

## Μέθοδοι βέλτιστης δυναμικής τιμολόγησης και πρόβλεψης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε κρίσιμες υποδομές: εφαρμογή σε νοσοκομειακά κτίρια

ΠΡΟΤΑΣΗ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

### ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

Επιστήμες Μηχανικού

### ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Νευροασαφή συστήματα, ANFIS, απόκριση ζήτησης, πρόβλεψη ζήτησης, δυναμική τιμολόγηση, υβριδικές τεχνικές, διατεταγμένοι σταθμισμένοι μέσοι όροι, OWA τελεστές, committee machines

### ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ

Η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκοσμίως, βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη τα τελευταία χρόνια. Ανεξάρτητα από το στάδιο στο οποίο αυτή η διαδικασία βρίσκεται σε πρώιμο ή πιο προχωρημένο στάδιο από χώρα σε χώρα, κοινά προβλήματα αναδεικνύονται, όπως η ακριβής πρόβλεψη ηλεκτρικού φορτίου, η απόκριση ζήτησης (Demand Response-DM) (Παναγιώτου, 2018), η ενσωμάτωση των μικροπαραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο, η ακριβής τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο (Hussain, 2015; Eid, 2016).

Ειδικά το ζήτημα της απόκρισης ζήτησης, η οποία ανάγει τον τελικό χρήστη σε «παίκτη» της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας συνδέοντας τον άμεσα με τους παραγωγούς ενέργειας και αποτελεί κομβικό σημείο μεταξύ της βραχυπρόθεσμης πρόβλεψης ζήτησης (Short Term Load Forecast-STLF) και των τεχνικών δυναμικής τιμολόγησης (Widergren, 2012).

Το αντικείμενο της προτεινόμενης διατριβής είναι η μελέτη και ο σχεδιασμός ευφυών συστημάτων για την πρόβλεψη και δυναμική τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας με έμφαση σε νοσοκομειακά κτήρια και υγειονομικές μονάδες (κλινικές, Κέντρα Υγείας κλπ).

Τα νοσοκομειακά κτήρια και οι υγειονομικές μονάδες χρήζουν πάντοτε ιδιαίτερης προσοχής και έρευνας διότι, λόγω του κοινωνικού ρόλου τους, ανήκουν στην κατηγορία των *κρίσιμων υποδομών*.

Για την ανάπτυξη των συστημάτων αυτών θα μελετηθούν θεωρίες και μεθοδολογίες από τον χώρο της υπολογιστικής νοημοσύνης (Νευροασαφή συστήματα-ANFIS) (Senthilkumar, 2010; Bazmi, 2012), Νευρωνικά Δίκτυα (Holtschneider, 2013), Αριθμητικών μεθόδων (Fallah, 2018), Μηχανικής μάθησης (Kapetanakis, 2017), Decision trees (Wagy, 2017)).

Στόχος της παρούσης Διδακτορικής εργασίας, θα είναι η διερεύνηση τεχνικών ακριβούς δυναμικής τιμολόγησης, σε συνδυασμό με την πρόβλεψη ζήτησης ενός νοσοκομείου ή μιας υγειονομικής μονάδας (κλινικής, Κέντρου Υγείας κλπ).

Πιο συγκεκριμένα, θα διερευνηθούν βιβλιογραφικά τόσο οι διάφορες τεχνικές πρόβλεψης και τιμολόγησης που προτείνονται από την επιστημονική κοινότητα, όσο και θα προταθούν και θα διερευνηθούν προσομοιωτικά νέες, βελτιωμένες μέθοδοι.

Η απόδοση και οι δυνατότητες των τεχνικών αυτών στην επίλυση τεχνολογικών και επιστημονικών προβλημάτων, τις καθιστά βασικό εργαλείο της επιστήμης του Μηχανικού.

#### **ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΚΑΙ ΠΡΩΤΟΤΥΠΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ**

Η συνεισφορά της προτεινόμενης διατριβής είναι η μελέτη της δυνατότητας των νευροασαφών συστημάτων να προβλέψουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο και να αναπροσαρμόσουν άμεσα την τιμολογιακή πολιτική του παρόχου.

Η πρωτοτυπία της διατριβής έγκειται στη χρήση και την αξιολόγηση των ανάλογων τελεστών που επηρεάζουν τις αποφάσεις αυτές και θα εξεταστεί το βέλτιστο σχήμα διατεταγμένων σταθμισμένων μέσων όρων (Ordered Weighted Averages-OWA) (Ballini, September 2014; Tesfamariam S., 2008), καθώς και αρχιτεκτονικών ευφυών συστημάτων, όπως οι committee machines (Sideratos, 2015).

#### **ΒΑΣΙΚΟΣ ΣΚΟΠΟΣ, ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ**

Τελικός σκοπός της διατριβής είναι η πρόταση ενός αξιόπιστου ολοκληρωμένου συστήματος πρόβλεψης και δυναμικής τιμολόγησης το οποίο θα καταστεί χρήσιμο εργαλείο στον εκάστοτε πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας ο οποίος θα επιθυμούσε μια εξατομικευμένη πολιτική κρεώσεων στους πελάτες του, με έμφαση σε «κρίσιμους» πελάτες όπως ένα νοσοκομείο ή μια υγειονομική μονάδα. Αυτού του είδους οι πελάτες χρήζουν ειδικής μελέτης, αφού λόγω του κοινωνικού τους ρόλου επιδιώκεται η αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος, εξοικονομώντας έτσι πόρους οι οποίοι, στην περίπτωση ενός δημόσιου νοσοκομείου για παράδειγμα, θα μπορούν να επενδυθούν σε άλλους σκοπούς όπως η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των ασθενών, η αγορά ιατρικού εξοπλισμού ή αναλωσίμων κ.α. Υπό αυτό το πρίσμα, η παρούσα διδακτορική διατριβή παρουσιάζει και ένα ιδιαίτερο ενδιαφέρον αφού αγγίζει τον νευραλγικό τομέα της υγείας.

Οι ερευνητικές υποθέσεις συνίστανται στο γενικό πρόβλημα της προσέγγισης και μοντελοποίησης δεδομένων που περιγράφουν δυναμικές διεργασίες. Με την εισαγωγή των δεδομένων στα προτεινόμενα μοντέλα και με τις κατάλληλες τεχνικές και αρχιτεκτονικές μπορούν να εξαχθούν χρήσιμες πληροφορίες πρόβλεψης και τιμολόγησης ηλεκτρικής ενέργειας.

#### **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Για την εκπόνηση της έρευνας θα πραγματοποιηθεί εκτενής βιβλιογραφική μελέτη της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, ώστε να προσδιοριστεί το τρέχον επίπεδο επιστημονικής γνώσης αιχμής (State of art) του αντικειμένου.

Στη συνέχεια θα τεθούν οι κύριοι ερευνητικοί προβληματισμοί και θα τεκμηριωθεί η μεθοδολογία για την απάντησή τους στα πλαίσια της διατριβής.

Για το ερευνητικό μέρος της διατριβής, θα σχεδιαστούν και θα υλοποιηθούν τα απαιτούμενα μοντέλα-συστήματα με την εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων προσομοίωσης και ανάλυσης.

Με την προτεινόμενη μεθοδολογία θα επιτευχθούν τα εξής:

- Ανάπτυξη υπολογιστικού μοντέλου
- Βελτιστοποίηση
- Μοντελοποίηση και πρόβλεψη
- Τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων
- Προτάσεις για περαιτέρω αξιοποίηση των πορισμάτων

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

Ballini, R. Y. (September 2014). OWA filters and forecasting models applied to electric power load time series. *Evolving Systems* , 159-173.

Bazmi, A. D. (2012). Electricity demand estimation using an adaptive neuro-fuzzy network: A case study from the state of Johor, Malaysia. *International conference on energy and environmental-ICEE 2012*. Kuala Lumpur.

Eid, C. K. (2016). Time-based pricing and electricity demand response: existing barriers and next steps. *Utilities Policy* , 15-25.

Fallah, N. D. (2018). Computational intelligence approaches for energy load forecasting in smart energy management grids: State of the art, future challenges, and research directions. *Energies* .

Holtschneider, T. E. (2013). Optimization of electricity pricing considering neural network based model of consumers' demand response. *2013 IEEE Computational Intelligence Applications in Smart Grid (CIASG)*. Singapore, Singapore.

Hussain, I. M. (2015). A review on demand response: Pricing, Optimization and Appliance Scheduling. *Procedia Computer Science* , 843-850.

Kapetanakis, D. N. (2017). Prediction of residential building demand response potential using data-driven techniques. *IBPSA Conference* (σσ. 1656-1666). San Francisco, CA, USA: International Building Performance Simulation Association.

Senthilkumar, D. K. (2010). An ANFIS based sensor network for residential energy management system. *Proceedings of the ISCA 23rd International Conference on Computer Applications in Industry and Engineering, CAINE 2010* , . Las Vega, Nevada, USA.

Sideratos, G. I. (2015). A committee of machine learning techniques for load forecasting in a smart grid environment. *International Journal of Energy and Power* .

Tesfamariam S., S. R. (2008). Propabilistic risk analysis using ordered weighted averaging (OWA) operators. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* , 1-15.

Wagy, D. B. (2017). Crowdsourcing predictors of residential electric energy usage. *IEEE Systems Journal* , 1-10.

Widergren, S. M. (2012). Real-time pricing demand response in operations. *Power and energy society general meeting*. San Diego, CA, USA: IEEE.

Διαμαντάρας, Κ. (2007). *Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα*. Αθήνα : Κλειδάριθμος.

Παναγιώτου, Δ. (2018). *Πρόβλεψη ζήτησης ηλεκτρικού φορτίου με χρήση νευρωνικών δικτύων*. Αιγάλεω: Μεταπτυχιακή εργασία διπλώματος.