022

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

Θέματα Διπλωματικών Εργασιών: Smart Grids

Θέμα 1: Αποφάσεις υπό αβεβαιότητα για ενοποιημένα συστήματα ενέργειας – stochastic optimization

Keywords/ γνώσεις που θα αποκτηθούν: ενοποιημένα συστήματα ενέργειας, στοχαστική βελτιστοποίηση, κατανεμημένη βελτιστοποίηση

Η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, η απεξάρτηση από το φυσικό αέριο, και ο εκσυγχρονισμός των συστημάτων ενέργειας αποτελούν στρατηγικούς στόχους για την Ευρωπαϊκή Ένωση. Παράλληλα, οι ψηφιακές τεχνολογίες και οι προχωρημένες μέθοδοι αλγοριθμικής λήψης αποφάσεων υπό αβεβαιότητα, αποτελούν βασικό πυλώνα των σύγχρονων Ευρωπαϊκών οικονομιών.

Στην παρούσα διπλωματική θα χρησιμοποιηθούν προχωρημένες τεχνικές στοχαστικής βελτιστοποίησης για λήψη αποφάσεων ως προς το σχεδιασμό, την αλληλεπίδραση και το συντονισμό μεταξύ διαφόρων energy carriers (ηλεκτρική ενέργεια, ενέργεια θέρμανσης, υδρογόνο, μεταφορές κ.α.) προσβλέποντας στη μελέτη ενός ευφυούς system of systems.

Ο/Η φοιτητής/τρια καλείται να αποκτήσει γνώσεις μοντελοποίησης των multi-energy systems και να τις συνδυάσει με σύγχρονες αλγοριθμικές τεχνικές, αποβλέποντας στην απόκτηση ενός skillset που θα του/της επιτρέψει να διεκδικήσει μία σταδιοδρομία στην καρδιά των σημαντικότερων τεχνολογικών εξελίξεων.

Εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν: μαθηματική μοντελοποίηση, μαθηματικός προγραμματισμός και προσομοίωση (Python / Julia / Matlab), συγγραφή επιστημονικού κειμένου (Latex)

Θέμα 2: Αποφάσεις υπό αβεβαιότητα για ενοποιημένα συστήματα ενέργειας – data-driven optimization

Keywords/ γνώσεις που θα αποκτηθούν: ενοποιημένα συστήματα ενέργειας, data-driven optimization, grey-box modelling

Η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, η απεξάρτηση από το φυσικό αέριο, και ο εκσυγχρονισμός των συστημάτων ενέργειας αποτελούν στρατηγικούς στόχους για την Ευρωπαϊκή Ένωση. Παράλληλα, οι ψηφιακές τεχνολογίες και οι προχωρημένες μέθοδοι αλγοριθμικής λήψης αποφάσεων υπό αβεβαιότητα, αποτελούν βασικό πυλώνα των σύγχρονων Ευρωπαϊκών οικονομιών.

Στην παρούσα διπλωματική θα χρησιμοποιηθούν προχωρημένες τεχνικές στοχαστικής βελτιστοποίησης για λήψη αποφάσεων ως προς το σχεδιασμό, την αλληλεπίδραση και το συντονισμό

μεταξύ διαφόρων energy carriers (ηλεκτρική ενέργεια, ενέργεια θέρμανσης, υδρογόνο, μεταφορές κ.α.) προσβλέποντας στη μελέτη ενός ευφυούς system of systems.

Ο/Η φοιτητής/τρια καλείται να αποκτήσει γνώσεις μοντελοποίησης των multi-energy systems και να τις συνδυάσει με σύγχρονες αλγοριθμικές τεχνικές, αποβλέποντας στην απόκτηση ενός skillset που θα του/της επιτρέψει να διεκδικήσει μία σταδιοδρομία στην καρδιά των σημαντικότερων τεχνολογικών εξελίξεων.

Εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν: μαθηματική μοντελοποίηση, μαθηματικός προγραμματισμός και προσομοίωση (Python / Julia / Matlab), συγγραφή επιστημονικού κειμένου (Latex)

Θέμα 3: Αλγόριθμοι Στοχαστικής Βελτιστοποίησης για Σχεδιασμό Επενδύσεων στα Σύγχρονα Δίκτυα Διανομής

Keywords: distributed energy resources, network planning, decomposition techniques

Οι σύγχρονες τάσεις που κυριαρχούν στον τομέα της ηλεκτρικής ισχύος περιλαμβάνουν τη διεύθυνση μεγάλου ποσοστού ΑΠΕ στο μείγμα της ηλεκτροπαραγωγής, την αποκεντροποίηση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και την απελευθέρωση των αγορών ηλεκτρισμού. Για να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις που εισάγουν οι τάσεις αυτές απαιτείται η παροχή κινήτρων «από τα κάτω προς τα πάνω» («bottom-up») για επενδύσεις σε καταναμημένες μονάδες ενέργειας και ευελιξίας. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η διασφάλιση ότι δεν τίθεται σε κίνδυνο η ομαλή λειτουργία των δικτύων διανομής.

Στην παρούσα διπλωματική θα σχεδιαστεί ένα μοντέλο διεπίπεδου προγραμματισμού (bilevel programming) για τον συντονισμό και τη συν-βελτιστοποίηση επενδύσεων σε καταναμημένες πηγές ενέργειας αλλά και για την αναβάθμιση των δικτύων. Για την αποδοτική επίλυση του προβλήματος θα χρησιμοποιηθούν τεχνικές αποσύνθεσης (decomposition).

Εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν: μαθηματική μοντελοποίηση, μαθηματικός προγραμματισμός και προσομοίωση (Python / Julia / MATLAB), συγγραφή επιστημονικού κειμένου (Latex).

Θέμα 4: Μηχανισμοί Εκκαθάρισης Αγορών για Υπηρεσίες Ευελιξίας στα Σύγχρονα Δίκτυα Διανομής

Keywords: optimal power flow, mechanism design, flexibility markets

Οι διαχειριστές των σύγχρονων δικτύων διανομής έρχονται συχνότερα αντιμέτωποι με προβλήματα που προκαλούνται από την αποκεντροποίηση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Φαινόμενα συμφόρησης και απόκλισης της τάσης έξω από τα όρια ασφαλείας γίνονται όλο και συχνότερα λόγω της συνεχούς αύξησης του συνολικού μεγέθους των μονάδων που συνδέονται στο δίκτυο διανομής, καθώς και του ραγδαίου εξηλεκτρισμού της συνολικής ενεργειακής ζήτησης. Οι προκλήσεις αυτές αυξάνουν ραγδαία την ανάγκη των διαχειριστών των δικτύων για ευελιξία (flexibility).

Στην παρούσα διπλωματική θα μοντελοποιηθεί ένα πρόβλημα βέλτιστης ροής ισχύος (optimal power flow) για την εκκαθάριση μίας αγοράς ευελιξίας στο επίπεδο του δικτύου διανομής (Distribution Level Flexibility Market) και θα χρησιμοποιηθούν τεχνικές από το πεδίο του Σχεδιασμού Μηχανισμών (Mechanism Design) για τον σχεδιασμό ενός καινοτόμου μηχανισμού τιμολόγησης.

Ο/Η φοιτητής/τρια καλείται να αποκτήσει γνώσεις μοντελοποίησης ενός προβλήματος βέλτιστης ροής ισχύος και να τις συνδυάσει με αλγορίθμους από το πεδίο του Σχεδιασμού Μηχανισμών, αποβλέποντας στην απόκτηση ενός skillset που θα του/της επιτρέψει να διεκδικήσει μία σταδιοδρομία στην καρδιά των σημαντικότερων τεχνολογικών εξελίξεων.

Εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν: μαθηματική μοντελοποίηση, μαθηματικός προγραμματισμός και προσομοίωση (Python / Julia / MATLAB), συγγραφή επιστημονικού κειμένου (Latex).

Θέμα: Τεχνικές Βαθιάς Ενισχυτικής Μάθησης σε Πολυπρακτορικά Συστήματα για Παροχή Υπηρεσιών Ευελιξίας στο πλαίσιο Τοπικών Ενεργειακών Κοινοτήτων

Keywords: multi-agent deep reinforcement learning, distributed energy resources, local energy community, flexibility services

Οι τοπικές ενεργειακές αγορές έχουν προσελκύσει μεγάλο ενδιαφέρον σε λύση για το δύσκολο πρόβλημα της διαχείρισης μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής ενέργειας. Ωστόσο, είναι ανοιχτό πρόβλημα το πως η τοπική αυτή αγορά θα μπορεί αφενός να επιτρέπει στους prosumers να ανταλλάσσουν ενέργεια μεταξύ τους και αφετέρου να προσφέρουν υπηρεσίες ευελιξίας στους διαχειριστές συστήματος.

Στην παρούσα διπλωματική θα χρησιμοποιηθούν από τη μια τεχνικές μαθηματικής βελτιστοποίησης (model-based system-centric approach) σε σημείο αναφοράς και από την άλλη τεχνικές βαθιάς ενισχυτικής μάθησης (model-free prosumer-centric approach) με σκοπό τη λήψη αποφάσεων των prosumers υπό αβεβαιότητα.

Ο/Η φοιτητής/τρια καλείται να αποκτήσει γνώσεις μοντελοποίησης και μαθηματικού προγραμματισμού των ενεργειακών συστημάτων και να τις συνδυάσει με σύγχρονες αλγοριθμικές τεχνικές βαθιάς ενισχυτικής μάθησης, αποβλέποντας στην απόκτηση ενός skillset που θα του/της επιτρέψει να διεκδικήσει μία σταδιοδρομία στην καρδιά των σημαντικότερων τεχνολογικών εξελίξεων.

Σχετική βιβλιογραφία:

- Ye, Y., Papadaskalopoulos, D., Yuan, Q., Tang, Y., & Strbac, G. (2022). Multi-Agent Deep Reinforcement Learning for Coordinated Energy Trading and Flexibility Services Provision in Local Electricity Markets. *IEEE Transactions on Smart Grid*.

- Ye, Y., Tang, Y., Wang, H., Zhang, X. P., & Strbac, G. (2021). A scalable privacy-preserving multi-agent deep reinforcement learning approach for large-scale peer-to-peer transactive energy trading. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 12(6), 5185-5200.

Εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν: μαθηματική μοντελοποίηση ενεργειακών συστημάτων, μαθηματικός προγραμματισμός και βαθιά μάθηση σε Python και συγγραφή επιστημονικού κειμένου σε Latex