



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ-ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

**"Αυτόματη Πρόβλεψη και Διαχείριση Κατανάλωσης
Ηλεκτρικής Ενέργειας με Χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης και
Έξυπνων Συσκευών"**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΤΕΦΑΝΟΣ ΖΟΡΜΠΙΑΣ

Επιβλέπων : Γεώργιος Ματσόπουλος , Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα , Ιούνιος 2024



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ-ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

**"Αυτόματη Πρόβλεψη και Διαχείριση Κατανάλωσης
Ηλεκτρικής Ενέργειας με Χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης και
Έξυπνων Συσκευών"**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΤΕΦΑΝΟΣ ΖΟΡΜΠΑΣ

Επιβλέπων : Γεώργιος Ματσόπουλος , Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 18^η Ιουνίου 2024

.....
Γεώργιος Ματσόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Συμεών Παπαβασιλείου
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Αθανάσιος Δ. Παναγόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα , Ιούνιος 2024

.....
Στέφανος Ζορμπάς

Διπλωματούχος Μεταπτυχιακού Προγράμματος "Τεχνο-οικονομικά Συστήματα" της
σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών , Ε.Μ.Π

Copyright ©, Στέφανος Ζορμπάς, 2024

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ
ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση,
αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής
φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το
παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό
σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον
συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του
Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας εστιάζει στην ανάλυση και ανάπτυξη συστημάτων αυτόματης πρόβλεψης και διαχείρισης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση τεχνητής νοημοσύνης (AI) και έξυπνων συσκευών.

Η έρευνα επικεντρώνεται στην εξέλιξη και την εφαρμογή τεχνολογιών TN όπως νευρωνικά δίκτυα, μηχανική μάθηση και αλγόριθμοι βαθιάς μάθησης, προκειμένου να προβλέπουν με ακρίβεια τις μελλοντικές ανάγκες ενέργειας σε έναν αστικό ιστό.

Η εργασία αναλύει τον τρόπο με τον οποίο οι έξυπνες συσκευές, όπως οι έξυπνοι μετρητές και οι συσκευές αυτοματισμού, μπορούν να συλλέγουν δεδομένα κατανάλωσης ενέργειας σε πραγματικό χρόνο και να ενισχύουν την απόδοση των μοντέλων πρόβλεψης.

Επιπλέον, συζητείται η σημασία της ένταξης αυτών των τεχνολογιών σε ευρύτερα συστήματα διαχείρισης ενεργειακών πόρων, αναδεικνύοντας πώς η TN μπορεί να βελτιστοποιήσει την ενεργειακή κατανάλωση και να μειώσει το συνολικό ενεργειακό κόστος.

Τέλος, παρουσιάζονται περιπτώσεις μελέτης από υφιστάμενες εφαρμογές σε διάφορες χώρες, αξιολογώντας την επιτυχία και τις προκλήσεις της εφαρμογής αυτών των τεχνολογιών. Η εργασία καταλήγει προσφέροντας προτάσεις για μελλοντικές βελτιώσεις και κατευθύνσεις για περαιτέρω έρευνα, με σκοπό τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της αξιοπιστίας των αυτόματων συστημάτων διαχείρισης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Λέξεις κλειδιά Τεχνητή Νοημοσύνη, Έξυπνες Συσκευές, Έξυπνο Δίκτυο, Έξυπνος μετρητής, Μηχανική Μάθηση, Διαχείριση ενέργειας

ABSTRACT

The purpose of this DIPLOMA thesis focuses on the analysis and development of systems for automatic prediction and management of electricity consumption using artificial intelligence (AI) and smart devices.

Research focuses on the development and application of AI technologies such as neural networks, machine learning and deep learning algorithms to accurately predict future energy needs in an urban fabric.

The paper analyzes how smart devices, such as smart meters and automation devices, can collect real-time energy consumption data and enhance the performance of predictive models. Additionally, the importance of integrating these technologies into broader energy resource management systems is discussed, highlighting how AI can optimize energy consumption and reduce overall energy costs.

Finally, case studies from existing applications in different countries are presented, assessing the success and challenges of implementing these technologies. The paper concludes by offering suggestions for future improvements and directions for further research, in order to improve the efficiency and reliability of automatic power consumption management systems.

Keywords Artificial Intelligence, Smart Devices, Smart Network, Smart meter, Machine Learning, energy management

Ευχαριστίες

Με την παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνονται οι σπουδές μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών «Τεχνο-Οικονομικά Συστήματα» Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Και Μ/Υ και Πανεπιστήμιο Πειραιώς Σχολή Ναυτιλίας Και Βιομηχανίας Τμήματος Βιομηχανικής Διοίκησης & Τεχνολογίας

Στις σπουδές μου ήταν καθοριστική η συμβολή των καθηγητών μου στα γνωστικά αντικείμενα που παρακολούθησα, στους οποίους οφείλω να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες για τη συμβολή τους στην ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Ιδιαίτερα επιθυμώ να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου και επιβλέποντα την παρούσα διπλωματική εργασία, κυριο Γεώργιο Ματσόπουλο , για την επιστημονική και συμβουλευτική καθοδήγηση που μου προσέφερε σε όλα τα στάδια εκπόνησης της εργασίας με τις εύστοχες και πολύ εποικοδομητικές παρατηρήσεις του.

Οφείλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς συναδέλφους μου, χωρίς τη βοήθεια των οποίων δε θα ήταν δυνατή η διεξαγωγή της έρευνας.

Τέλος, ένα τεράστιο ευχαριστώ στην οικογένειά μου, για τη συμπαράσταση και την υπομονή τους.

Περιεχόμενα

Συνοτμεύσεις	10
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή	11
Κεφάλαιο 2 Τεχνητη Νοημοσυση στην ενέργεια.....	12
2.1 Ιστορική αναδρομή	12
2.2 Βασικές αρχές	13
2.3 Αυτόματη Πρόβλεψη και Διαχείριση Ηλεκτρικής Ενέργειας με χρήση (AI)	14
2.3.1 (AI) και μηχανική μάθηση στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας.....	14
2.3.2 Εφαρμογές στη Τεχνητη Νοημοσυση	17
2.4 Πρόβλεψη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αξιοποιώντας ΑΠΕ και (AI)	20
2.5 Πρόβλεψη κατανάλωσης - ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας με μεθόδους (AI).....	25
2.6 Τεχνική Ανάλυση Απόδοσης Μοντέλων Πρόβλεψης	29
Κεφάλαιο 3 Έξυπνες συσκευές	33
3.1 Ιστορική αναδρομή	33
3.2 Χαρακτηριστικά έξυπνων συσκευών.....	34
3.3.Εξυπνες συσκευές και έξυπνοι αισθητήρες.....	36
3.4 Έξυπνες συσκευές και νευρωνικά δίκτυα.....	39
3.5 Συλλογή και Αξιοποίηση Δεδομένων από Έξυπνες Συσκευές	40
3.6 Συμπεράσματα	42
Κεφάλαιο 4 Έξυπνοι μετρητές	44
4.1 Εισαγωγή.....	44
4.3 Έξυπνος Μετρητής Ηλεκτρικής Ενέργειας	46
4.3.1 AMI/AMR Συστήματα Αυτόματης Συλλογής Δεδομένων	47
4.4 Οφέλη χρήσης έξυπνων μετρητών.....	50
Κεφάλαιο 5 Διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας	53
5.1 ΙοΕ (Internet of Energy) και η διαχείριση	53
5.2 Διαδικασίες ενεργειακής διαχείρισης.....	59
5.3. Μετρήσεις για την σωστή διαχείριση	60
5.4.Προτάσεις και Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Αποθήκευση Ενέργειας ..	64
5.5.Εφαρμογή των Προτάσεων.....	65
5.6 Αποτελέσματα των εφαρμογών διαχείρισης.....	66
5.6.1 Διεθνείς Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης και Έξυπνων Συσκευών στη Διαχείριση Ενέργειας	66
5.6.2 Τοπικές Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης και Έξυπνων Συσκευών στην Ενέργεια στην Ελλάδα και τη Μεσόγειο	69
Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα και Μελλοντικές Προοπτικές	73
6.1Συνεισφορά στην Εξοικονόμηση Ενέργειας και Βιώσιμη Ανάπτυξη	73
6.2 Οφέλη για Επιχειρήσεις, Οικιακούς Χρήστες και το Περιβάλλον.....	73
6.3 Επιπτώσεις στην Αγορά Ενέργειας και το Μέλλον της Διαχείρισης	73
6.4 Δυνατότητες Βελτίωσης και Μελλοντικές Εξελίξεις.....	73
6.5. Ερευνητικές Κατευθύνσεις και Προκλήσεις	75

ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΙΣ

(AI) Artificial intelligent

(AI) Τεχνητη Νοημοσυνη

(ΑΠΕ) Ανανεώσιμες πηγες ενέργειας

(AMI)Advanced Metering Infrastructure

(AMR) Automated Meter Reading

(CNN) Convolutional Neural Network

(MLP) Multi Level Perceptron

(LSTM) Long Short-Term Memory

(RNN) Recursive Neural Network

(SGD) Stochastic Gradient Descent

(ΤΠΕ) Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

Η αυτόματη πρόβλεψη και διαχείριση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση τεχνητής νοημοσύνης και έξυπνων συσκευών αποτελεί μια σημαντική τεχνολογική πρόοδο που συνδυάζει διάφορες τεχνολογίες για τη βελτίωση της απόδοσης και της αποτελεσματικότητας στη χρήση ενέργειας.

Με αυτόν τον τρόπο, οι συσκευές μπορούν να μάθουν και να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους βάσει των προτιμήσεων και των αναγκών των χρηστών, εξοικονομώντας ταυτόχρονα ενέργεια και μειώνοντας το κόστος.

Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναλύσει δεδομένα κατανάλωσης ενέργειας από έξυπνες συσκευές και αισθητήρες, προβλέποντας τις μελλοντικές ανάγκες και τις συνήθειες των χρηστών.

Με βάση αυτήν την πρόβλεψη, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να προτείνει βέλτιστες στρατηγικές διαχείρισης κατανάλωσης ενέργειας, όπως η προγραμματισμένη λειτουργία συσκευών σε χαμηλή κατανάλωση ενέργειας κατά περιόδους χαμηλής κατανάλωσης, ή η πρόβλεψη περιοδικών ελλείψεων ενέργειας και η προσαρμογή της λειτουργίας των συσκευών για τη μείωση της κατανάλωσης.

Με αυτόν τον τρόπο, η τεχνολογία επιτρέπει στους χρήστες να μην ανησυχούν τόσο για τη διαχείριση της ενέργειας και να επικεντρωθούν σε άλλες δραστηριότητες, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει στη μείωση του κόστους ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος με τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Κεφάλαιο 2 Τεχνητή Νοημοσύνη στην ενέργεια

2.1 Ιστορική αναδρομή

Η ιστορία της τεχνητής νοημοσύνης (AI) είναι μια συναρπαστική πορεία που ξεκίνησε στα μέσα του 20ου αιώνα και συνεχίζει να εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς. (1) Το 1950, ο Alan Turing δημοσίευσε το άρθρο "Computing Machinery and Intelligence", όπου παρουσίασε το "Turing test" ως κριτήριο για την αξιολόγηση της νοημοσύνης μιας μηχανής. (2) Το 1956, διοργανώθηκε το συνέδριο στο Dartmouth College, που θεωρείται η επίσημη έναρξη της έρευνας στην ΤΝ. Συμμετέχοντες ήταν οι John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester, και Claude Shannon.

Τη δεκαετία του 1960, ο Joseph Weizenbaum ανέπτυξε το ELIZA (3), ένα από τα πρώτα προγράμματα επεξεργασίας φυσικής γλώσσας. (4) Το 1969, ο Marvin Minsky και ο Seymour Papert δημοσίευσαν το "Perceptrons", που αναλύει τις δυνατότητες και τα όρια των τεχνητών νευρωνικών δικτύων. (5) Στη δεκαετία του 1970, η έκθεση Lighthill στο Ηνωμένο Βασίλειο εξέφρασε σκεπτικισμό για την πρόοδο της ΤΝ, οδηγώντας σε μείωση της χρηματοδότησης. Παρ' όλα αυτά, το 1979 το Stanford Cart κατάφερε να περιηγηθεί σε ένα δωμάτιο γεμάτο εμπόδια χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.

Τη δεκαετία του 1980, η Ιαπωνία ανακοίνωσε το πρόγραμμα "Fifth Generation Computer Systems" για την ανάπτυξη υπερυπολογιστών με ΤΝ. (6) Το 1986, το νευρωνικό δίκτυο backpropagation επανήλθε στο προσκήνιο μέσω του έργου των Rumelhart, Hinton και Williams, οδηγώντας σε νέες εφαρμογές της ΤΝ. Στη δεκαετία του 1990, το 1997, ο σκακιστικός υπολογιστής Deep Blue της IBM νίκησε τον παγκόσμιο πρωταθλητή Garry Kasparov (7). Το 1999, ο Kevin Ashton εισήγαγε τον όρο "Internet of Things" (IoT), διευρύνοντας το πεδίο της ΤΝ στις διασυνδεδεμένες συσκευές. (8)

Τη δεκαετία του 2000, η ομάδα του Geoffrey Hinton κέρδισε το διαγωνισμό ImageNet το 2012 με χρήση βαθιών νευρωνικών δικτύων, σηματοδοτώντας την εποχή της βαθιάς μάθησης (9). Το 2016, το AlphaGo της DeepMind νίκησε τον παγκόσμιο πρωταθλητή στο Go, Lee Sedol. (10)

Αυτή η ιστορική αναδρομή αποδεικνύει ότι η τεχνητή νοημοσύνη έχει περάσει από πολλές φάσεις ανάπτυξης και αμφισβήτησης, οδηγώντας τελικά σε σημαντικές τεχνολογικές καινοτομίες και εφαρμογές που συνεχίζουν να επηρεάζουν διάφορους τομείς της καθημερινής ζωής.

2.2 Βασικές αρχές

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) βασίζεται σε μια σειρά από θεμελιώδεις αρχές που επιτρέπουν την ανάπτυξη και εφαρμογή ευφών συστημάτων. οι κύριες αρχές περιλαμβάνουν τη μηχανική μάθηση, η οποία αναφέρεται στη χρήση αλγορίθμων που μαθαίνουν από δεδομένα και βελτιώνονται μέσω της εμπειρίας, και τα βαθιά νευρωνικά δίκτυα, τα οποία χρησιμοποιούν πολλαπλά στρώματα για την αναγνώριση σύνθετων μοτίβων(11). Η εποπτευόμενη μάθηση επιτρέπει στα μοντέλα να μαθαίνουν από ζεύγη δεδομένων εισόδου-εξόδου, ενώ η μη εποπτευόμενη μάθηση επικεντρώνεται στη μάθηση της δομής των δεδομένων χωρίς αντιστοιχισμένες εξόδους(12). Η μερικώς εποπτευόμενη μάθηση συνδυάζει χαρακτηριστικά και από τις δύο προσεγγίσεις, χρησιμοποιώντας τόσο ετικετοποιημένα όσο και μη ετικετοποιημένα δεδομένα(13). Η μάθηση με ενισχύσεις επιτρέπει στους πράκτορες να λαμβάνουν αποφάσεις μέσω αλληλεπιδράσεων με το περιβάλλον, προσπαθώντας να μεγιστοποιήσουν κάποια έννοια επιβράβευσης. Επιπλέον, η συναρτησιακή αναπαράσταση και η μοντελοποίηση περιλαμβάνουν τεχνικές για τη δημιουργία μοντέλων που μπορούν να αναπαράγουν δεδομένα εισόδου σε νέες προβλέψεις.(14) Η βελτιστοποίηση είναι η διαδικασία εύρεσης των βέλτιστων παραμέτρων ενός μοντέλου για την ελαχιστοποίηση ή μεγιστοποίηση μιας συνάρτησης κόστους. Οι αρχιτεκτονικές νευρωνικών δικτύων περιλαμβάνουν διάφορους τύπους και διαμορφώσεις, όπως οι πολυεπίπεδοι αντιληπτές, τα συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα και τα αναδρομικά νευρωνικά δίκτυα. Η κανονικοποίηση περιλαμβάνει τεχνικές για την αποτροπή της υπερπροσαρμογής και τη βελτίωση της γενίκευσης του μοντέλου. Η μεταφορά μάθησης αφορά τη χρήση ενός προ εκπαιδευμένου μοντέλου σε νέο, αλλά σχετικό πρόβλημα για καλύτερη απόδοση με λιγότερα δεδομένα(15). Τέλος, η επεξεργασία φυσικής γλώσσας και η όραση υπολογιστών είναι ειδικές εφαρμογές της βαθιάς μάθησης που χρησιμοποιούν ειδικές αρχιτεκτονικές και τεχνικές.

2.3 Αυτόματη Πρόβλεψη και Διαχείριση Ηλεκτρικής Ενέργειας με χρήση (AI)

2.3.1 (AI) και μηχανική μάθηση στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας

Η διαχείριση των δικτύων του μέλλοντος θα απαιτήσει πιο ισχυρά αναλυτικά εργαλεία, με κρίσιμο ρόλο για την τεχνητή νοημοσύνη.

Τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας γίνονται πολύ πιο περίπλοκα καθώς η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια αυξάνεται και οι προσπάθειες απαλλαγής από τις ανθρακούχες εκπομπές εντείνονται. Στο παρελθόν, τα δίκτυα κατεύθυναν την ενέργεια από κεντρικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Τώρα, τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας χρειάζεται όλο και περισσότερο να υποστηρίζουν ροές ηλεκτρικής ενέργειας πολλαπλών κατευθύνσεων μεταξύ των κατανεμημένων γεννητριών, του δικτύου και των χρηστών. Ο αυξανόμενος αριθμός συσκευών που συνδέονται στο δίκτυο, από σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (EV) έως οικιακές ηλιακές εγκαταστάσεις, καθιστά τις ροές λιγότερο προβλέψιμες. Οι δεσμοί μεταξύ του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και των τομέων της τεχνολογίας, των δεδομένων και των επικοινωνιών έχουν αυξηθεί σημαντικά. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει μια πολύ μεγαλύτερη ανάγκη για ανταλλαγή πληροφοριών και για την ανάπτυξη πιο ισχυρών εργαλείων που βοηθούν στον σχεδιασμό και τη λειτουργία συστημάτων ισχύος, καθώς αυτά εξελίσσονται συνεχώς.[\(16\)](#)

Αυτή η ανάγκη έρχεται ακριβώς τη στιγμή που οι δυνατότητες των εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης (AI) προχωρούν με ταχείς ρυθμούς. Καθώς τα μοντέλα μηχανικής εκμάθησης έχουν γίνει πιο προηγμένα, η υπολογιστική ισχύς που απαιτείται για την ανάπτυξή τους διπλασιάζεται κάθε πέντε έως έξι μήνες από το 2010. Τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης μπορούν πλέον να παρέχουν αξιόπιστα αναγνώριση γλώσσας ή εικόνας, να μετατρέψουν ήχους σε αναλύσιμα δεδομένα, να ενεργοποιήσουν chatbots και να αυτοματοποιήσουν απλές εργασίες. Η τεχνητή νοημοσύνη μιμείται πτυχές της ανθρώπινης νοημοσύνης αναλύοντας δεδομένα και εισόδους – δημιουργώντας εξόδους πιο γρήγορα και σε μεγαλύτερο όγκο από ό,τι θα μπορούσε ένας ανθρώπινος χειριστής. Ορισμένοι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης μπορούν ακόμη και να προγραμματίσουν αυτόματα και να τροποποιήσουν τον δικό τους κώδικα.[\(17\)](#)

Ως εκ τούτου, δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι ο ενεργειακός τομέας λαμβάνει τα πρώτα βήματα για να αξιοποιήσει τη δύναμη της τεχνητής νοημοσύνης για την ενίσχυση της αποδοτικότητας και την επιτάχυνση της καινοτομίας. Η τεχνολογία είναι μοναδικά τοποθετημένη για να υποστηρίζει την ταυτόχρονη ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων και των τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων που παράγουν. Οι έξυπνοι μετρητές παράγουν και στέλνουν πολλές χιλιάδες φορές περισσότερα σημεία δεδομένων σε επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας από τους αναλογικούς προκατόχους τους(18). Οι νέες συσκευές για την παρακολούθηση των ροών ισχύος του δικτύου διοχετεύουν περισσότερα από μια τάξη μεγέθους περισσότερα δεδομένα στους χειριστές από ό,τι οι τεχνολογίες που αντικαθιστούν. Και ο παγκόσμιος στόλος των ανεμογεννητριών εκτιμάται ότι παράγει περισσότερα από 400 δισεκατομμύρια σημεία δεδομένων ετησίως.(19)

Αυτός ο όγκος είναι ένας βασικός λόγος που οι ενεργειακές εταιρείες βλέπουν την τεχνητή νοημοσύνη ως έναν ολοένα και πιο κρίσιμο πόρο. Μια πρόσφατη εκτίμηση υποδηλώνει ότι η τεχνητή νοημοσύνη εξυπηρετεί ήδη περισσότερες από 50 διαφορετικές χρήσεις στο ενεργειακό σύστημα και ότι η αγορά για την τεχνολογία στον τομέα θα μπορούσε να αξίζει έως και 13 δισεκατομμύρια δολάρια.(20)

Η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση μπορούν να ξεκλειδώσουν την ευελιξία προβλέποντας την προσφορά και τη ζήτηση

Μία από τις πιο κοινές χρήσεις της τεχνητής νοημοσύνης από τον ενεργειακό τομέα ήταν η βελτίωση των προβλέψεων της προσφοράς και της ζήτησης. Η ανάπτυξη μεγαλύτερης κατανόησης τόσο του πότε είναι διαθέσιμη ανανεώσιμη ενέργεια όσο και του πότε είναι απαραίτητη είναι ζωτικής σημασίας για τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας επόμενης γενιάς. Ωστόσο, αυτό μπορεί να είναι περίπλοκο για τις ανανεώσιμες τεχνολογίες, καθώς ο ήλιος δεν λάμπει πάντα και ο άνεμος δεν φυσάει πάντα.

Εκεί μπορεί να παίζει ρόλο η μηχανική μάθηση. Μπορεί να βοηθήσει στην αντιστοίχιση της μεταβλητής προσφοράς με την αυξανόμενη και μειούμενη ζήτηση – μεγιστοποιώντας την οικονομική αξία της ανανεώσιμης ενέργειας και επιτρέποντάς της να ενσωματωθεί πιο εύκολα στο δίκτυο.

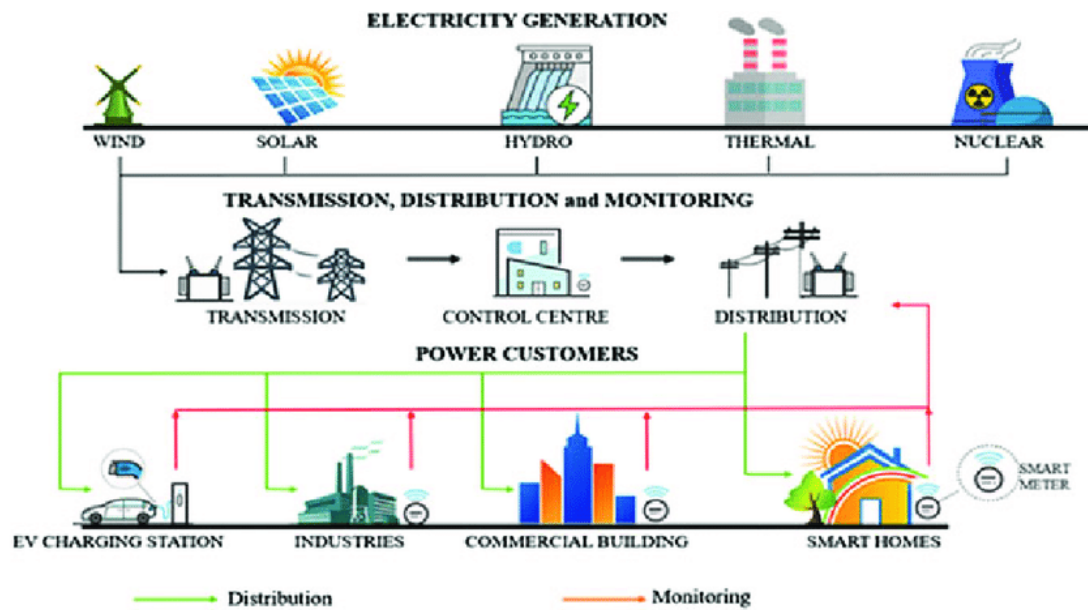
Η αιολική ισχύς, για παράδειγμα, μπορεί να προβλεφθεί χρησιμοποιώντας μοντέλα καιρού και πληροφορίες για τη θέση των στροβίλων. Ωστόσο, οι αποκλίσεις στη ροή του ανέμου μπορεί να οδηγήσουν σε επίπεδα παραγωγής υψηλότερα ή χαμηλότερα από τα αναμενόμενα, αυξάνοντας το λειτουργικό κόστος. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, η Google και η θυγατρική της σε τεχνητή νοημοσύνη DeepMind ανέπτυξαν ένα νευρωνικό δίκτυο το 2019 για να αυξήσουν την ακρίβεια των προβλέψεων για τον στόλο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ισχύος 700 MW. Με βάση τα ιστορικά δεδομένα, το δίκτυο ανέπτυξε ένα μοντέλο για την πρόβλεψη μελλοντικής απόδοσης έως και 36 ώρες νωρίτερα με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από ό,τι ήταν προηγουμένως δυνατό.

Αυτή η μεγαλύτερη ορατότητα επιτρέπει στην Google να πουλάει τη δύναμή της εκ των προτέρων και όχι σε πραγματικό χρόνο. Η εταιρεία δήλωσε ότι αυτό, μαζί με άλλες αποδόσεις που διευκολύνονται από την τεχνητή νοημοσύνη, αύξησε την οικονομική αξία της αιολικής της ενέργειας κατά 20%. Οι υψηλότερες τιμές βελτιώνουν επίσης το επιχειρηματικό πλεονέκτημα για την αιολική ενέργεια και μπορούν να οδηγήσουν σε περαιτέρω επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Συγκεκριμένα, το ιδιόκτητο λογισμικό της Google χρησιμοποιείται τώρα πιλοτικά από μια μεγάλη ενεργειακή εταιρεία.

Επιπλέον, με μια πιο ακριβή εικόνα των κορυφών στην παραγωγή, εταιρείες όπως η Google είναι σε θέση να μετατοπίσουν το χρονοδιάγραμμα της αιχμής κατανάλωσης, όπως κατά τη διάρκεια μεγάλων φορτίων υπολογιστών, ώστε να συμπίπτει με αυτές. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η ανάγκη αγοράς πρόσθετης ενέργειας από την αγορά. Αυτή η χωρητικότητα, εάν επεκταθεί ευρύτερα, θα μπορούσε να έχει σημαντικό αντίκτυπο στην προώθηση της μετατόπισης φορτίου και του ξυρίσματος αιχμής – ειδικά εάν συνδυαστεί με καλύτερες προβλέψεις ζήτησης. Για παράδειγμα, ο ελβετικός κατασκευαστής ABB έχει αναπτύξει μια εφαρμογή πρόβλεψης ενεργειακής ζήτησης με δυνατότητα τεχνητής νοημοσύνης που επιτρέπει στους διαχειριστές εμπορικών κτιρίων να αποφεύγουν τις χρεώσεις αιχμής και να επωφελούνται από τα τιμολόγια χρόνου χρήσης.[\(21\)](#)

2.3.2 Εφαρμογές στη Τεχνητή Νοημοσύνη

- **Ενεργειακή Διαχείριση με Τεχνητή Νοημοσύνη:** Η ΤΝ εφαρμόζεται σε έξυπνα δίκτυα ενέργειας για τη βελτιστοποίηση της παραγωγής, διανομής και κατανάλωσης ενέργειας.
- **Πρόβλεψη ενεργειακής κατανάλωσης:** Οι αλγόριθμοι ΤΝ μπορούν να αναλύσουν ιστορικά δεδομένα για να προβλέψουν με ακρίβεια την κατανάλωση ενέργειας. Αυτό βοηθά τους παρόχους ενέργειας να σχεδιάζουν τις διακυμάνσεις της ζήτησης και να βελτιστοποιούν ανάλογα την παραγωγή και τη διανομή ενέργειας. Επίσης χρησιμεύει στην διαμόρφωση των τιμών ενέργειας και για επενδυτικές αποφάσεις.
- **Αυτοματοποιημένη Διαχείριση Δικτύου:** Η ΤΝ επιτρέπει την αυτοματοποιημένη διαχείριση του δικτύου ενέργειας, αποφεύγοντας υπερφορτώσεις και εξασφαλίζοντας την αποτελεσματική διανομή της ενέργειας.
- **Βελτιστοποίηση ενεργειακού δικτύου:** Κατανομή της ενέργειας στα έξυπνα δίκτυα προβλέποντας πρότυπα ζήτησης και προσαρμόζοντας ανάλογα την κατανομή της ενέργειας. Αυτό οδηγεί σε αποτελεσματικότερη χρήση των διαθέσιμων ενεργειακών αποθεμάτων και μείωση της λειτουργίας εργοστασίων με άνθρακα ή λιγνίτη που είναι ρυπογόνοι για την ατμόσφαιρα
- **Πρόβλεψη συντήρησης:** Η ΤΝ μπορεί να αναλύσει μεγάλες ποσότητες δεδομένων από αισθητήρες και εξοπλισμό για να προβλέψει πότε απαιτείται συντήρηση. Αυτό βοηθά στη μείωση του χρόνου διακοπής λειτουργίας και στην πρόληψη αστοχιών του εξοπλισμού.



Εικόνα 1. Η εικόνα παρουσιάζει ένα διάγραμμα μπλοκ ενός έξυπνου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας (Smart Grid)

(Πηγή https://www.researchgate.net/figure/Block-diagram-of-a-smart-grid_fig2_351101477)

Η εικόνα παρουσιάζει ένα διάγραμμα μπλοκ ενός έξυπνου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας (Smart Grid) και περιγράφει τα κύρια στάδια από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έως την τελική κατανάλωση, ενσωματώνοντας σύγχρονες τεχνολογίες διανομής και παρακολούθησης. Ακολουθεί η ανάλυση της εικόνας με τεχνικούς όρους:

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας:

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει διάφορες πηγές:

- Αιολική (Wind):** Χρησιμοποιεί ανεμογεννήτριες για την παραγωγή ενέργειας από τον άνεμο.
- Ηλιακή (Solar):** Χρησιμοποιεί φωτοβολταϊκά πάνελ για τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική.
- Υδροηλεκτρική (Hydro):** Χρησιμοποιεί την κίνηση του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Θερμική (Thermal):** Περιλαμβάνει σταθμούς παραγωγής που χρησιμοποιούν καύσιμα όπως φυσικό αέριο, πετρέλαιο, ή άνθρακα.
- Πυρηνική (Nuclear):** Χρησιμοποιεί τη διαδικασία της πυρηνικής σχάσης για την παραγωγή ενέργειας.

Μετάδοση, Διανομή και Παρακολούθηση:

Μετάδοση (Transmission): Αφορά τη μεταφορά της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω υψηλής τάσης γραμμών από τα σημεία παραγωγής προς τα κέντρα κατανάλωσης.

Κέντρο Ελέγχου (Control Centre): Αποτελεί τον πυρήνα της διαχείρισης και ελέγχου της ροής ενέργειας, παρακολουθώντας και ρυθμίζοντας τη διανομή της ενέργειας.

Διανομή (Distribution): Αφορά τη μεταφορά της ενέργειας από το κέντρο ελέγχου στους τελικούς καταναλωτές μέσω χαμηλής και μεσαίας τάσης γραμμών.

Καταναλωτές Ηλεκτρικής Ενέργειας (Power Customers):

Οι καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνουν διάφορους τομείς:

Σταθμοί Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (EV Charging Station): Παρέχουν ενέργεια για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων.

Βιομηχανίες (Industries): Καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας για την παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών.

Εμπορικά Κτίρια (Commercial Building): Καταναλώνουν ενέργεια για λειτουργικές ανάγκες γραφείων, καταστημάτων κ.λπ.

Έξυπνα Σπίτια (Smart Homes): Ενσωματώνουν τεχνολογίες έξυπνων μετρητών (Smart Meter) για την παρακολούθηση και διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας.

Διάφορες Ροές:

Διανομή (Distribution): Αντιπροσωπεύεται με πράσινες γραμμές και αφορά την ροή ενέργειας από τις πηγές παραγωγής προς τους καταναλωτές.

Παρακολούθηση (Monitoring): Αντιπροσωπεύεται με κόκκινες γραμμές και αφορά την παρακολούθηση και τον έλεγχο της κατανάλωσης και διανομής ενέργειας.

Το έξυπνο δίκτυο (Smart Grid) χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνολογίες παρακολούθησης και ελέγχου για να βελτιστοποιήσει την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία του ηλεκτρικού συστήματος, προσφέροντας ευελιξία και βελτιωμένη διαχείριση πόρων.[\(22\)](#)

2.4 Πρόβλεψη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αξιοποιώντας ΑΠΕ και (AI)

Η πρόβλεψη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να γίνει με την αξιοποίηση και εκμετάλλευση των δεδομένων που λαμβάνουμε από τις διάφορες μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Οι μονάδες παραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές περιλαμβάνουν φωτοβολταϊκά (PV), ανεμογεννήτριες και υδροηλεκτρικά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας

Στη συνέχεια Αλγόριθμοι TN μπορούν να αναλύσουν διάφορους τύπους δεδομένων, λαμβάνοντας και καιρικές συνθήκες, ώστε να υπολογίσουν την μελλοντική παραγωγή με μικρό σφάλμα.

Τα προηγμένα μικροδάκτυλά διαχειρίζονται μια σειρά από μεταβλητές στην προσπάθειά τους να παράγουν την πιο καθαρή, αποδοτικότερη και πιο αξιόπιστη ενέργεια. Ακόμη και κάτω από ιδανικές συνθήκες, μπορεί να υπάρχουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων για ταξινόμηση ενός συνδεδεμένου στο δίκτυο μικροδικτύου, συμπεριλαμβανομένων καιρικών συνθηκών, κυμαινόμενων προτύπων κατανάλωσης και παραγωγής ενέργειας και τιμολόγησης καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας — τα οποία όλα μπορούν να αλλάξουν σε πραγματικό χρόνο.

Επιπλέον, καθώς προσπαθούμε ολοένα και περισσότερο να επιτύχουμε στόχους για το κλίμα με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τα μικροδίκτυα αναλαμβάνουν το έργο της διαχείρισης της ακραίας μεταβλητότητας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα μικροδίκτυα καλούνται να παρέχουν αξιόπιστη ισχύ, να βελτιστοποιούν το φορτίο, και να εξισορροπούν τη μεταβλητότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας — και να το κάνουν πιο γρήγορα και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Όλα τα παραπάνω πραγματοποιούνται με τη βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης (AI). Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να λύσει προβλήματα, να μάθει μοτίβα και επαναλήψεις και να βγάλει συμπεράσματα που διαφορετικά θα ήταν δυσκίνητη για τον ακριβή υπολογισμό ενός ανθρώπινου μυαλού, ειδικά με μεγάλα σύνολα δεδομένων. Η τεχνητή νοημοσύνη, το σύννεφο και τα μεγάλα δεδομένα έχουν ενωθεί για να επεξεργαστούν τεράστιους όγκους δεδομένων και να «μάθουν» μοτίβα από τα δεδομένα για να εξάγουν με ακρίβεια συμπεράσματα. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να εφαρμοστεί στις φάσεις

σχεδιασμού, ανάπτυξης και λειτουργίας ενός μικροδικτύου, επομένως ωφελεί τους προγραμματιστές μικροδικτύων, τους παρόχους και τους ολοκληρωτές εξοπλισμού και τους χειριστές. Για τους προγραμματιστές μικροδικτύων, η τεχνητή νοημοσύνη προσφέρει γρήγορους υπολογισμούς για μοντελοποίηση σε πραγματικό χρόνο τεράστιου όγκου δεδομένων, βοηθώντας τους να λάβουν αποφάσεις σχετικά με το μέγεθος της χωρητικότητας σχετικά με τον εξοπλισμό δικτύου, τις διαμορφώσεις ηλιακής και αιολικής ενέργειας και τη χρήση υποδομής φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Για τους παρόχους εξοπλισμού, η τεχνητή νοημοσύνη παρέχει μοντελοποίηση και προσομοίωση για αποτελεσματική χρήση ελεγκτών, ηλιακών μετατροπέων, συστημάτων μπαταριών και άλλων κατανεμημένων πόρων του δικτύου ενέργειας. Για τους φορείς εκμετάλλευσης μικροδικτύων, η τεχνητή νοημοσύνη καταργεί την ανάγκη παρέμβασης των χειριστών δικτύου και των διαχειριστών περιουσιακών στοιχείων στις λειτουργίες μικροδικτύων.

Αντίθετα, η ενέργεια παραδίδεται αυτόματα στη σωστή τιμή, τόπο και χρόνο — χωρίς ανθρώπινοι παράγοντες να λαμβάνουν αποφάσεις ή να τραβούν κανένα μοχλό. Η μοντελοποίηση και η προσομοίωση τεχνητής νοημοσύνης βελτιώνει τις λειτουργίες του μικροδικτύου με πολλούς τρόπους. Το αποτέλεσμα της μοντελοποίησης και της προσομοίωσης τεχνητής νοημοσύνης συμβάλλει στη λήψη αποφάσεων διαχείρισης μικροδικτύων. Με την επεξεργασία μεγάλων ποσοτήτων διαθέσιμων δεδομένων, η μηχανική μάθηση τίθεται σε λειτουργία και η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται για να βοηθήσει όλους τους ενδιαφερόμενους που διαχειρίζονται μικροδίκτυα να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις.

Η τεχνητή νοημοσύνη τους βοηθά να λάβουν υπόψη τα ακόλουθα:

- Χειροκίνητο έναντι αυτόνομο: Καθορίζει ποιες λειτουργίες, έλεγχος και εξοπλισμός πρέπει να είναι χειροκίνητοι και ποιες αυτοματοποιημένες και αυτόνομες
- Διανομή και αποθήκευση ενέργειας: Καθορίζει πώς πρέπει να διανέμεται και να αποθηκεύεται η ισχύς με βάση την παραγωγή και τη ζήτηση
- Διαχείριση της μεταβλητότητας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: Καθορίζει πώς πρέπει να ανταποκρίνεται το μικροδίκτυο στη μεταβλητότητα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας — ιδιαίτερα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

- Ενίσχυση των προβλέψεων: Καθορίζει ποια είναι η ακριβής πρόβλεψη προσφοράς, ζήτησης και τιμολόγησης
- Μείωση του ενεργειακού κόστους: Καθορίζει πώς μπορεί να μειωθεί το ενεργειακό κόστος καθώς και το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας
- Βελτίωση της ανθεκτικότητας: Καθορίζει πώς μπορεί το μικροδίκτυο να παρέχει βέλτιστη ενεργειακή αξιοπιστία, είτε είναι συνδεδεμένο με το μεγαλύτερο δίκτυο είτε σε διαμόρφωση νησίδας

Πώς η ΑΙ μεταμορφώνει τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να καταλαμβάνουν μεγαλύτερο μερίδιο του δικτύου, υπάρχει απώλεια παραγωγής βασικού φορτίου από πηγές όπως ο άνθρακας, οι οποίοι παρέχουν αδράνεια δικτύου μέσω της παρουσίας βαρέως περιστρεφόμενου εξοπλισμού, όπως ατμοστρόβιλοι και αεριοστρόβιλοι. Χωρίς αδράνεια δικτύου, τα δίκτυα ισχύος θα είναι ασταθή και ευαίσθητα σε διακοπές λειτουργίας. Τώρα, με την εφαρμογή της τεχνολογίας αισθητήρων, η ηλιακή και η αιολική παραγωγή μπορούν να παρέχουν τεράστιο όγκο δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στην τεχνητή νοημοσύνη να προβλέπει επίπεδα χωρητικότητας. Πριν από την αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης, οι περισσότερες τεχνικές πρόβλεψης βασίστηκαν σε μεμονωμένα μοντέλα καιρού που προσέφεραν μια στενή εικόνα των μεταβλητών που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τώρα, έχουν αναπτυχθεί προγράμματα τεχνητής νοημοσύνης, τα οποία συνδυάζουν μοντέλα αυτοεκμάθησης καιρού, ιστορικά δεδομένα καιρού, μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο από τοπικούς μετεωρολογικούς σταθμούς, δίκτυα αισθητήρων και πληροφορίες από δορυφορικές εικόνες και κάμερες ουρανού. Το αποτέλεσμα είναι 30% βελτίωση της ακρίβειας στην ηλιακή πρόβλεψη, οδηγώντας σε κέρδη σε πολλά μέτωπα. Μειώθηκε το λειτουργικό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το κόστος έναρξης και τερματισμού λειτουργίας των συμβατικών γεννητριών και οι απότομες εναλλαγές της ηλιακής ενέργειας έγιναν περισσότερο διαχειρίσιμες. Οι προβλέψεις των βασικών μεταβλητών-ταχύτητα ανέμου και παγκόσμια οριζόντια ακτινοβολία, καθώς και η ισχύς που προκύπτει-επιτρέπει την προβολή σε ένα εύρος χρονικών οριζόντων, από λεπτά και ώρες μπροστά (προκειμένου να διατηρηθεί σταθερό το δίκτυο) έως την επόμενη ημέρα (βελτιστοποίηση της διαθεσιμότητας των εγκαταστάσεων), σε αρκετές ημέρες πριν (προγραμματισμός συντήρησης). Με όλο και μεγαλύτερα σύνολα δεδομένων να γίνονται διαθέσιμα, οι προβλέψεις μπορούν τώρα να εκπαιδεύσουν

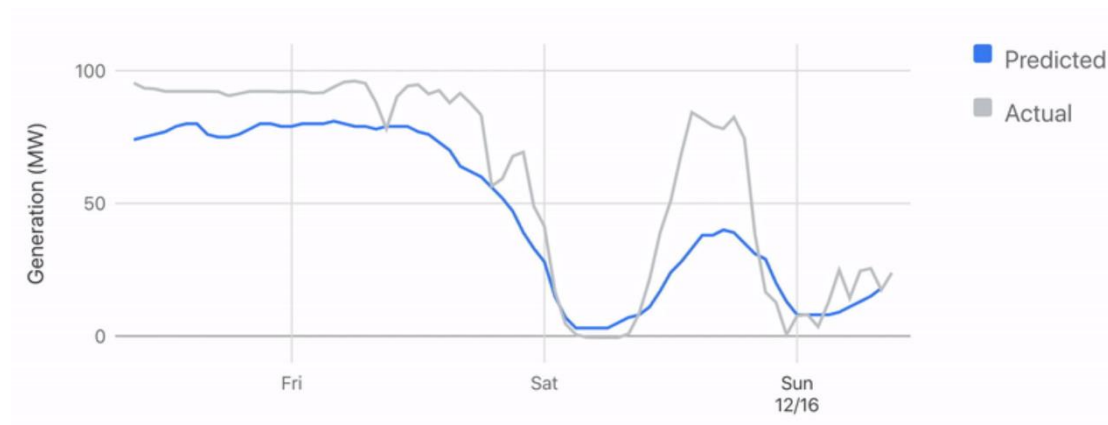
αλγόριθμους για να προβλέψουν πιο αξιoσημείωτες παραμέτρους. Για παράδειγμα, πόση πρόσθετη ενέργεια χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια εορταστικών διακοπών, σε μια μεγάλης κλίμακας διεθνή εκδήλωση ή πόσο υψόμετρο επηρεάζει τη χρήση ενέργειας μιας κοινότητας. Για τους παραγωγούς και τους εμπόρους ενέργειας, η ακριβέστερη πρόβλεψη μεταβλητής ανανεώσιμης ενέργειας σε μικρότερο χρονικό διάστημα τους επιτρέπει να προβλέπουν καλύτερα την παραγωγή τους και να υποβάλλουν προσφορές στις αγορές. Οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης είναι ένα εργαλείο στα χέρια των χειριστών δικτύου διότι μπορούν να διασφαλίσουν τη βέλτιστη χρήση των δικτύων ισχύος προσαρμόζοντας τις λειτουργίες στις καιρικές συνθήκες ανά πάσα στιγμή. Πιο ακριβείς βραχυπρόθεσμες προβλέψεις 34 μπορούν να οδηγήσουν σε καλύτερη δέσμευση μονάδας και αυξημένη αποδοτικότητα διακίνησης ενέργειας, βελτιώνοντας έτσι την αξιοπιστία και μειώνοντας τα απαιτούμενα αποθεματικά λειτουργίας. Αυτό συμβαίνει διότι ελέγχονται με μεγαλύτερη ακρίβεια άλλες μονάδες παραγωγής ενέργειας, όπως οι μονάδες άνθρακα που χρειάζονται πολλές ώρες για να αποδώσουν πλήρως. [\(23\)](#)

Ένα παράδειγμα εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης στις ΑΠΕ

Η εταιρεία DeepMind και η Google άρχισαν να εφαρμόζουν αλγόριθμους μηχανικής μάθησης σε 700 μεγαβάτ ισχύος αιολικής ενέργειας στις κεντρικές Ηνωμένες Πολιτείες. Αυτά τα αιολικά πάρκα-μέρος του παγκόσμιου στόλου έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας της Google-παράγουν συλλογικά όση ηλεκτρική ενέργεια χρειάζεται μια πόλη μεσαίου μεγέθους. Χρησιμοποιώντας ένα νευρωνικό δίκτυο εκπαιδευμένο σε ευρέως διαθέσιμες καιρικές προβλέψεις και δεδομένα λειτουργίας στροβίλων, διαμορφώθηκε το σύστημα DeepMind που προβλέπει την παραγωγή αιολικής ενέργειας 36 ώρες πριν από την πραγματική παραγωγή. Με βάση αυτές τις προβλέψεις, το μοντέλο είναι σε θέση να υποδεικνύει πως θα συμπεριφερθεί το αιολικό πάρκο από άποψης παραδοτέας ενέργειας κάθε ώρα, μια ολόκληρη ημέρα νωρίτερα. Αυτό είναι σημαντικό, επειδή οι ενεργειακές πηγές που μπορούν να προγραμματιστούν (δηλαδή να παρέχουν μια καθορισμένη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας σε μια καθορισμένη ώρα) είναι συχνά πιο πολύτιμες για το δίκτυο μιας και προσφέρουν σταθερότητα, ποιότητα ισχύος και εύκολη διαχείριση. Ο αλγόριθμος βελτιώνεται συνεχώς και η χρήση μηχανικής μάθησης στα αιολικά πάρκα έχει θετικά αποτελέσματα. Μέχρι σήμερα, η μηχανική μάθηση έχει αυξήσει την αξία της αιολικής ενέργειας κατά

περίπου 20 %, σε σύγκριση με το βασικό σενάριο για μη δεσμεύσεις βάσει χρόνου στο δίκτυο.

Στη συνέχεια φαίνεται ένα γράφημα (Εικόνα 2)



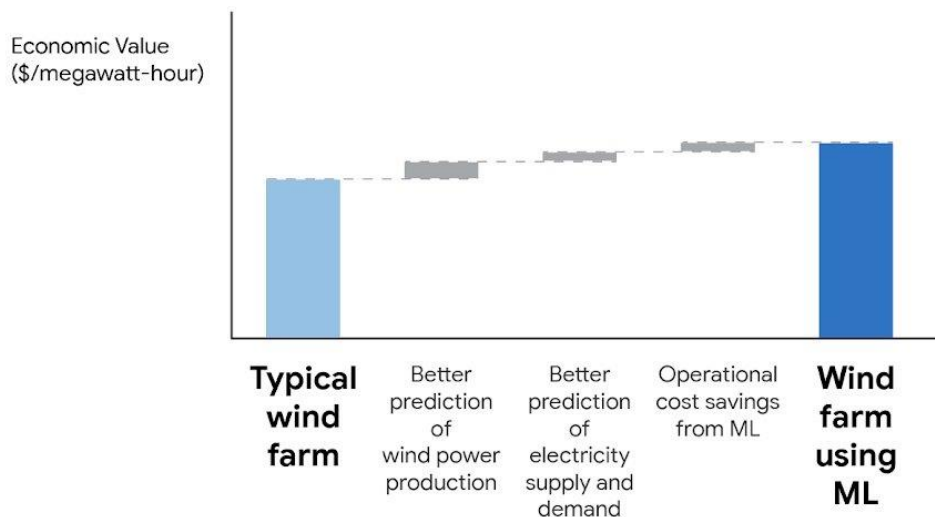
Εικόνα 2 Γράφημα το οποίο δείχνει την πρόβλεψη του αλγορίθμου σε σύγκριση με την πραγματική παραγόμενη ισχύ.

(Πηγή <https://deepmind.google/discover/blog/machine-learning-can-boost-the-value-of-wind-energy>)

Το οποίο δείχνει την πρόβλεψη του αλγορίθμου σε σύγκριση με την πραγματική παραγόμενη ισχύ. Βλέπουμε ότι ο αλγόριθμος προβλέπει στις περισσότερες περιπτώσεις τις μέγιστες και τις ελάχιστες τιμές στην παραγόμενη ενέργεια και τις απότομες αλλαγές.

Πρόβλεψη του αλγορίθμου σε σύγκριση με την πραγματική παραγόμενη ισχύ 16 δεν είναι δυνατόν να εξαλειφθεί η μεταβλητότητα του ανέμου, αλλά τα πρώτα αποτελέσματα του αλγορίθμου υποδηλώνουν ότι είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί η μηχανική μάθηση για να γίνει η αιολική ενέργεια αρκετά πιο προβλέψιμη και άρα χρήσιμη(Εικόνα 2). Αυτή η προσέγγιση συμβάλλει επίσης στην αύξηση της αυστηρότητας των δεδομένων στις λειτουργίες των αιολικών πάρκων, καθώς η μηχανική εκμάθηση μπορεί να βοηθήσει τους χειριστές αιολικών πάρκων να κάνουν πιο έξυπνες, ταχύτερες και πιο βασισμένες σε δεδομένα αξιολογήσεις του τρόπου με τον οποίο η ισχύς τους μπορεί να καλύψει τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και επομένως το οικονομικό όφελος να είναι μεγαλύτερο με τη χρήση του αλγορίθμου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3

Machine learning can increase the value of wind energy



*Illustrative results from
2018 Google/DeepMind field study*

Εικόνα 3 οικονομικό όφελος τη χρήση αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης.

(Πηγή <https://deepmind.google/discover/blog/machine-learning-can-boost-the-value-of-wind-energy/>)

2.5 Πρόβλεψη κατανάλωσης - ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας με μεθόδους (AI)

Η μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας γίνεται συνήθως από βιομηχανικούς καταναλωτές ή φορείς που στεγάζονται σε μεγάλα κτίρια. Οι μεν βιομηχανίες χρησιμοποιούν την ενέργεια για την λειτουργία των μηχανημάτων και του εξοπλισμού, για θέρμανση ή κλιματισμό, και ενίοτε για συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φυσικό αέριο. Οι δε φορείς συνήθως χρησιμοποιούν την ενέργεια για θέρμανση, ζεστό νερό και χρήση σε κουζίνες. Τέτοιου είδους καταναλωτές χρήζουν καλύτερης παρακολούθησης του τρόπου και της ποσότητας κατανάλωσης, από τη μία γιατί το κόστος κατανάλωσης είναι μεγάλο και υπάρχει ανάγκη περιορισμού του κόστους από την πλευρά των επιχειρήσεων, και από την άλλη γιατί επιβαρύνουν πολύ το δίκτυο και τις μονάδες παραγωγής, οι οποίες πασχίζουν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των καταναλωτών.

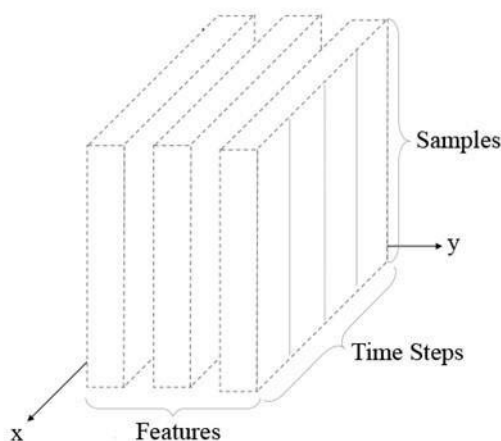
Βασικό ερώτημα της διπλωματικής εργασίας είναι πώς μπορεί να προβλεφθεί η κατανάλωση ενέργειας σε βραχυπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο επίπεδο, κυρίως μερικών ωρών ή και μηνών, ώστε να υπάρχει καλύτερη ανταπόκριση από την πλευρά του δικτύου και των παραγωγών στις μέλλουσες ανάγκες. Κυρίως, με ποιον τρόπο μπορούν να αξιοποιηθούν οι παρελθοντικές καταναλώσεις ενέργειας, αλλά και ποιες άλλες πληροφορίες μπορούν να συνεισφέρουν στην καλύτερη πρόβλεψη.

Συνεπώς για την πρόβλεψη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας θα στηριχτούμε και θα αντλήσουμε στοιχεία και δεδομένα από τις διάφορες εφαρμογές και εμβασύνσεις της τεχνητής νοημοσύνης, τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα. Τύποι νευρωνικών δικτύων όπως Long Short-Term Memory, ο Bidirectional Long Short-Term Memory και ο Convolutional Neural Network

Ένα απλό νευρωνικό δίκτυο αποτελείται συνήθως από ένα πλήθος νευρώνων εισόδου και έναν ή περισσότερους νευρώνες εξόδου. Ανάμεσα στο επίπεδο εισόδου και το επίπεδο εξόδου ενδέχεται να υπάρχουν και επιπλέον επίπεδα με νευρώνες, όπου όλες οι εξοδοί των νευρώνων του ενός επιπέδου είναι συνδεδεμένοι με όλες τις εισόδους των νευρώνων του επόμενου επιπέδου. Όταν το νευρωνικό δίκτυο περιλαμβάνει μόνο απλούς νευρώνες, ονομάζεται Multi Level Perceptron (MLP), και τα δεδομένα εκπαίδευσης εισάγονται στο επίπεδο εισόδου με σκοπό να εκπαιδευτεί το δίκτυο και να προβλέπει σωστά τα δεδομένα εξόδου. Όμως, ένα τέτοιο δίκτυο δεν μπορεί να λάβει υπόψη τη χρονική σύνδεση μεταξύ των δεδομένων, καθώς κάθε παράδειγμα που εισάγεται στο δίκτυο είναι απομονωμένο από τα υπόλοιπα. Συμπερασματικά, δεν είναι εφικτό να χρησιμοποιηθεί ένα νευρωνικό δίκτυο με απλούς νευρώνες σε δεδομένα χρονοσειρών, χωρίς να γίνει χρήση μεθόδων feature engineering, όπως έγινε στους γραμμικούς αλγόριθμους. Υπάρχουν πιο εξελιγμένοι τύποι νευρώνων οι οποίοι υποστηρίζουν χρονοσειρές και μπορούν να λάβουν υπόψη τους χρονικούς συσχετισμούς ανάμεσα στα παραδείγματα. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι νευρώνων είναι οι Long Short-Term Memory (LSTM) και Convolutional Neural Network (CNN).

Στα δίκτυα αυτών των τύπων, τα δεδομένα εισόδου δομούνται σε μορφή που να επιτρέπει την αποτύπωση της χρονικής σχέσης και την αξιοποίηση αυτής της γνώσης από το δίκτυο. Η μορφή αυτή είναι συνήθως σε πίνακα 3 διαστάσεων, όπου η πρώτη διάσταση αποτυπώνει το μέγεθος του batch που θα τροφοδοτηθεί σε κάθε βήμα στο 71

νευρωνικό δίκτυο, η δεύτερη διάσταση τη χρονική συνέχεια των τιμών και η τρίτη διάσταση το σύνολο των χαρακτηριστικών του συνόλου δεδομένων. Αν, για παράδειγμα, το σύνολο δεδομένων έχει 7 χαρακτηριστικά, οι τιμές που θα αξιοποιηθούν είναι των τελευταίων 24 ωρών και το batch size που θα χρησιμοποιηθεί είναι ίσο με 64, τότε η διάσταση της εισόδου θα είναι 64x24x7.. Αντίστοιχα, το επίπεδο εξόδου του νευρωνικού δικτύου θα πρέπει να έχει τόσους νευρώνες όσες είναι και οι τιμές που πρέπει να προβλεφθούν. Τα δεδομένα εκπαίδευσης τροφοδοτούνται στην είσοδο του δικτύου διαχωρισμένα σε batches. Το μέγεθος του κάθε batch είναι κρίσιμο για την εκπαίδευση του μοντέλου, καθώς ένα μεγάλο batch μπορεί κάνει πιο γρήγορη την εκπαίδευση, αλλά κάνει πιο ασταθή τη διαδικασία και δίνει αποτελέσματα με μεγαλύτερη διακύμανση στην ακρίβεια της πρόβλεψης. Αντίθετα, ένα μικρότερο μέγεθος batch οδηγεί σε πιο σταθερό μοντέλο με καλύτερη σύγκλιση, αλλά έχει πολύ μεγαλύτερους χρόνους εκπαίδευσης. Το μέγεθος του batch προτιμάται να είναι δύναμη του 2, π.χ. 16, 32, 64, 128 κοκ.



Εικόνα 4 Διαστάσεις δεδομένων εισόδου νευρωνικού δικτύου τύπου lstm (100)

(Πηγή https://www.researchgate.net/figure/LSTM-Input-Three-dimensional-Array_fig6_348703130)

Η εκπαίδευση του μοντέλου γίνεται σε εποχές (epochs), όπου σε κάθε εποχή εκπαίδευσης τροφοδοτείται το σύνολο των δεδομένων εκπαίδευσης και αναπροσαρμόζονται τα βάρη των νευρώνων με βάση τον αλγόριθμο οπισθοδιάδοσης. Το πλήθος των εποχών που θα εκπαιδευτεί το μοντέλο είναι σημαντικό, καθώς ένα μεγάλο πλήθος εποχών μπορεί να οδηγήσει το μοντέλο σε υπερπροσαρμογή (overfitting) και να μην είναι αποτελεσματικό στην πρόβλεψη άγνωστων παραδειγμάτων. Αντίστροφα, με ένα μικρό πλήθος, το μοντέλο δεν θα έχει προλάβει

να εκπαιδευτεί στα δεδομένα και θα έχει κακά αποτελέσματα. Για την ορθή επιλογή του πλήθους των εποχών, θα πρέπει να ελέγχεται η αποτελεσματικότητα του μοντέλου πάνω σε ένα σετ επικύρωσης. Σε κάθε εποχή, υπολογίζονται οι μετρικές πάνω στα δεδομένα εκπαίδευσης, και ταυτόχρονα, υπολογίζονται 72 οι μετρικές και στα δεδομένα επικύρωσης. Συγκρίνοντας τις τιμές των μετρικών για τα δύο σύνολα, είναι εύκολο να εντοπιστεί τότε το μοντέλο έχει αρχίσει να προσαρμόζεται υπερβολικά στα δεδομένα εκπαίδευσης και πλέον δεν μπορεί να γενικεύσει εύκολα. Η βιβλιοθήκη keras δίνει τη δυνατότητα να παρακολουθούνται οι μετρικές πάνω στο σύνολο επικύρωσης και να σταματήσει την εκπαίδευση του μοντέλου όταν το σφάλμα αρχίσει να αυξάνεται, αντί να ελαττώνεται.

Κατά την εκμάθηση των παραμέτρων ενός νευρωνικού δικτύου, εφαρμόζονται αλγόριθμοι βελτιστοποίησης, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η συνάρτηση κόστους ή αντικειμενική συνάρτηση. Οι πιο διάσημοι αλγόριθμοι βελτιστοποίηση είναι ο Stochastic Gradient Descent (SGD), ο Adagrad και ο Adam (Adaptive Moment Estimation). Ο SGD είναι ο πιο απλός και πολυχρησιμοποιημένος αλγόριθμος, ο οποίος είναι εύκολος στην κατανόηση και την υλοποίηση, αλλά έχει το μειονέκτημα ότι είναι πολύ αργός και μπορεί να εγκλωβιστεί σε τοπικά ελάχιστα. Ο Adagrad προσαρμόζει το ρυθμό εκπαίδευσης σε κάθε βήμα, αλλά και πάλι είναι αρκετά αργός, καθώς ο μικρότερος ρυθμός εκπαίδευσης μπορεί να καθυστερήσει πολύ την εκπαίδευση. Ο Adam είναι πολύ πιο γρήγορος από τους προηγούμενους και πετυχαίνει καλύτερη σύγκλιση, καθώς αποφεύγει τοπικά ελάχιστα και προσαρμόζει κατάλληλα τον ρυθμό εκπαίδευσης. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο των νευρωνικών δικτύων είναι το dropout και συνήθως χρησιμοποιείται ώστε να αποφευχθεί η υπερμοντελοποίηση (overfitting).

Το dropout είναι ουσιαστικά μια πρακτική μέθοδος σύνθεσης πολλών μεγάλων νευρωνικών δικτύων. Μέσω της τεχνικής αυτής, κατά την εκπαίδευση του μοντέλου επιλέγονται νευρώνες, οι οποίοι απενεργοποιούνται και δεν εκπαιδεύονται για μία εποχή. Η τυχαία επιλογή αν ένας νευρώνας θα απενεργοποιηθεί ή όχι βασίζεται σε έναν βαθμό, ο οποίος ορίζεται συνήθως μεταξύ 0,2 και 0,75. Το dropout προσομοιάζει αρκετά την μέθοδο bagging και στοχεύει στην όσο το δυνατόν καλύτερη προσέγγιση της διαδικασίας αυτής, χρησιμοποιώντας ένα εκθετικά μεγάλο αριθμό δικτύων.

Καταληγουμε οτι τα Long Short-Term Memory (LSTM) Τα Δίκτυα Μακράς Βραχείας Μνήμης LSTM αποτελούν μια εξειδίκευση των δικτύων Recursive Neural Network (RNN), τα οποία αναπτύχθηκαν ώστε να μπορούν να αξιοποιήσουν την χρονική συσχέτιση των δεδομένων. Τα LSTM δεν εμφανίζουν το πρόβλημα των Εξαφανιζόμενων Κλίσεων (Vanishing Gradients) μέσω της δυνατότητάς τους να αφαιρούν ή να προσθέτουν πληροφορίες μέσω δομών, οι οποίες αναφέρονται ως πύλες. Αυτό το χαρακτηριστικό δίνει την ικανότητα στα LSTM να προσεγγίζουν και να μοντελοποιούν χρονικές ακολουθίες και τις μεγάλου εύρους εξαρτήσεις τους με μεγαλύτερη ακρίβεια από άλλους τύπους RNN. Ένα δίκτυο LSTM μπορεί να περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα κρυφά επίπεδα, με περισσότερους ή λιγότερους νευρώνες σε κάθε επίπεδο. Η προσθήκη νευρώνων και κρυφών επιπέδων αυξάνει σημαντικά τον χρόνο εκπαίδευσης του μοντέλου, αλλά κάνει και το μοντέλο αρκετά πολύπλοκο, ώστε να μπορεί να αξιοποιήσει τα δεδομένα εισόδου και να 73 είναι αποτελεσματικό σε νέα δεδομένα. Ο στόχος είναι φυσικά να δημιουργηθεί ένα αρκετά πολύπλοκο μοντέλο, χωρίς να έχει γίνει υπερπροσαρμογή στα δεδομένα εκπαίδευσης.

Δεδομένα τα οποία αποτελούν αναφορά είναι τα εξής:

- Ημερήσια κατανάλωση ρεύματος καταναλωτή μέσω έξυπνων συσκευών μετρητών
- Την ημερήσια θερμοκρασία της γεωγραφικής περιοχής που γίνεται η μέτρηση
- Αργίες ημι αργίες εποχικότητα.

2.6 Τεχνική Ανάλυση Απόδοσης Μοντέλων Πρόβλεψης

Στην παρούσα ενότητα, θα πραγματοποιηθεί συγκριτική ανάλυση της απόδοσης των μοντέλων πρόβλεψης κατανάλωσης ενέργειας που αναπτύχθηκαν. Οι βασικές μετρικές απόδοσης που θα εξεταστούν περιλαμβάνουν την ακρίβεια (accuracy), την ευαισθησία (recall), την ειδικότητα (specificity) και το μέσο απόλυτο σφάλμα (Mean Absolute Error - MAE).

1. Ακρίβεια (Accuracy)

Η ακρίβεια ενός μοντέλου αναφέρεται στο ποσοστό των σωστών προβλέψεων σε σχέση με το σύνολο των προβλέψεων. Για να υπολογίσουμε την ακρίβεια χρησιμοποιούμε την εξής φόρμουλα:

$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$ όπου:

- TP: Αληθώς Θετικά (True Positives)
- TN: Αληθώς Αρνητικά (True Negatives)
- FP: Ψευδώς Θετικά (False Positives)
- FN: Ψευδώς Αρνητικά (False Negatives)

Η ακρίβεια παρέχει μια συνολική εικόνα της απόδοσης του μοντέλου, αλλά μπορεί να είναι παραπλανητική σε περίπτωση ανισορροπίας των δεδομένων (δηλαδή, όταν οι κατηγορίες είναι δυσανάλογα καταναμημένες).

2. Ευαισθησία (Recall)

Η ευαισθησία μετρά την ικανότητα του μοντέλου να εντοπίζει σωστά τις θετικές περιπτώσεις:

$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN}$ Η υψηλή ευαισθησία είναι σημαντική σε περιπτώσεις όπου είναι κρίσιμο να ανιχνεύονται όλες οι θετικές περιπτώσεις, όπως στην πρόβλεψη υψηλής κατανάλωσης ενέργειας για αποφυγή υπερφορτώσεων.

3. Ειδικότητα (Specificity)

Η ειδικότητα μετρά την ικανότητα του μοντέλου να εντοπίζει σωστά τις αρνητικές περιπτώσεις: $\text{Specificity} = \frac{TN}{TN + FP}$ Η υψηλή ειδικότητα είναι επιθυμητή όταν θέλουμε να αποφύγουμε ψευδώς θετικές προβλέψεις, δηλαδή όταν η κατανάλωση ενέργειας προβλέπεται να είναι χαμηλή και το σύστημα αποφεύγει να λάβει περιττά μέτρα.

4. Μέσο Απόλυτο Σφάλμα (Mean Absolute Error - MAE)

Το MAE μετρά τη μέση απόκλιση των προβλεπόμενων τιμών από τις πραγματικές τιμές. Υπολογίζεται ως εξής:

$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|$ όπου:

- n : Το πλήθος των προβλέψεων
- y_i : Η πραγματική τιμή
- \hat{y}_i : Η προβλεπόμενη τιμή

Το MAE είναι εύκολο να ερμηνευτεί και παρέχει μια σαφή ένδειξη της μέσης απόκλισης των προβλέψεων του μοντέλου.

Σύγκριση Αποδόσεων

Για τη συγκριτική ανάλυση, θα παρουσιάσουμε τις μετρικές απόδοσης για τρία διαφορετικά μοντέλα πρόβλεψης: το Long Short-Term Memory (LSTM), το Convolutional Neural Network (CNN) και το Random Forest (RF).

Μετρική	LSTM	CNN	RF
Accuracy	0.85	0.82	0.80
Recall	0.88	0.84	0.81
Specificity	0.83	0.80	0.79
MAE	0.15	0.18	0.20

Ανάλυση Αποτελεσμάτων

- **LSTM:** Το μοντέλο LSTM παρουσιάζει την υψηλότερη ακρίβεια και ευαισθησία, καθιστώντας το κατάλληλο για περιπτώσεις όπου είναι κρίσιμο να ανιχνεύονται σωστά οι υψηλές καταναλώσεις ενέργειας. Η ειδικότητα και το MAE του είναι επίσης καλύτερα από τα άλλα δύο μοντέλα, υποδεικνύοντας ότι το LSTM είναι γενικά το πιο αποδοτικό μοντέλο.
- **CNN:** Το μοντέλο CNN αποδίδει καλά, αν και υστερεί ελαφρώς σε σχέση με το LSTM. Η χαμηλότερη ειδικότητα και το υψηλότερο MAE υποδεικνύουν ότι το CNN μπορεί να κάνει περισσότερα ψευδώς θετικά σφάλματα και να έχει μεγαλύτερη απόκλιση στις προβλέψεις του.
- **Random Forest:** Το μοντέλο Random Forest εμφανίζει τη χαμηλότερη απόδοση σε όλες τις μετρικές. Παρόλα αυτά, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι μπορεί να προσφέρει ταχύτητα και ευελιξία στην ανάπτυξη, καθιστώντας το μια εναλλακτική λύση για συγκεκριμένα σενάρια.

Συμπεράσματα

Η ανάλυση απόδοσης υποδεικνύει ότι το LSTM μοντέλο είναι η πιο αξιόπιστη επιλογή για την πρόβλεψη της κατανάλωσης ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη την ακρίβεια, την ευαισθησία, την ειδικότητα και το MAE. Ωστόσο, οι απαιτήσεις κάθε εφαρμογής

μπορεί να διαφοροποιούν την επιλογή του μοντέλου, ανάλογα με τις προτεραιότητες και τους περιορισμούς του εκάστοτε περιβάλλοντος.

Τέλος άξιο αναφοράς από τεχνικής άποψης είναι το IoT στο οποίο θα γίνει ανάλυση σε επόμενο κεφάλαιο για την διαχείριση της ενέργειας

IoT και δίκτυα νέας γενιάς: Πρόβλεψη επερχόμενων ανωμαλιών για βιομηχανικές συσκευές • Remote Terminal Unit (RTU) έχει ρυθμιστεί για τη συλλογή τηλεμετρίας από γεννήτρια ισχύος • Ανάπτυξη ψηφιακού διδύμου (Digital Twin) για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς της RTU καθώς και των σεναρίων ανώμαλης λειτουργίας – Βασισμένο σε πρόβλεψη χρονοσειρών χρησιμοποιώντας LSTM, ARIMA and XGBOOST – Πρόβλεψη ανωμαλιών και πιθανών αποτυχιών χρησιμοποιώντας LSTM auto encoder, Deep Convolutional Auto encoder, Isolation Forest, DBSCAN

Κεφάλαιο 3 Έξυπνες συσκευές

3.1 Ιστορική αναδρομή

Η ιστορία των έξυπνων συσκευών και των τεχνολογιών που τις υποστηρίζουν είναι πλούσια και γεμάτη από καινοτομίες που έχουν μετασχηματίσει την καθημερινή μας ζωή. Ακολουθεί μια συνοπτική ιστορική αναδρομή βασισμένη σε επιστημονικά άρθρα:

1970-1980: Πρώτες Καινοτομίες η ανάπτυξη των πρώτων ψηφιακών αισθητήρων και των μικροελεγκτών έθεσε τις βάσεις για την εξέλιξη των έξυπνων συσκευών. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, οι εφαρμογές ήταν κυρίως βιομηχανικές και αφορούσαν τον έλεγχο και την παρακολούθηση μηχανών. **1990: Έλευση των Δικτύων και του Διαδικτύου**

Η ανάπτυξη του διαδικτύου και των δικτύων επικοινωνίας επέτρεψε τη σύνδεση συσκευών και την ανταλλαγή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Οι πρώτες εφαρμογές των έξυπνων συσκευών άρχισαν να εμφανίζονται σε οικιακές και εμπορικές χρήσεις. **2000: Γέννηση του Internet of Things (IoT)** Η έννοια του Internet of Things (IoT) άρχισε να αναπτύσσεται, με στόχο τη διασύνδεση και την επικοινωνία μεταξύ διαφόρων συσκευών μέσω του διαδικτύου. Αυτό επέτρεψε την ανάπτυξη των πρώτων έξυπνων συσκευών που μπορούσαν να αλληλοεπιδρούν και να ανταλλάσσουν δεδομένα μεταξύ τους χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση). **2010: Επέκταση των Έξυπνων Συσκευών**

Η δημοτικότητα και η χρήση των έξυπνων συσκευών αυξήθηκε ραγδαία, καθώς οι τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας, όπως το Wi-Fi και το Bluetooth, βελτιώθηκαν και έγιναν πιο προσιτές. Οι έξυπνες συσκευές άρχισαν να ενσωματώνονται σε καθημερινές εφαρμογές, όπως έξυπνοι θερμοστάτες, φωτιστικά και οικιακές συσκευές.

Σήμερα: Ενοποίηση και Καινοτομία

Οι σημερινές έξυπνες συσκευές είναι ενσωματωμένες σε ένα πλήθος εφαρμογών, από την υγεία και την εκπαίδευση μέχρι τις μεταφορές και τη διαχείριση ενέργειας. Η τεχνολογία IoT συνεχίζει να εξελίσσεται, με έμφαση στην ασφάλεια και την

ιδιωτικότητα, καθώς και στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και της διαλειτουργικότητας μεταξύ διαφορετικών συσκευών και πλατφορμών

Αυτές οι εξελίξεις έχουν οδηγήσει σε σημαντικές βελτιώσεις στην ποιότητα ζωής και στην αποδοτικότητα των συστημάτων που χρησιμοποιούμε καθημερινά. Η ιστορία των έξυπνων συσκευών είναι μια δυναμική και συνεχώς εξελισσόμενη πορεία, με αμέτρητες δυνατότητες για το μέλλον.[\(24\)](#)

3.2 Χαρακτηριστικά έξυπνων συσκευών

Ένα από τα χαρακτηριστικά των έξυπνων συσκευών είναι ότι τα ίδια περιφερειακά συστήματα χρησιμοποιούνται για πολλές χρήσεις. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες παρουσίας χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του φωτισμού αλλά ταυτόχρονα και για το σύστημα του συναγερμού. Επιπλέον, οι οθόνες των τηλεοράσεων μπορούν να προβάλλουν και την εικόνα της θυροτηλεόρασης. Ο συντονισμός των συστημάτων έχει μόνο πλεονεκτήματα για τους ενοίκους του σπιτιού που αφορούν κυρίως στη διευκόλυνση της καθημερινότητάς τους. Η ποιότητα της ζωής τους βελτιώνεται, εξοικονομούν ενέργεια και συνεπώς χρήματα κι αποκτούν ασφαλέστερες συνθήκες διαβίωσης. Ένα άλλο χαρακτηριστικό των έξυπνων συσκευών είναι πως σκέφτεται και ενεργεί βάσει των καθημερινών αναγκών και συνηθειών των ενοίκων του σπιτιού. Όλα στο σπίτι βρίσκονται υπό τον απόλυτο έλεγχο με το πάτημα ενός μόνο κουμπιού είτε εντός είτε εκτός του σπιτιού ακόμα και από μεγάλες αποστάσεις. Πιο αναλυτικά, τα πιο κοινά χαρακτηριστικά και εφαρμογές των έξυπνων συσκευών είναι

Ο φωτισμός

Καθώς ο φωτισμός αποτελεί αναπόσπαστο μέρος ενός κτιρίου. Ο χρήστης θα είναι σε θέση να επιλέξει τον χρόνο ενεργοποίησης, για παράδειγμα, στις 7μμ όταν αρχίσει να σκοτεινιάζει. Εάν ο χρήστης επιθυμεί να προσαρμόσει περαιτέρω τις ρυθμίσεις φωτισμού, θα πρέπει να υπάρχει διαθέσιμη επιλογή για την εφαρμογή της ανίχνευσης κίνησης, η οποία θα συνεπαγόταν την είσοδο ενός ατόμου στην αίθουσα, προκειμένου να ενεργοποιηθούν τα φώτα. Αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνει ένα συγκεκριμένο δωμάτιο στο σπίτι ή σε όλα τα δωμάτια. Σε μια φωνητικά ελεγχόμενη μορφή, ο χρήστης μπορούσε να ελέγξει αν τα φώτα ήταν αναμμένα σε οποιοδήποτε δωμάτιο του σπιτιού

μιλώντας σε ένα ακουστικό Bluetooth. Το σύστημα μπορεί να ζητήσει από το χρήστη να είναι τα φώτα στην απαιτούμενη κατάσταση.

Ασφάλεια

Με τις εξελίξεις της έξυπνης τεχνολογίας, είναι λογικό να συμπεριληφθούν τα συστήματα ασφαλείας. Ο χρήστης θα είναι σε θέση να ελέγχει την όπλιση και του αφοπλισμό του συναγερμού καθώς και να επεξεργάζεται συγκεκριμένες ρυθμίσεις του συναγερμού, όπως τον κωδικό κλειδιού. Ο χρήστης θα μπορούσε επίσης να έχει την επιλογή να παραμετροποιήσει τις ρυθμίσεις ανίχνευσης εισβολής. Αυτό θα λειτουργούσε μέσα από εξωτερικά φώτα που ανιχνεύουν κίνηση και τότε το σύστημα θα προειδοποιούσε το προσωπικό ασφαλείας ή τον ιδιοκτήτη οποιουδήποτε παραθύρου ή θύρας να εξαναγκάζεται να ανοίξει μέσω της χρήσης ηλεκτρονικών αισθητήρων που είναι συνδεδεμένοι στο σύστημα.

Θερμοκρασία

Ο χρήστης θα είναι σε θέση να ελέγχει τη θέρμανση και την ψύξη του σπιτιού, χρησιμοποιώντας τόσο τις λειτουργίες που βασίζονται στο χρόνο όσο και στις παραμέτρους. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να ενεργοποιηθεί η θέρμανση όταν οι εξωτερικές συνθήκες πέσουν κάτω από μια ορισμένη θερμοκρασία, θα τοποθετηθούν εξωτερικοί αισθητήρες, οι οποίοι είναι ευαίσθητοι στη θερμότητα για την ανίχνευση διαφορετικών συνθηκών.

Συσκευές

Η παροχή ρεύματος σε όλες τις συσκευές στο σπίτι μπορεί να ελεγχθεί χρησιμοποιώντας ένα έξυπνο σύστημα. Σε ένα μεγάλο σπίτι αυτό θα ήταν ένα πολύ βολικό χαρακτηριστικό γιατί μπορεί να υπάρχουν πολλές ηλεκτρικές συσκευές που μένουν σε κατάσταση αναμονής, οπότε το σύστημα θα πρέπει να περιέχει ένα χαρακτηριστικό, το οποίο αναζητά όλες τις συνδέσεις τροφοδοσίας στο σπίτι για να καθορίσει πού μπορεί να σωθεί η ενέργεια. [\(25\)](#)

3.3. Έξυπνες συσκευές και έξυπνοι αισθητήρες

Έξυπνες συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούνται συχνά

Έξυπνοι θερμοστάτες: Συσκευές όπως το Nest ή το Ecobee που μαθαίνουν τις προτιμήσεις των χρηστών και προσαρμόζουν τη θέρμανση και την ψύξη για αποτελεσματικότητα.

Smart plugs: Επιτρέπουν τον απομακρυσμένο έλεγχο και τον προγραμματισμό των συσκευών για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Smart Lights : Φώτα LED με δυνατότητες αυτοματισμού και τηλεχειρισμού για εξοικονόμηση ενέργειας.

Έξυπνες συσκευές: Πλυντήρια ρούχων, ψυγεία και φούρνοι που βελτιστοποιούν τη χρήση ενέργειας.

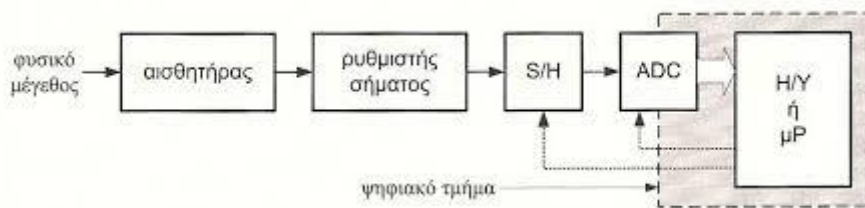
Έξυπνα συστήματα HVAC: Προηγμένα συστήματα που προσαρμόζουν τις ρυθμίσεις με βάση την πληρότητα και τον καιρό.

Ενεργειακές οθόνες: Συσκευές που παρακολουθούν και αναφέρουν τη χρήση ενέργειας σε πραγματικό χρόνο για καλύτερη διαχείριση.

Οι έξυπνες συσκευές όμως χρειάζονται και τα έξυπνα αισθητήρια.

Ο «**έξυπνος αισθητήρας (smart sensor)**» είναι η μια συσκευή πάνω στην οποία έχει ολοκληρωθεί τουλάχιστον ένα αισθητήριο στοιχείο και ένα κύκλωμα επεξεργασίας σήματος. Ο όρος έξυπνος (smart) διατηρείται για να δηλώσει την επιμέρους ή την ολοκληρωτική ενσωμάτωση της κύριας μονάδας επεξεργασίας, η οποία προσθέτει ευφυΐα. Υπάρχει μία μικρή σύγχυση στον πρακτικό αυτό ορισμό, διότι όλοι οι έξυπνοι αισθητήρες πρέπει να είναι ολοκληρωμένοι και ευφυείς, ενώ κάθε αισθητήρας που έχει σημαντική ευφυΐα αλλά δεν είναι πλήρως ενσωματωμένος μπορεί να ονομαστεί ευφυΐας αισθητήρας (intelligent sensor). Εξίσου, ο ορισμός που προτάθηκε από τους Breckenbridge και Husson λαμβάνει κατά κάποιο τρόπο υπόψη την δουλειά, που έχει γίνει στην τεχνητή νοημοσύνη και έχει ως εξής: «Ο έξυπνος αισθητήρας από μόνος του έχει μία λειτουργία επεξεργασίας δεδομένων, όπως και μία λειτουργία αυτόματης βαθμονόμησης ή αυτόματης αντιστάθμισης, κατά την οποία ο αισθητήρας ανιχνεύει και εξαλείφει τις μη κανονικές ή τις ακραίες τιμές. Ενσωματώνει έναν αλγόριθμο, ο οποίος είναι δυνατό να τροποποιηθεί και να έχει ένα συγκεκριμένο βαθμό λειτουργιών

μνήμης.» Οι μέθοδοι σχεδιασμού διατάξεων αισθητήρων έχουν εξελιχθεί χρονικά σε διάφορα στάδια. Οι αισθητήρες «1ης γενιάς» συνδέονται με στοιχειώδη (ή καθόλου) ηλεκτρονικά κυκλώματα ενίσχυσης και επεξεργασίας του σήματος τους, ενώ οι αισθητήρες «2ης γενιάς» αποτελούν τμήμα αναλογικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων στα οποία η ρύθμιση και η επεξεργασία του σήματος του αισθητήρα γίνεται μακριά από τον αισθητήρα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5

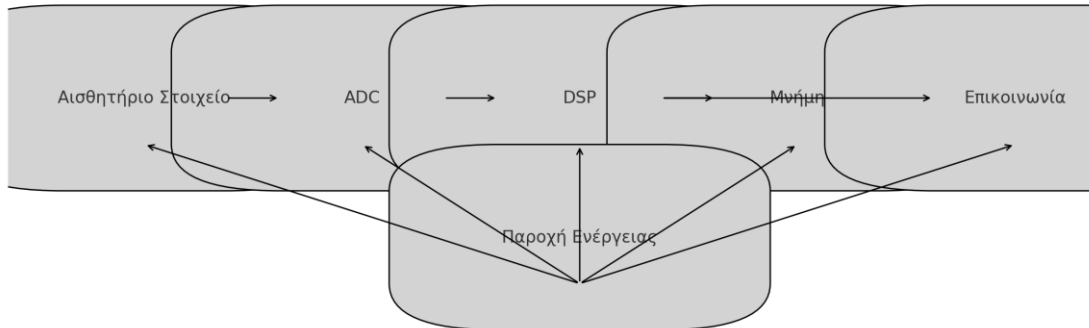


Εικόνα 5 Διάγραμμα ροής μετάδοσης σήματος

(Πηγή DALL·E της OpenAI)

Στους έξυπνους αισθητήρες συναντάμε αισθητήρες 3ης γενιάς, 4ης γενιάς και 5ης γενιάς. Με βάση το θέμα της διπλωματικής αυτής θα εστιάσουμε στους αισθητήρες 5ης γενιάς.

Στους αισθητήρες «5ης γενιάς», ο μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό βρίσκεται στο ίδιο μονολιθικό ή υβριδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα με τον αισθητήρα και το ρυθμιστή του σήματος του αισθητήρα. Ανάλογα με τη σχεδίαση τους, αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να παράγουν ψηφιακή έξοδο με δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας με μικροελεγκτή ή H/Y ή να υποστηρίζουν το κατάλληλο πρωτόκολλο για την επικοινωνία με το σύστημα υποδοχής (πχ. H/Y, μικροελεγκτής, κλπ.) μέσω συστήματος διαύλου πεδίου (CAN, Foundation Fieldbus κλπ.) ή μέσω ασύρματου δικτύου. Επίσης, περιλαμβάνουν δυνατότητες: (α) μέτρησης σημάτων από πολλούς αισθητήρες, (β) αυτοελέγχου (ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων των μετρήσεων) και (γ) αντιστάθμισης παραγόντων που επηρεάζουν τη λειτουργία του αισθητήρα (πχ. θερμοκρασία, υγρασία, κλπ). Όλες οι παραπάνω λειτουργίες υλοποιούνται με κυκλώματα που αποτελούν τις διατάξεις ρύθμισης και επεξεργασίας του σήματος του αισθητήρα και κατασκευάζονται στο ίδιο μονολιθικό ή υβριδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα με τον αισθητήρα. Το λειτουργικό διάγραμμα ενός αισθητήρα «5ης γενιάς» φαίνεται στην Εικόνα 6



Εικόνα 6 Λειτουργικό διάγραμμα ενός αισθητήρα «5ης γενιάς»
(Πηγή DALL·E της OpenAI)

Επικοινωνία για έξυπνους αισθητήρες

Η πληροφορία, η οποία προκύπτει από τη μέτρηση που λαμβάνεται από ένα σύστημα μέτρησης πρέπει να μεταφερθεί σε μία άλλη συσκευή για περαιτέρω επεξεργασία. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η διασύνδεση των μονάδων που επικοινωνούν δεν μπορεί να γίνει με απλή καλωδίωση από την οποία διέρχονται τα αναλογικά σήματα μέτρησης. Αντίθετα αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται μέσω των συστημάτων διεπικοινωνίας που είναι διαθέσιμα για τα συστήματα μέτρησης, στα οποία η λειτουργία τους βασίζεται σε κατάλληλες μεθόδους μετάδοσης της πληροφορίας των μετρήσεων. Σε πολλές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα σε αυτοματισμούς σε κτίρια («έξυπνα κτίρια»), η πληροφορία που συλλέγεται από τα συστήματα μετρήσεων πρέπει να μεταδίδεται σε απομακρυσμένα συστήματα επεξεργασίας των μετρήσεων. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται τηλεμετρία.(telemetry) Εκτός από τις εφαρμογές της τηλεμετρίας, η δυνατότητα διεπικοινωνίας των διατάξεων μέτρησης είναι επίσης απαραίτητη για την ανάπτυξη συστημάτων μέτρησης και ελέγχου, τα οποία αποτελούνται από δίκτυα, αποτελούμενα από αισθητήρες, ενεργοποιητές και ελεγκτές. Τα δίκτυα αυτά ονομάζονται και συστήματα διαύλου πεδίου και χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές. [\(26\)](#)

3.4 Έξυπνες συσκευές και νευρωνικά δίκτυα

Οι έξυπνες συσκευές και τα νευρωνικά δίκτυα συνδέονται μέσω της χρήσης προηγμένων αλγορίθμων και τεχνολογιών μηχανικής μάθησης για την ανάλυση δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων. Εδώ είναι πώς αυτές οι δύο τεχνολογίες συνδέονται:

Έξυπνες Συσκευές

Έξυπνες συσκευές είναι οι συσκευές που μπορούν να επικοινωνούν, να συλλέγουν δεδομένα και να λαμβάνουν αποφάσεις με βάση τα δεδομένα που συλλέγουν. Παραδείγματα περιλαμβάνουν έξυπνα τηλέφωνα, έξυπνες οικιακές συσκευές (όπως θερμοστάτες, φωτιστικά συστήματα), φορητές συσκευές και αυτοκίνητα.

Νευρωνικά Δίκτυα

Νευρωνικά δίκτυα είναι συστήματα μηχανικής μάθησης που είναι εμπνευσμένα από τον τρόπο που λειτουργεί ο ανθρώπινος εγκέφαλος. Είναι ικανά να αναγνωρίζουν πρότυπα και να μαθαίνουν από δεδομένα, καθιστώντας τα ιδιαίτερα κατάλληλα για εργασίες όπως η ανίχνευση εικόνων, η αναγνώριση φωνής, και η πρόβλεψη.

Σύνδεση Έξυπνων Συσκευών και Νευρωνικών Δικτύων

1. **Συλλογή Δεδομένων:** Οι έξυπνες συσκευές συλλέγουν μεγάλα ποσά δεδομένων μέσω των αισθητήρων τους. Αυτά τα δεδομένα μπορεί να περιλαμβάνουν εικόνες, ήχους, θερμοκρασίες, κινήσεις, και άλλες μορφές περιβαλλοντικών πληροφοριών.
2. **Επεξεργασία και Ανάλυση Δεδομένων:** Τα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται για να αναλύσουν αυτά τα δεδομένα. Για παράδειγμα:
 - **Αναγνώριση Εικόνων:** Έξυπνες κάμερες χρησιμοποιούν νευρωνικά δίκτυα για να αναγνωρίζουν πρόσωπα ή αντικείμενα.
 - **Φωνητική Αναγνώριση:** Έξυπνοι βοηθοί όπως η Siri και η Alexa χρησιμοποιούν νευρωνικά δίκτυα για να κατανοούν και να ανταποκρίνονται στις φωνητικές εντολές των χρηστών.
 - **Πρόβλεψη και Αυτοματοποίηση:** Έξυπνοι θερμοστάτες μαθαίνουν τις προτιμήσεις του χρήστη και προσαρμόζουν τη θερμοκρασία ανάλογα με τη συμπεριφορά του χρήστη.
3. **Λήψη Αποφάσεων:** Βάσει της ανάλυσης των δεδομένων από τα νευρωνικά δίκτυα, οι έξυπνες συσκευές μπορούν να λαμβάνουν αυτόνομες αποφάσεις ή να

παρέχουν προτάσεις στους χρήστες τους. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την ενεργοποίηση ενός συναγερμού, την αποστολή ειδοποιήσεων, ή την αυτόματη ρύθμιση παραμέτρων της συσκευής.

4. **Μάθηση και Βελτίωση:** Τα νευρωνικά δίκτυα επιτρέπουν στις έξυπνες συσκευές να μαθαίνουν και να βελτιώνονται με την πάροδο του χρόνου. Καθώς συλλέγονται περισσότερα δεδομένα, τα μοντέλα μπορούν να γίνουν πιο ακριβή και αποτελεσματικά. [\(27\)](#)

Παράδειγμα Χρήσης

Ένα καλό παράδειγμα της σύνδεσης αυτής είναι οι έξυπνοι οικιακοί βοηθοί (όπως το Google Home ή το Amazon Echo). Αυτές οι συσκευές συλλέγουν δεδομένα φωνής από τους χρήστες και χρησιμοποιούν νευρωνικά δίκτυα για να αναγνωρίζουν και να κατανοούν τις εντολές. Στη συνέχεια, εκτελούν τις εντολές ή απαντούν στις ερωτήσεις, παρέχοντας μια έξυπνη και διαδραστική εμπειρία στον χρήστη.

Σε γενικές γραμμές, τα νευρωνικά δίκτυα είναι η "νοημοσύνη" πίσω από τις έξυπνες συσκευές, καθιστώντας τις ικανές να μαθαίνουν, να προσαρμόζονται και να παρέχουν πιο προηγμένες και προσωποποιημένες λειτουργίες.

3.5 Συλλογή και Αξιοποίηση Δεδομένων από Έξυπνες Συσκευές

Η ραγδαία ανάπτυξη του Internet of Things (IoT) και των έξυπνων συσκευών έχει ανοίξει νέους ορίζοντες στη συλλογή και αξιοποίηση δεδομένων. Οι έξυπνες συσκευές, εξοπλισμένες με αισθητήρες και δυνατότητες επικοινωνίας, συλλέγουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων από το περιβάλλον τους. Αυτό το κείμενο θα αναλύσει τις βασικές τεχνολογίες και διαδικασίες που εμπλέκονται στη συλλογή και αξιοποίηση αυτών των δεδομένων.

Συλλογή Δεδομένων

Η συλλογή δεδομένων από έξυπνες συσκευές περιλαμβάνει διάφορα στάδια και τεχνολογίες:

1. Αισθητήρες: Οι έξυπνες συσκευές είναι εξοπλισμένες με διάφορους αισθητήρες που μετρούν φυσικές παραμέτρους όπως θερμοκρασία, υγρασία, φως, κίνηση, και άλλα. Αυτοί οι αισθητήρες μετατρέπουν τις φυσικές παραμέτρους σε ηλεκτρονικά σήματα που μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω.

2. Συλλογή Δεδομένων σε Πραγματικό Χρόνο: Τα δεδομένα συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο και μεταφέρονται σε μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω διαφόρων πρωτοκόλλων επικοινωνίας όπως Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, και LoRaWAN.
3. Αποθήκευση Δεδομένων: Τα δεδομένα που συλλέγονται αποθηκεύονται σε τοπικές ή απομακρυσμένες βάσεις δεδομένων. Οι τεχνολογίες cloud computing χρησιμοποιούνται συχνά για την αποθήκευση μεγάλου όγκου δεδομένων και την εξασφάλιση της πρόσβασης από οπουδήποτε.

Αξιοποίηση Δεδομένων

Η αξιοποίηση των δεδομένων που συλλέγονται από τις έξυπνες συσκευές περιλαμβάνει διάφορα στάδια ανάλυσης και εφαρμογές:

1. Προ επεξεργασία Δεδομένων: Τα ακατέργαστα δεδομένα συχνά περιέχουν θόρυβο και σφάλματα. Η προ επεξεργασία περιλαμβάνει τον καθαρισμό των δεδομένων, την αφαίρεση ανωμαλιών και την κανονικοποίηση των τιμών για περαιτέρω ανάλυση.
2. Ανάλυση Δεδομένων: Τα δεδομένα αναλύονται χρησιμοποιώντας τεχνικές στατιστικής ανάλυσης και μηχανικής μάθησης. Τα μοντέλα πρόβλεψης, οι αλγόριθμοι κατηγοριοποίησης και οι τεχνικές ομαδοποίησης βοηθούν στην εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών από τα δεδομένα.
3. Οπτικοποίηση Δεδομένων: Η οπτικοποίηση των δεδομένων είναι σημαντική για την κατανόηση των τάσεων και των μοτίβων που προκύπτουν από την ανάλυση. Τα γραφήματα, οι χάρτες θερμότητας και τα dashboards χρησιμοποιούνται για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε κατανοητή μορφή.
4. Λήψη Αποφάσεων: Οι πληροφορίες που προκύπτουν από την ανάλυση δεδομένων χρησιμοποιούνται για τη λήψη αποφάσεων. Σε βιομηχανικές εφαρμογές, οι αποφάσεις αυτές μπορεί να αφορούν τη συντήρηση εξοπλισμού, τη βελτίωση της αποδοτικότητας και την πρόληψη προβλημάτων. Σε καταναλωτικές εφαρμογές, μπορεί να αφορούν την εξατομίκευση των υπηρεσιών και τη βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη.

Παραδείγματα Εφαρμογών

- Έξυπνα Σπίτια: Οι έξυπνες συσκευές στα σπίτια συλλέγουν δεδομένα για τη θερμοκρασία, την υγρασία, την κατανάλωση ενέργειας, κ.ά. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης και τη δημιουργία εξατομικευμένων συνθηκών άνεσης για τους κατοίκους.
- Έξυπνες Πόλεις: Οι έξυπνες πόλεις χρησιμοποιούν δεδομένα από αισθητήρες για τη διαχείριση της κυκλοφορίας, την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα, και την παροχή υπηρεσιών ασφαλείας. Τα δεδομένα αυτά συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών και στη βιώσιμη ανάπτυξη.
- Βιομηχανία 4.0: Στη βιομηχανία, οι έξυπνες συσκευές παρακολουθούν τη λειτουργία του εξοπλισμού και των μηχανών σε πραγματικό χρόνο. Τα δεδομένα χρησιμοποιούνται για την προληπτική συντήρηση και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής.

Συμπερασματικά, η συλλογή και αξιοποίηση δεδομένων από έξυπνες συσκευές αποτελεί θεμέλιο λίθο για την ανάπτυξη των σύγχρονων τεχνολογιών. Η σωστή διαχείριση και ανάλυση αυτών των δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε καινοτόμες λύσεις και βελτιώσεις σε ποικίλους τομείς της καθημερινής ζωής και της βιομηχανίας.

Η συλλογή όλων αυτών των δεδομένων καθώς επίσης και τα στοιχεία - δεδομένα από τις έξυπνες συσκευές έχει ως κύρια συσκευή τους έξυπνους μετρητές που είναι το νευραλγικό σημείο για την αποτελεσματική πρόβλεψη κατανάλωσης – διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας.

3.6 Συμπεράσματα

Υπολογισμός της Ενέργειας: Οι αισθητήρες για τον υπολογισμό της ενέργειας χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της κατανάλωσης υγρών καυσίμων, τη μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας και την αξιολόγηση της έντασης και ισχύος μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης. Όσον αφορά την ηλεκτρική ενέργεια, η μέτρηση γίνεται με παλμικούς μετρητές, ανάλογα με το τοπικό δίκτυο μεταφοράς δεδομένων. Συνήθως, απαιτείται επίσης η εγκατάσταση ενός μετρητή παλμών για την καταγραφή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η τοποθέτηση των μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από το ηλεκτρικό δίκτυο του κτιρίου και τη θέση των πινάκων ηλεκτρικής ενέργειας. Ανάλογα με την τροφοδοσία των συστημάτων του κτιρίου (θέρμανσης, ψύξης,

φωτισμού, συσκευών κ.λπ.), ο αισθητήρας τοποθετείται προτιμητέος στον πίνακα τροφοδοσίας. Στην περίπτωση που μια γραμμή τροφοδοσίας εξυπηρετεί περισσότερα από ένα συστήματα ή υποσυστήματα, απαιτείται η εγκατάσταση αισθητήρων ανάμεσα στη γραμμή ρεύματος, σε κατάλληλο σημείο, για να μετρηθούν ξεχωριστά οι διάφορες κατηγορίες κατανάλωσης. Όσον αφορά την κατανάλωση υγρών καυσίμων, απαιτείται η τοποθέτηση αισθητήρα μέτρησης της παροχής καυσίμου, αν δεν υπάρχει ήδη. Εναλλακτικά, μπορεί να εγκατασταθεί ένας αισθητήρας που μετρά τον χρόνο κατά τον οποίο ρέει το καύσιμο (αισθητήρας χρόνου λειτουργίας). Σε αυτήν την περίπτωση, εάν γνωρίζουμε την παροχή του καυσίμου, η κατανάλωση υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την παροχή με τον χρόνο ροής. Συνήθως, σε συστήματα θέρμανσης που απαιτείται η καταγραφή κατανάλωσης πετρελαίου, οι αισθητήρες αυτοί τοποθετούνται στον μηχανοστάσιο του κτιρίου. Στην περίπτωση της χρήσης φυσικού αερίου, η καταγραφή της κατανάλωσης του κτιρίου γίνεται από τους μετρητές της εταιρείας που διαχειρίζεται και διανέμει το φυσικό αέριο. Σε αυτήν την περίπτωση, πρέπει να εξεταστεί η δυνατότητα συνεργασίας αυτών των μετρητών με καταγραφικούς αισθητήρες, όπως οι μετρητές παλμών. Σημειώνεται ότι συνήθως δεν καταγράφεται η ατομική κατανάλωση φυσικού αερίου για τις διάφορες χρήσεις στο κτίριο, αλλά η συνολική κατανάλωση του κτιρίου. Ωστόσο, σε περιπτώσεις ειδικών χρήσεων του φυσικού αερίου πέραν της θέρμανσης του εσωτερικού περιβάλλοντος, μπορεί να απαιτηθεί η εγκατάσταση επιπλέον αισθητήρων μέτρησης για τις ατομικές καταναλώσεις ενέργειας

Κεφάλαιο 4 Έξυπνοι μετρητές

4.1 Εισαγωγή

Δεν υπάρχει σωστός ή λάθος ή ενιαίος ορισμός της έξυπνης μέτρησης.

Ωστόσο όλα τα συστήματα έξυπνων μετρητών περιλαμβάνουν ένα ηλεκτρονικό κιβώτιο καθώς επίσης και ένα σύνδεσμο επικοινωνιών.

Ένας έξυπνος μετρητής μετράει ηλεκτρονικά πόση ενέργεια χρησιμοποιείται σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα και μεταφέρει αυτή την πληροφορία στην αρμόδια υπηρεσία.

Αυτή η πληροφορία μπορεί να μοιραστεί στις συσκευές τελικής χρήσης, ώστε ο χρήστης να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή πόση ενέργεια χρησιμοποιεί και ποιο είναι το κόστος της.

Η έξυπνη μέτρηση έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- μετρά τη χρήση της ενέργειας σε σύντομα χρονικά διαστήματα
- αποθηκεύει δεδομένα που αφορούν τη χρήση της ενέργειας, για να επικοινωνεί στη συνέχεια με την επιχείρηση κοινής ωφέλειας που διαχειρίζεται τα δεδομένα του συστήματος (utility meter data management)
- ενεργεί με σύστημα αυτόματης επεξεργασίας, μεταφορά, διαχείριση και χρήση των δεδομένων μέτρησης
- αυτόματη διαχείριση των μετρητών
- αμφίδρομη επικοινωνία δεδομένων με την υπηρεσία διαχείρισής τους (utility meter data management)
- υποστηρίζει υπηρεσίες που βελτιώνουν την αποδοτικότητα της ενεργειακής κατανάλωσης καθώς επίσης και τα ενεργειακά συστήματα (παραγωγής, μετάδοσης, κατανομής)



Εικόνα 7 Ψηφιακός έξυπνος μετρητής

(Πηγή <https://www.alphanews.live/economy/ston-aera-i-eyropaiki-hrimatodotisi-logo-ton-exypton-metriton-tis-aik-binteo>)

Βασικό συστατικό κάθε Έξυπνου Δικτύου είναι ο Έξυπνος Μετρητής. Κύριος σκοπός του Έξυπνου Μετρητή είναι η ακριβής καταγραφή του μετρούμενου μεγέθους (Ηλεκτρική Ενέργεια, Νερό, Φυσικό Αέριο), η αποθήκευση των μετρήσεων και η αποστολή τους σε τακτά χρονικά διαστήματα στο κέντρο τηλεμετρικής για περαιτέρω επεξεργασία. Ο όρος «Έξυπνος» αναφέρεται σε μία σειρά ενεργειών και αποφάσεων που ο μετρητής είναι σε θέση να λάβει χωρίς να απαιτείται η ανθρώπινη παρουσία. Ανάλογα την περίπτωση και το μετρούμενο μέγεθος ο Έξυπνος Μετρητής χρησιμοποιεί μεθόδους και πρωτόκολλα αμφίδρομης και ημι-αμφίδρομης επικοινωνίας με το κεντρικό σύστημα (HES - Head End System) ενός AMI/AMR συστήματος, με σκοπό την αποστολή των δεδομένων και τον έλεγχο του. Σε αντίθεση με τους μετρητές παλαιού τύπου οι σύγχρονοι μετρητές είναι σε θέση να μας δώσουν πληθώρα πληροφοριών, ενημερώνοντας μας για την ποιότητα του μετρούμενου μεγέθους, την περίπτωση κλοπής ή νόθευσης των μετρήσεων, σύνδεση/αποσύνδεση σημείου από το δίκτυο διανομής, ενημέρωση για τυχόν βλάβες και όλα αυτά σε πραγματικό χρόνο.

Είτε πρόκειται για μεμονωμένη συσκευή είτε ως μέρος συνολικής λύσης η Ether είναι έτοιμη να παρέχει οποιοδήποτε τύπο μετρητή που ανταποκρίνεται σε διεθνείς

προδιαγραφές και πρότυπα, καλύπτοντας την κάθε απαίτηση ανά περίπτωση σε Επιχειρήσεις Κοινής Ωφέλειας, δήμους, Net-Metering κτλ.

4.3 Έξυπνος Μετρητής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Ο πιο διαδεδομένος τύπος έξυπνου μετρητή είναι αυτός του ηλεκτρικού ρεύματος. Όλο και περισσότερες χώρες αναβαθμίζουν το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας εγκαθιστώντας έξυπνους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό την παρακολούθηση της διανομής του ηλεκτρικού ρεύματος. Οι σημερινοί Έξυπνοι Μετρητές εκτός της ενέργειας μας δίνουν τη δυνατότητα να μετρήσουμε και άλλα μεγέθη όπως Ισχύ (P), Τάση (V), Ρεύμα (I), Συνημίτονο (PF - $\cos\phi$), υπέρβαση μεγίστου, υπολογισμός εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας ($\pm A$) – ισχύς ($\pm P$) κ.α. Επίσης είναι σε θέση να καταγράφουν στοιχεία ποιότητας της καταναλισκόμενης ενέργειας καθώς και να στέλνουν ειδοποιήσεις σε περιπτώσεις που υπάρχει υπέρβαση κάποιου ελεγχόμενου μεγέθους ή παραβίασης του μετρητή στο Κεντρικό Σύστημα (HES, Head-End System). Η Ether προσφέρει εξελιγμένους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας, πιστοποιημένους σύμφωνα με τα σημαντικότερα διεθνή πρότυπα από μεγάλους διανομείς ηλεκτρικού ρεύματος όπως ο ΔΕΔΔΗΕ. Πληρώνοντας όλα τα διεθνή πρότυπα και πρωτόκολλα οι μετρητές μπορούν να εγκατασταθούν είτε μόνοι τους, είτε διασυνδεδεμένοι σε συστήματα AMR και AMI με την προσθήκη του κατάλληλου επικοινωνιακού μέσου. Όλοι οι μετρητές είναι πιστοποιημένοι κατά MID και είναι σε θέση να εξυπηρετήσουν μία σειρά από πρότυπα και πρωτόκολλα επικοινωνίας, ανάλογα την περίπτωση, όπως MBUS, WMBUS, MODBUS και DLMS.

Μετρητής Net-Metering

Έχοντας υπαχθεί στο Net Metering ως αυτό παραγωγός, ο καταναλωτής έχει τη δυνατότητα να παράγει την ενέργεια που χρειάζεται για ίδια χρήση. Με αυτό τον τρόπο ο καταναλωτής απαλλάσσεται από τα έξοδα του ηλεκτρικού ρεύματος μέσω του ενεργειακού συμψηφισμού. Με την υπ' αριθ. ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ.24461 (ΦΕΚ Β' 3583/31.12.2014) Υπουργική Απόφαση ως ενεργειακός συμψηφισμός νοείται ο συμψηφισμός της παραγόμενης από το Φ/Β σύστημα ενέργειας με την καταναλισκόμενη στις εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού, ο οποίος διενεργείται σε ετήσια βάση.

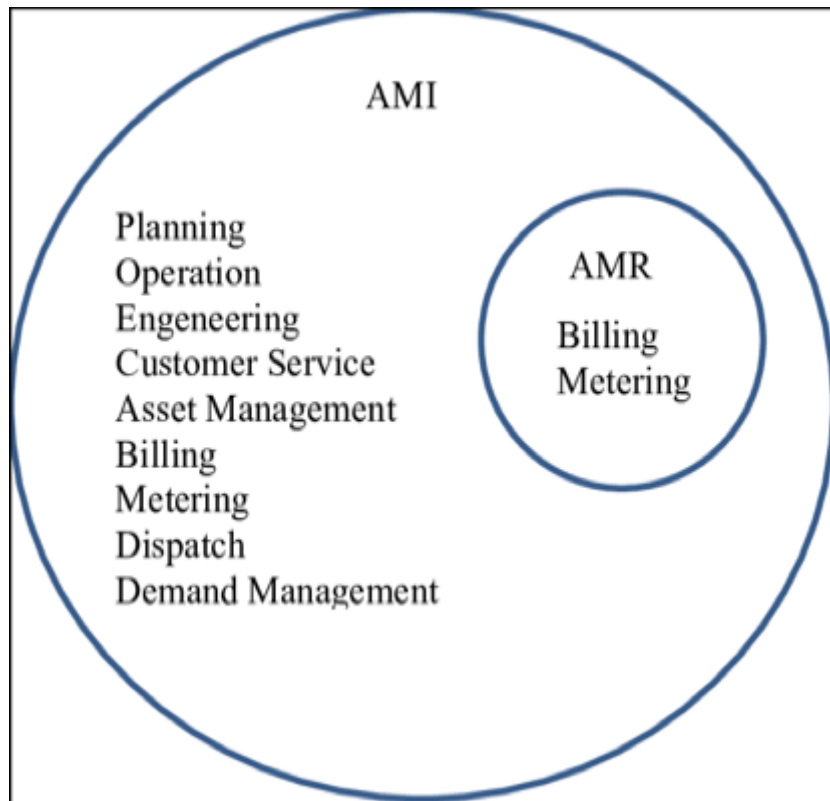
Προκειμένου ο καταναλωτής να μπορέσει να προχωρήσει σε ενεργειακό συμψηφισμό απαιτείται η εγκατάσταση εγκεκριμένου μετρητή από τον ΔΕΔΔΗΕ, με δυνατότητα να μετράει την Απορροφώμενη, Παραγόμενη και Εγγεόμενη ενέργεια. Διάφορες εταιρίες όπως Η Ether είναι σε θέση να προσφέρει κατάλληλους μετρητές για Net-Metering, καθώς και τα modem τηλεμετρίας που απαιτούνται για την αποστολή των δεδομένων, όλα πιστοποιημένα από τον ΔΕΔΔΗΕ.

4.3.1 AMI/AMR Συστήματα Αυτόματης Συλλογής Δεδομένων

Δύο είναι οι κυριότερες κατηγορίες των συστημάτων αυτόματης συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων:

- AMI (Advanced Metering Infrastructure)
- AMR (Automated Meter Reading)

Και στα δύο αυτά συστήματα ο κοινός παρονομαστής είναι η αυτοματοποιημένη διαδικασία συλλογής δεδομένων. Η κυριότερη διαφορά μεταξύ των δύο συστημάτων είναι ότι τα AMI συστήματα περιέχουν και υποδομή δικτύου για την αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ μετρητή και κεντρικού συστήματος (HES, Head-End System). Τα AMI συστήματα μας δίνουν επίσης τη δυνατότητα παρακολούθησης της κατανάλωσης και άλλων στοιχείων όπως συναγερωμένων παραβίασης του μετρητή ή βλαβών στο δίκτυο (Alarms) και επιτρέπουν την απομακρυσμένη διακοπή/σύνδεση της παροχής ενός σημείου με το δίκτυο διανομής σε πραγματικό χρόνο. Η υποδομή επικοινωνίας μπορεί να στηρίζεται σε διάφορους τύπους τεχνολογιών όπως GSM/GPRS και PLC (Power Line Communication). Τέλος λόγω της ύπαρξης υποδομής δικτύου αμφίδρομης επικοινωνίας οι μετρητές που συνδέονται σε ένα AMI σύστημα μπορούν να υποστηρίξουν και λειτουργίες προπληρωμής (Pre-Paid) του καταναλισκόμενου μεγέθους (Ρεύμα, νερό, φυσικό αέριο).



Εικόνα 8 AMI συστήματα, AMR σύστημα

(Πηγή https://ether.gr/gr/activities/smart_meters.html)

Σε αντίθεση με τα AMI συστήματα, ένα AMR σύστημα μας δίνει τη δυνατότητα της αυτοματοποιημένης συλλογής των δεδομένων από τους μετρητές χωρίς όμως να υπάρχει η δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου τους (ημι-αμφίδρομη επικοινωνία). Οι λύσεις που συνήθως χρησιμοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων είναι η συλλογή μετρήσεων οδηγώντας (Drive-by system) και περπατώντας (walk-by system) με τη χρήση των κατάλληλων συσκευών συλλογής μετρήσεων (Handheld units) από το προσωπικό της εκάστοτε κοινωφελούς επιχείρησης. Σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και σταθερά δίκτυα (Fixed Networks) για την επικοινωνία των μετρητών με το κεντρικό σύστημα (HES), όμως η επικοινωνία γίνεται μόνο από το μετρητή προς το κεντρικό σύστημα (HES) και όχι το αντίθετο. Η παρακολούθηση των δεδομένων δεν γίνεται σε πραγματικό χρόνο αλλά σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα. Αυτό μας επιτρέπει την μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας του μετρητή, αφού τα δεδομένα στέλνονται σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα και όχι μετά από αίτημα του κεντρικού συστήματος (HES). Γι' αυτό το λόγο τα AMR συστήματα προτιμώνται για τη συλλογή δεδομένων από μετρητές νερού, θερμιδόμετρα ροής και φυσικού αερίου, αφού στους εν λόγω μετρητές ως επί το πλείστο η

τροφοδοσία τους βασίζεται σε μπαταρία και όχι σε συνεχή τάση δικτύου. Οι κυριότερες τεχνολογίες επικοινωνιών που χρησιμοποιούνται σε AMR συστήματα είναι NB-IoT, LoRa και LoRaWAN.

Και τα δύο συστήματα μας δίνουν τη δυνατότητα της περαιτέρω επεξεργασίας των συλλεγόμενων δεδομένων μέσω Συστήματος Επεξεργασίας Μετρητικών Δεδομένων (MDM, Meter Management System), με σκοπό τη χρήση τους από το σύστημα τιμολόγησης (Billing System) είτε από εργαλεία ανάλυσης (Analytics). Επιπλέον η ύπαρξη τέτοιων συστημάτων προσφέρει μία σειρά από πλεονεκτήματα όπως στατιστικά δεδομένα που μπορούν να βοηθήσουν στην πρόβλεψη, πρόληψη και κατ' επέκταση στην καλύτερη κατανομή και διανομή εντός του δικτύου οποιοδήποτε μεγέθους (Ηλεκτρικό Ρεύμα, Νερό, Φυσικό Αέριο) αποφεύγοντας το κυριότερο πρόβλημα που είναι οι διακοπές ύδρευσης και ηλεκτροδότησης.

Η Ether γνωρίζοντας σε βάθος τις ανάγκες της αγοράς είναι σε θέση να καλύψει οποιασδήποτε κλίμακας ανάγκη, προσφέροντας μια ευρεία γκάμα λύσεων. Οι προσφερόμενες λύσεις είναι προσαρμοζόμενες (customized solutions) ώστε να αποφεύγονται τεχνολογίες και συστήματα που δεν χρειάζονται μειώνοντας το κόστος και την πολυπλοκότητα της τελικής λύσης. Επίσης οι προσφερόμενες λύσεις μπορεί να είναι και συνδυαστικές, επιτρέποντας στον τελικό χρήστη να συλλέγει δεδομένα από διαφορετικούς τύπους μετρητών χρησιμοποιώντας ένα μόνο σύστημα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, αφού σε πολλές περιπτώσεις διαφορετικοί τύποι μετρητών υποστηρίζουν τα ίδια πρωτόκολλα επικοινωνίας (MBUS, WMBUS, MODBUS κτλ). Με λίγα λόγια ένα AMI ή AMR σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συλλογή και επεξεργασία μετρήσεων από διαφορετικούς τύπους μετρητών (Ενέργειας, Νερού, Αερίου).

Έργα έξυπνων μετρητών

Ενδεικτικά έργα έξυπνων μετρητών είναι τα παρακάτω:

- ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. - Προμήθεια πάνω από 150.000 έξυπνους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας από το 2010 έως σήμερα
- BEG Skorije - Προμήθεια 900 έξυπνων μετρητών θερμικής ενέργειας
- Intrarom για CEZ Romania - Προμήθεια & εγκατάσταση 10.000 έξυπνων μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας και διασύνδεση με κεντρικό σύστημα

- Καυκάς Α.Ε. - Προμήθεια πάνω από 1.000 έξυπνους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας από το 2010 έως σήμερα. [\(28\)](#)

4.4 Οφέλη χρήσης έξυπνων μετρητών

Στην επιχείρηση

Η χρησιμοποίηση των έξυπνων δικτύων αποτελεί πλέον ένα σημαντικό εργαλείο για τις εταιρίες ηλεκτροδότησης γιατί τους προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα. Αρχικά βοηθά στην αύξηση της παραγωγικότητας, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες από τις έξυπνες συσκευές ώστε να φέρουν εις πέρας τα καθήκοντά τους πιο αποδοτικά. Ένα άλλο κύριο κομμάτι είναι η δικτυακή υποδομή που προσφέρουν τα έξυπνα δίκτυα, αφού είναι δυνατόν σε πραγματικό χρόνο να αξιοποιούνται και να αξιολογούνται πληροφορίες από τη συνάρτηση ζήτησης (που υπάρχει από τις διάφορες καταναλωτικές περιοχές) και προσφοράς.

Το έξυπνο δίκτυο παρέχει άμεσες πληροφορίες, επηρεάζει την ενεργειακή κατανάλωση των χρηστών, βελτιώνει την αποδοτικότητα της τεχνολογίας. Οι επιχειρήσεις θα επωφεληθούν από τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Μείωση δαπανών όσον αφορά την εξυπηρέτηση πελατών (αυτοματοποιημένες διαδικασίες).
- Ανοικτές πύλες για την παράδοση των ενεργειακών υπηρεσιών (άμεση εξυπηρέτηση και διεκπεραίωση αιτημάτων πελατών).
- Βοήθεια στην ανάπτυξη των απελευθερωμένων αγορών ενέργειας (διασυνδεδεμένες αγορές ενέργειας με δια - λειτουργικότητά στα συστήματα).
- Προστασία εισοδήματος (άμεσες και αυτοματοποιημένες πληρωμές).
- Έλεγχος της παραγωγής (μέσω της συνεχούς παρακολούθησης των συστημάτων).
- Τεχνικές απάντησης υποστήριξης (24 ώρες OnLine εξυπηρέτηση σε τεχνικά προβλήματα μέσω απομακρυσμένης βοήθειας).
- Αποτελεσματικότερη διαχείριση δικτύου (πλήρης εποπτεία και άμεσος εντοπισμός λαθών και αποτυχιών συστήματος).
- Ένα νέο κανάλι επικοινωνίας στους πελάτες (αμφίδρομο κανάλι επικοινωνίας).

Και για την ΕΕ και για τις εθνικές κυβερνήσεις, πιο συγκεκριμένα:

- Από τη διενέργεια ακριβούς πρόβλεψης της ωριαίας κατανάλωσης των καταναλωτών χαμηλής τάσης για τη Δήλωση Φορτίου στον ΗΕΠ, θα εξαλειφθεί ο κίνδυνος επιβολής ποινών από τον ΔΕΣΜΗΕ. Δεδομένου αυτού

του γεγονότος , ο πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να έχει όσο το δυνατόν καλύτερη πρόβλεψη για να αποφύγει τα πρόστιμα (κίνητρο).

- Από την εκτέλεση του προγράμματος για τη μεγιστοποίηση της ωφέλειας της εταιρείας, το οποίο θα παράγει τη βέλτιστη στρατηγική προσφοράς για τον ΗΕΠ , εκτιμάται ότι η ετήσια ωφέλεια της εταιρείας θα είναι της τάξης των 500.000€.
- Από τη βελτίωση των υπηρεσιών που προσφέρονται στον καταναλωτή και από τη δημιουργία «προηγμένων» τιμολογιακών πακέτων, εκτιμάται ότι η πελατειακή βάση της εταιρείας θα διευρυνθεί και στους οικιακούς πελάτες, το οποίο είναι ο επόμενος στόχος της εταιρείας στην προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας.
- Από την αυτοματοποίηση των διαδικασιών εκκαθάρισης και τιμολόγησης των πελατών χαμηλής τάσης (σε μηνιαία βάση για όλους του καταναλωτές χαμηλής τάσης) θα μειωθεί το λειτουργικό κόστος της εταιρείας για τη διαχείριση των πελατών χαμηλής τάσης.

Στο κοινωνικό σύνολο

Τα οφέλη της χρήσης των Έξυπνων Μετρητών για το κοινωνικό σύνολο είναι τα ακόλουθα:

- Ορθή χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας και κατά προέκταση των φυσικών πόρων (προσαρμοσμένη στις ανάγκες του κάθε καταναλωτή, εξατομικευμένα πακέτα χρήσης).
- Εξομάλυνση της καμπύλης φορτίου, η οποία οδηγεί στη μείωση του κόστους για εγκατάσταση νέων μονάδων, μείωση του κόστους επέκτασης του συστήματος μεταφοράς και του δικτύου διανομής για την εξυπηρέτηση του φορτίου, μείωση του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λόγω μη χρήσης «αργών», μη-ευέλικτων μονάδων με μεγάλο μεταβλητό κόστος (μείωση μέγιστης απαίτησης καταναλωτών).
- Εξοικονόμηση ενέργειας κατά περίπου 5% - 15% μέσω της βελτίωσης της καταναλωτικής συμπεριφοράς των καταναλωτών (έξυπνη καταναλωτική τακτική).
- Μείωση του κόστους των απωλειών του συστήματος μεταφοράς (μέσω των αναφορών των έξυπνων μετρητών).
- Μείωση της εξάρτησης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας της Ελλάδας από εισαγωγές ενέργειας από γειτονικές χώρες, για την εξυπηρέτηση της αιχμής φορτίου (διασύνδεση αγορών, άρση συνόρων).

- Εφόσον οι Έξυπνοι Μετρητές αντικαταστήσουν τους υπάρχοντες μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας:

Θα επιτευχθεί μείωση κόστους για τον Διαχειριστή του Δικτύου από την αυτοματοποίηση της διαδικασίας συλλογής των μετρήσεων των καταναλωτών χαμηλής τάσης.

Θα υπάρχει δυνατότητα γρήγορου εντοπισμού βλαβών ή διαρροών από τον Διαχειριστή του Δικτύου, και η διαδικασία αποκατάστασης θα είναι ελεγχόμενη.

- Όσο μεγαλώνει το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε σχέση με τις κλασσικές μεθόδους, τόσο ευεργετείται το περιβάλλον, αφού το αποτύπωμα των ρύπων των εναλλακτικών αυτών μεθόδων είναι μηδαμινό.

Κεφάλαιο 5 Διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας

5.1 IoE (Internet of Energy) και η διαχείριση

Τι είναι το Διαδίκτυο Ενέργειας;

Το Διαδίκτυο Ενέργειας είναι μια τεχνολογία που συνδέει την παραγωγή, τη διανομή και την κατανάλωση ενέργειας για τη βελτιστοποίηση της χρήσης ενέργειας και τη μείωση του κόστους. Η τεχνολογία IoT μπορεί να βοηθήσει τις χώρες να διαχειριστούν τη ζήτηση ενέργειας πιο αποτελεσματικά. Για παράδειγμα, επιτρέπει στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να παράγουν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια κατά τις ώρες αιχμής και λιγότερη σε ώρες εκτός αιχμής. Αυτό βοηθά στην αποφυγή διακοπής ρεύματος στο μέλλον. Ως αποτέλεσμα, διάφορες εταιρείες έχουν αρχίσει να εφαρμόζουν τεχνολογία IoT στις δραστηριότητές τους.

Το Διαδίκτυο της Ενέργειας βοηθά επίσης την ενεργειακή βιομηχανία και τους φορείς εκμετάλλευσης του δικτύου να ανταποκριθούν στις αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες. Με παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, αυτές οι εταιρείες μπορούν να αντιδράσουν σε ξαφνικές αλλαγές στη ζήτηση. Δίνει επίσης στους καταναλωτές περισσότερα εργαλεία για να διαχειριστούν την κατανάλωση ενέργειας, με αποτέλεσμα υψηλότερη ενεργειακή απόδοση. Τα έξυπνα σπίτια χρησιμοποιούν επίσης ψηφιακούς ελέγχους για τη ρύθμιση της χρήσης ενέργειας. Μπορούν να ελέγχονται με φωνητικές εντολές, τηλεχειριστήρια και εφαρμογές.

Το Διαδίκτυο Ενέργειας είναι μια δυναμική υποδομή δικτύου που βασίζεται σε τυπικά πρωτόκολλα επικοινωνίας. Επιτρέπει τη διανομή, την αποθήκευση και την προώθηση της ενέργειας. Ενσωματώνει επίσης σχετικές πληροφορίες για τη διευκόλυνση της αμφίδρομης ροής ενέργειας. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του κόστους παραγωγής ενέργειας και στην αύξηση της απόδοσης και της αξιοπιστίας. Επιπλέον, θα κάνει την ενέργεια πιο προσιτή για τους καταναλωτές.

Το Διαδίκτυο της Ενέργειας είναι ένα σημαντικό μέρος του Διαδικτύου των Πάντων. Επιτρέπει στους ανθρώπους να αλληλοεπιδρούν με έξυπνα αντικείμενα και συνδέει όλες τις ενεργειακές συσκευές για την επίτευξη ισορροπίας στο δίκτυο. Αυτή η έξυπνη

διασύνδεση παρέχει ασφάλεια και σταθερότητα στο δίκτυο και ενσωματώνει φθηνή, καθαρή ενέργεια. Αλλά η επιτυχία αυτής της τεχνολογίας εξαρτάται από το πόσο καλά ενσωματώνεται με την υπάρχουσα υποδομή.



Εικόνα 9 Γραμμές μεταφοράς ρεύματος

(Πηγή <https://fiberroad.com/el/resources/new-trends/what-is-internet-of-energy-why-is-it-important/>)

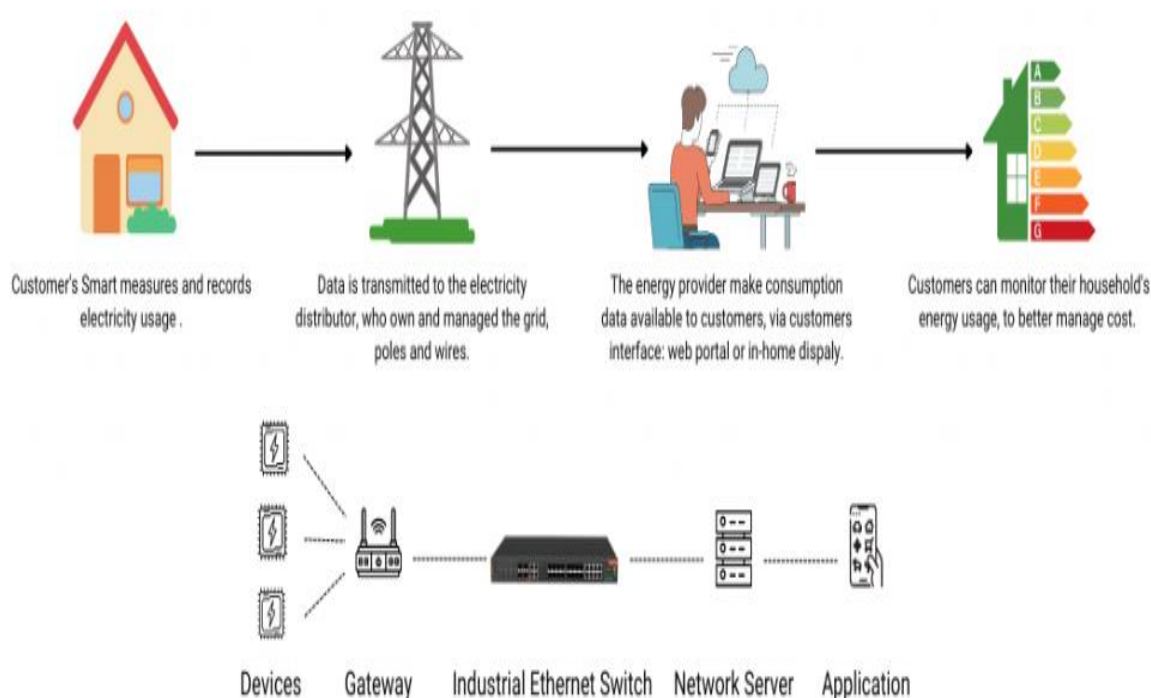
Το Διαδίκτυο της Ενέργειας: Προκλήσεις και Σκοποί

Προκλήσεις

Το Διαδίκτυο Ενέργειας είναι ένας νέος τρόπος διαχείρισης της κατανάλωσης ενέργειας. Βοηθά τις χώρες να διαχειρίζονται καλύτερα τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας επιτρέποντας στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να παράγουν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια κατά τη ζήτηση αιχμής και λιγότερη σε περιόδους εκτός αιχμής. Αλλά μπορεί επίσης να δημιουργήσει σημαντικές προκλήσεις για την ενεργειακή βιομηχανία. Μια πρόκληση για τις εταιρείες είναι η πολυπλοκότητα της ενσωμάτωσης συσκευών IoT στα ενεργειακά τους συστήματα. Είναι δύσκολο να γίνει αυτό χωρίς τις κατάλληλες δεξιότητες. Αυτός είναι ένας σημαντικός λόγος για τον

οποίο πολλές εταιρείες αποτυγχάνουν να εφαρμόσουν το IoT. Για να ξεπεραστούν αυτά τα εμπόδια, οι ηλεκτρικές εταιρείες θα πρέπει να επενδύσουν σε βασικά συστήματα IoT και να προσλάβουν τις κατάλληλες ομάδες ειδικών για να επιβλέπουν την εφαρμογή.

Η ενσωμάτωση συσκευών IoT στο ενεργειακό σύστημα δεν είναι απλή υπόθεση. Παρά τα πιθανά οφέλη, πολλές εταιρείες θα βρουν πρόκληση να εφαρμόσουν λύσεις IoT. Υπάρχουν πολλές προκλήσεις που σχετίζονται με το IoE και είναι απαραίτητη μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση των προκλήσεων και των ευκαιριών για να διασφαλιστεί η επιτυχία του.



Εικόνα 10 Διαδρομή μετάδοσης πληροφορίας

(Πηγή <https://energyinformatics.springeropen.com/articles/10.1186/s42162-018-0007-5>)

Σκοποί

Το Διαδίκτυο Ενέργειας (IoE) είναι μια τεχνολογία που βοηθά στη διαχείριση και παρακολούθηση της χρήσης ενέργειας. Είναι επίσης χρήσιμο για να βοηθήσει τις χώρες να μειώσουν τον κίνδυνο διακοπής ρεύματος. Επιτρέπει στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να παράγουν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια κατά τις

περιόδους αιχμής και λιγότερη σε περιόδους εκτός αιχμής. Με την ευρεία εφαρμογή, αυτή η τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή μελλοντικών ελλείψεων ρεύματος. Διάφορες εταιρείες χρησιμοποιούν ήδη την τεχνολογία IoT για το σκοπό αυτό.

Η τεχνολογία IoT μπορεί να ενσωματωθεί με συστήματα παραγωγής και αποθήκευσης ανανεώσιμης ενέργειας, επιτρέποντας στους χρήστες να προγραμματίζουν τις συσκευές τους να λειτουργούν όταν η ενέργεια είναι φθηνότερη. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών άνθρακα και της ανάγκης για παραγωγή ενέργειας. Η τεχνολογία IoE είναι ένα συναρπαστικό νέο σύνορο στην ανάπτυξη του IoT.

Η τεχνολογία IoT μπορεί να μεταμορφώσει τον τρόπο με τον οποίο παρέχεται και χρησιμοποιείται η ενέργεια στις κοινότητες. Η διαχείριση ενέργειας από την πλευρά της ζήτησης μπορεί να βοηθήσει τις κοινότητες να βελτιώσουν την αποδοτικότητά τους και την παροχή ενέργειας. Μπορεί επίσης να βελτιώσει την αξιοπιστία των αποθεμάτων ενέργειας και να επιτρέψει ταχύτερη αποκατάσταση σε μια μεγάλη καταιγίδα. Επιπλέον, η τεχνολογία IoT μπορεί να βοηθήσει τους καταναλωτές να βελτιστοποιήσουν τη χρήση ενέργειας χρησιμοποιώντας ηλιακή ενέργεια και αποθήκευση μπαταρίας σε ώρες εκτός αιχμής. Η τεχνολογία θα κάνει τις πόλεις πιο φιλικές προς το περιβάλλον και ενεργειακά αποδοτικές.

Το Διαδίκτυο Ενέργειας μπορεί να βοηθήσει τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας να διαχειριστούν τις υποδομές ηλεκτρικής ενέργειας αυτοματοποιώντας τις διαδικασίες. Μπορεί να καταστήσει τα δεδομένα μετρητών αξιόπιστα για επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, επιτρέποντάς τους να αντιμετωπίσουν μακροπρόθεσμες ανάγκες και αναδυόμενες περιπτώσεις χρήσης. Επιπλέον, το IoE θα επιτρέψει στις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας να αξιοποιήσουν δεδομένα για να δώσουν προτεραιότητα στις αποστολές πληρωμάτων πεδίου.

Πώς χρησιμοποιείται το Διαδίκτυο Ενέργειας;

Το Διαδίκτυο Ενέργειας συνδέει τα διάφορα μέρη του ενεργειακού μας συστήματος. Με την ικανότητά του να μοιράζεται πληροφορίες, το Διαδίκτυο Ενέργειας μπορεί να βελτιώσει την παραγωγή και την παράδοση ενέργειας. Παρακολουθεί εκατομμύρια

σημεία δεδομένων και μπορεί να βοηθήσει τους παραγωγούς, τους φορείς εκμετάλλευσης δικτύου και τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας να διαχειριστούν τα περιουσιακά τους στοιχεία. Μπορεί επίσης να βοηθήσει στην ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο υπάρχον δίκτυο. Ενόψει της κλιματικής αλλαγής, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποκτούν μεγαλύτερη σημασία.

Με το Διαδίκτυο της Ενέργειας, οι φορείς εκμετάλλευσης μπορούν να μειώσουν τη σπατάλη ενέργειας. Μπορούν να κατευθύνουν την περίσσεια ενέργειας στην αποθήκευση ενέργειας, η οποία περιλαμβάνει πολύπλοκες συστοιχίες μπαταριών που αποθηκεύουν ενέργεια για μελλοντική χρήση. Αυτές οι μπαταρίες μπορούν να βοηθήσουν στην εξισορρόπηση του ενεργειακού φορτίου αποθηκεύοντας ενέργεια κατά τις ώρες αιχμής. Το Διαδίκτυο Ενέργειας χρησιμοποιεί το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, το οποίο περιλαμβάνει πολλούς αισθητήρες σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας, γραμμές μεταφοράς, υποσταθμούς και δίκτυα παράδοσης. Τα αποτελέσματα είναι η αυξημένη απόδοση για τους φορείς και τους καταναλωτές του ενεργειακού τομέα.

Το Διαδίκτυο της Ενέργειας χρησιμοποιεί τις αρχές του Διαδικτύου των Πραγμάτων, παρέχοντας δεδομένα που απαιτούνται για την αποτελεσματική λειτουργία των ενεργειακών συστημάτων. Τελικά, ο στόχος είναι να γίνει πιο αυτόνομο το ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση κόστους, αυξημένη απόδοση και μειωμένη σπατάλη. Επιπλέον, η υιοθέτηση του ΙοE θα μπορούσε να αποτρέψει τις διακοπές ρεύματος στο μέλλον.

Η σημασία του Διαδικτύου της Ενέργειας;

Το Διαδίκτυο της Ενέργειας μπορεί να βοηθήσει τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας να παρακολουθούν και να διαχειρίζονται δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια ακραίων γεγονότων, όπως ακραίες καιρικές συνθήκες ή φυσικές καταστροφές. Παρακολουθώντας την κατάσταση των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας, οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας μπορούν να εντοπίσουν τα προβληματικά σημεία εντός των μικροδικτύων και να στείλουν εγκαίρως συνεργεία επισκευής για να διορθώσουν τα πράγματα. Αυτό μπορεί να κάνει το ηλεκτρικό δίκτυο πιο αξιόπιστο και να μειώσει το κόστος.

Η ενεργειακή βιομηχανία αντιμετωπίζει μια αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας, η οποία έχει ξεπεράσει αυτήν της προηγούμενης δεκαετίας. Αυτό οφείλεται στις αυξανόμενες απαιτήσεις σε βιομηχανίες, μεταφορές, κλιματισμό και οικιακές συσκευές. Αυτές οι ενεργοβόρες βιομηχανίες αντιμετωπίζουν επίσης υψηλές απαιτήσεις από τη βιομηχανία Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ).

Το IoT έχει απεριόριστες δυνατότητες και έχει ήδη επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό την παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας. Με το IoT, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα γίνουν πραγματικότητα, πιο αποτελεσματικές και προσαρμόσιμες. Θα αυξήσει επίσης την εμπιστοσύνη των καταναλωτών στην παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας, καθιστώντας την πιο βιώσιμη και αποτελεσματική.

Το IoT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αυτοματοποίηση συστημάτων ισχύος για τη μείωση της σπατάλης ενέργειας. Επιτρέπει επίσης στις ενεργειακές εταιρείες να παρακολουθούν τη χρήση ενέργειας από τους πελάτες τους και να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να ελέγξουν την τάση, τα φορτία μεταγωγών και τις διαμορφώσεις δικτύου. Οι έξυπνοι διακόπτες στο δίκτυο μπορούν ακόμη και να αναγνωρίσουν και να απομονώσουν προβληματικές περιοχές.

Το Διαδίκτυο της Ενέργειας είναι ένα κατακεντρωμένο [ενεργειακό σύστημα](#) που συνδέει διαφορετικά συστήματα για τη βελτιστοποίηση της παραγωγής ενέργειας. Τα διάφορα στοιχεία του περιλαμβάνουν παραγωγούς ενέργειας, επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας διανομής και φορείς εκμετάλλευσης δικτύου. Στόχος του είναι η βελτίωση της αποδοτικότητας των ενεργειακών υποδομών και η μείωση της σπατάλης. Το Διαδίκτυο Ενέργειας είναι μια ιδανική πλατφόρμα για ενεργειακή καινοτομία.[\(29\)](#)

Συμπεραίνουμε ότι :

Το Internet of Energy (IoE) παρέχει μια καινοτόμο ιδέα για τη διανομή ενέργειας, την αποθήκευση, την παρακολούθηση του δικτύου και την επικοινωνία. Θα επιτρέπει μονάδες ενέργειας να μεταφερθούν, όταν και όπου θα είναι αναγκαίο. Η παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας θα μπορεί πραγματοποιηθεί σε όλα τα επίπεδα από τις τοπικές συσκευές μέχρι εθνικό και διεθνές επίπεδο. Οι έξυπνοι μετρητές (smart meters) θα μπορούν να παρέχουν πληροφορίες στον χρήστη σχετικά με τη στιγμιαία κατανάλωση ενέργειας, δίνοντας δυνατότητα εξάλειψης συσκευών που

καταναλώνουν μεγάλο ποσό ενέργειας. Επιπλέον θα μπορεί να δώσει συμβουλές για τη βελτιστοποίηση της ατομικής κατανάλωσης ενέργειας. Η σύνδεση με τους έξυπνους μετρητές θα βασίζεται σε WSN δίκτυα αισθητήρων. Μακροπρόθεσμα η ηλεκτροκίνηση θα γίνει ένα σημαντικό στοιχείο των έξυπνων δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ηλεκτρικά οχήματα θα λειτουργούν ως φορτία ενέργειας και ταυτόχρονα ως κινητές αποθήκες ενέργειας συνδεδεμένα με σε IoT στοιχεία. Τα οχήματα αυτά θα είναι σε θέση να ενεργούν ως πηγές ενέργειας αναλόγως με τη κατάσταση φόρτισης, το χρονοδιάγραμμα χρήσης τους και της τιμής της ενέργειας η οποία θα εξαρτάται από την αφθονία της ενέργειας στο δίκτυο. Για να επιτευχθούν όμως όλα τα παραπάνω που έχουν αναφερθεί θα πρέπει να ξεπεραστούν κάποια εμπόδια.

Παρακάτω παρατίθενται κάποιες ερευνητικές προκλήσεις:

- Απόλυτα ασφαλή επικοινωνία μεταξύ στοιχείων δικτύου.
- Αντιμετώπιση επεκτασιμότητας και των προτύπων διαλειτουργίας
- Εξοικονόμηση ενέργειας και αξιόπιστοι αισθητήρες/ενεργοποιητές.
- Τεχνολογίες που εξασφαλίζουν ανωνυμία δεδομένων για ασφάλεια ιδιωτικότητας.
- Αποφυγή υπερφόρτισης του δικτύου επικοινωνίας λόγω μαζικής χρήσης.
- Μοντέλα και μεθόδους σχεδιασμού που προσφέρουν αξιόπιστη σύνδεση ετερογενών συστημάτων.
- Συστήματα που υποστηρίζουν την αυτό-ίαση και τον περιορισμό των ζημιών καθώς και ανάπτυξη στρατηγικών για τη διαχείριση της αποτυχίας.
- Τα δίκτυα της ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να είναι σε θέση να αντιδράσουν σωστά και γρήγορα σε αυξομειώσεις στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

5.2 Διαδικασίες ενεργειακής διαχείρισης

- Η ενεργειακή διαχείριση είναι ένας ολοκληρωμένος και σύνθετος τομέας που απαιτεί πολλαπλές μεθόδους και προσεγγίσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ενός συστήματος. Η μεθοδολογία της ενεργειακής λογιστικής, ενεργειακής επιθεώρησης και ενεργειακής παρακολούθησης και θέσπισης ενεργειακών στόχων παρέχει ένα πλαίσιο για την ανάλυση, την αξιολόγηση και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ενός συστήματος ή μιας επιχείρησης.

- Η ενεργειακή λογιστική αποτελεί τη βάση της διαδικασίας, καθώς παρέχει μια πλήρη εικόνα των ενεργειακών ροών εντός ενός συστήματος. Ακολούθως, η ενεργειακή επιθεώρηση προσδιορίζει τις περιοχές όπου υπάρχουν δυνατότητες βελτίωσης και εξοικονόμησης ενέργειας. Τέλος, τα συστήματα M&T παρακολουθούν την ενεργειακή απόδοση μετά την εφαρμογή των δράσεων βελτίωσης και επιτρέπουν την παρακολούθηση της προόδου προς την επίτευξη ενεργειακών στόχων.
- Τα συστήματα M&T, όπως τα BMS, αποτελούν ισχυρά εργαλεία για την ενεργειακή διαχείριση κτιρίων και επιχειρήσεων. Επιπλέον, οι νέες τεχνολογίες ενεργειακής διαχείρισης για τους ιδιώτες καταναλωτές, που βασίζονται στο Internet of Things, είναι επίσης υποσχόμενες και περιλαμβάνουν διαδικασίες Monitoring & Targeting που βοηθούν στη μέτρηση, ανάλυση και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε οικιακό επίπεδο.

5.3. Μετρήσεις για την σωστή διαχείριση

Οι μετρήσεις των ενεργειακών παραμέτρων παίζουν κρίσιμο ρόλο στην αξιολόγηση και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Ας εξετάσουμε λεπτομερώς τις συνήθεις μετρήσεις και την σημασία τους:

Κατηγορίες Μετρήσεων

1. Μετρήσεις Παροχής Υγρών ή Αερίων Καυσίμων: Αυτές οι μετρήσεις είναι ουσιώδεις για την κατανόηση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε μια εγκατάσταση και την αποτίμηση της αποδοτικότητας των καυστήρων και λεβήτων.
2. Ηλεκτρικές Μετρήσεις: Το μέτρημα τάσης, έντασης, ισχύος, και συντελεστή ισχύος βοηθά στην εκτίμηση της ηλεκτρικής αποδοτικότητας και στην αναγνώριση πιθανών απωλειών ενέργειας.
3. Θερμοκρασίες: Μετρήσεις θερμοκρασίας ρευστών και στερεών επιφανειών δίνουν ενδείξεις για τη θερμική απόδοση και τις ανάγκες μόνωσης των εγκαταστάσεων.
4. Πιέσεις ρευστών: Οι μετρήσεις αυτές είναι σημαντικές για τη διαχείριση των συστημάτων υδραυλικής πίεσης και την αποφυγή διαρροών και άλλων δυσλειτουργιών.

5. Συστάσεις και Εκπομπές Κουσαερίων: Η μέτρηση εκπομπών όπως CO₂, CO, και O₂ είναι κρίσιμη για την παρακολούθηση της καύσης και τη συμμόρφωση με περιβαλλοντικές ρυθμίσεις.
6. Σχετική Υγρασία και Εντάσεις Φωτισμού: Αυτές οι μετρήσεις είναι σημαντικές για την εξασφάλιση της άνεσης και της αποδοτικότητας των χώρων εργασίας και των κτιριακών εγκαταστάσεων.

Σημασία της Ακρίβειας και Συντήρησης Μετρητικών Οργάνων

Η ακρίβεια και η αξιοπιστία των μετρητικών οργάνων είναι κρίσιμη. Μετρήσεις με ακριβή εξοπλισμό μπορούν να εντοπίσουν αποτελεσματικά προβλήματα, να μειώσουν το κόστος λειτουργίας και να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση. Η συχνή συντήρηση και βαθμονόμηση των μετρητικών οργάνων εξασφαλίζει την ακρίβεια των μετρήσεων και την αποφυγή λαθών που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε λανθασμένες ενεργειακές αποφάσεις.

Η διαδικασία της ενεργειακής επιθεώρησης και των μετρήσεων είναι θεμελιώδης για την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και για τη μείωση της επιβάρυνσης στο περιβάλλον, ενώ παράλληλα ενισχύει την οικονομική αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων.

Οι μετρήσεις των ενεργειακών παραμέτρων παρέχουν πολύτιμα μοτίβα και δεδομένα που βοηθούν στην κατανόηση και βελτιστοποίηση της λειτουργίας κτιρίων και βιομηχανικών μονάδων. Αυτά τα δεδομένα επιτρέπουν στους ενεργειακούς διαχειριστές να εντοπίζουν τόσο τις άμεσες όσο και τις δυνητικές αποδοτικότητες και ελλείψεις. Ας εξετάσουμε πως αυτά τα δεδομένα και τα προκύπτοντα μοτίβα βοηθούν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης:

- **Ανάλυση Κατανάλωσης Ενέργειας**

Προσδιορισμός Αποδοτικότητας Συσκευών: Μετρήσεις όπως οι ηλεκτρικές καταναλώσεις, η ισχύς και ο συντελεστής ισχύος επιτρέπουν τον προσδιορισμό της αποδοτικότητας των μηχανημάτων και των συσκευών. Επιπλέον, μπορούν να αναγνωρίσουν τις ώρες αιχμής κατανάλωσης και να βοηθήσουν στη διαμόρφωση στρατηγικών για την μείωση των ενεργειακών κοστών.

- Εντοπισμός Θερμικών Απωλειών: Θερμογραφικές και άλλες θερμοκρασιακές μετρήσεις δείχνουν τις περιοχές όπου τα κτίρια χάνουν θερμότητα. Αυτό βοηθά στον εντοπισμό των αναγκών για βελτίωση ή επιδιόρθωση της μόνωσης.
- Μονιτοράρισμα Συστημάτων και Προληπτική Συντήρηση

Ορισμός:

Το Μονιτοράρισμα συστημάτων αφορά την συνεχή παρακολούθηση της απόδοσης και της κατάστασης των συστημάτων πληροφορικής, όπως διακομιστές, δίκτυα, βάσεις δεδομένων, και εφαρμογές.

Στόχοι:

Εντοπισμός και διόρθωση προβλημάτων πριν επηρεάσουν τους τελικούς χρήστες.

Εξασφάλιση υψηλής διαθεσιμότητας και απόδοσης των συστημάτων.

Παροχή δεδομένων για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την αναβάθμιση ή την αναδιάρθρωση των υποδομών.

Κύρια Συστατικά:

Εργαλεία Παρακολούθησης: Λογισμικά και υπηρεσίες που συλλέγουν δεδομένα από τα συστήματα σε πραγματικό χρόνο.

Δείκτες Απόδοσης (KPIs): Παράμετροι που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της υγείας και της απόδοσης των συστημάτων.

Ειδοποιήσεις και Συναγερμοί: Μηχανισμοί που ειδοποιούν τους διαχειριστές σε περίπτωση που κάτι δεν πάει καλά.

Προληπτική Συντήρηση

Ορισμός:

Η προληπτική συντήρηση αναφέρεται σε προγραμματισμένες ενέργειες συντήρησης που γίνονται για να προληφθούν προβλήματα πριν αυτά εμφανιστούν.

Στόχοι:

Μείωση της πιθανότητας αποτυχίας των συστημάτων.

Διασφάλιση της συνέχειας λειτουργίας των υπηρεσιών.

Επέκταση της διάρκειας ζωής των εξοπλισμών και των υποδομών.

Κύρια Συστατικά:

Τακτικός Έλεγχος: Συστηματικός έλεγχος των συστημάτων για την ανίχνευση πιθανών προβλημάτων.

Ενημερώσεις και Αναβαθμίσεις: Εφαρμογή ενημερώσεων λογισμικού και αναβαθμίσεων υλικού.

Καθαρισμός και Ρύθμιση: Διαδικασίες καθαρισμού και ρύθμισης των συστημάτων για τη διατήρηση της απόδοσης.

Πλεονεκτήματα

Αυξημένη Αξιοπιστία: Τα συστήματα λειτουργούν με μεγαλύτερη σταθερότητα και αξιοπιστία.

Μείωση Κόστους: Μείωση του κόστους από απρογραμματίστες επισκευές και διακοπές λειτουργίας.

Βελτιωμένη Απόδοση: Διατήρηση της απόδοσης των συστημάτων σε υψηλά επίπεδα.

Ασφάλεια: Εντοπισμός και αντιμετώπιση πιθανών απειλών ασφαλείας πριν αυτές εκμεταλλευτούν τις ευπάθειες των συστημάτων.

Συμπέρασμα

Η συνδυασμένη εφαρμογή της Μονιτοράρισμα συστημάτων και της προληπτικής συντήρησης είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της λειτουργικότητας και της ασφάλειας των τεχνολογικών υποδομών. Με την υιοθέτηση αυτών των πρακτικών, οι επιχειρήσεις μπορούν να εξασφαλίσουν ότι τα συστήματά τους λειτουργούν αποτελεσματικά και αποδοτικά, μειώνοντας ταυτόχρονα τους κινδύνους και το κόστος συντήρησης.

- Παρακολούθηση Καταστάσεων: Η συνεχής μέτρηση των λειτουργικών παραμέτρων των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού επιτρέπει την ανίχνευση αποκλίσεων από τις κανονικές λειτουργίες. Αυτό βοηθά στην αναγνώριση της ανάγκης για προληπτική συντήρηση ή επιδιορθώσεις πριν αυτές καταστούν πιο σοβαρές και δαπανηρές.
- Βελτίωση Λειτουργίας Συστημάτων: Η ανάλυση δεδομένων από τις μετρήσεις μπορεί να οδηγήσει σε βελτιστοποιήσεις που ενισχύουν την αποδοτικότητα και μειώνουν το κόστος λειτουργίας, όπως η ρύθμιση των προγραμμάτων λειτουργίας των συστημάτων ή η εναλλαγή τους κατά τις ώρες χαμηλής ζήτησης.

Συμπερασματικά Μοτίβα και Αναλύσεις

Μέσω των ενεργειακών μετρήσεων, ανακαλύπτονται μοτίβα χρήσης και απόδοσης που μπορούν να υποδείξουν ευκαιρίες για αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας. Για παράδειγμα, η συγκριτική ανάλυση δεδομένων από διαφορετικούς χρόνους ή σεζόν μπορεί να αποκαλύψει τρόπους για την μείωση της ενεργειακής ζήτησης κατά τις ώρες αιχμής. Επίσης, η ανάλυση της κατανάλωσης σε διάφορα τμήματα ενός κτιρίου μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό σημείων όπου οι επεμβάσεις για βελτίωση μπορούν να έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση.

Αποθήκευση Ενέργειας και Δίκτυα Διανομής

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει σημαντικά την αποθήκευση ενέργειας και τα δίκτυα διανομής μέσω διαφόρων τρόπων. Εδώ είναι μερικές προτάσεις και εφαρμογές, καθώς και μια συζήτηση για τη δυνατότητα εφαρμογής τους:

5.4. Προτάσεις και Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Αποθήκευση Ενέργειας

1. Βελτιστοποίηση της Διαχείρισης Αποθήκευσης Ενέργειας

- **Πρόβλεψη Ζήτησης και Προσφοράς:** Η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της ζήτησης και της προσφοράς ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη δεδομένα από διάφορες πηγές, όπως μετεωρολογικά δεδομένα και δεδομένα κατανάλωσης.

Αυτό επιτρέπει την αποτελεσματική διαχείριση της αποθήκευσης ενέργειας, ώστε να καλύπτεται η ζήτηση χωρίς σπατάλη πόρων.

- **Βελτιστοποίηση Χωρητικότητας Αποθήκευσης:** Οι αλγόριθμοι Τεχνητής Νοημοσύνης μπορούν να βοηθήσουν στη βελτιστοποίηση της χρήσης των αποθηκευτικών μονάδων, καθορίζοντας πότε πρέπει να αποθηκεύεται ή να αποδεσμεύεται ενέργεια, για να εξασφαλίζεται η μέγιστη αποδοτικότητα.
- **Δυναμική Τιμολόγηση:** Εφαρμογή δυναμικών τιμολογιακών μοντέλων που βασίζονται σε προβλέψεις κατανάλωσης και διαθέσιμης ενέργειας, ενθαρρύνοντας τη χρήση ενέργειας σε περιόδους χαμηλής ζήτησης και τη μείωση της κατανάλωσης σε περιόδους αιχμής.

2. Προληπτική Συντήρηση και Διάγνωση Βλαβών

- Ανάλυση Δεδομένων σε Πραγματικό Χρόνο: Η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να αναλύει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από τους αισθητήρες των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας, εντοπίζοντας πιθανά προβλήματα πριν από την εμφάνισή τους. Αυτό μειώνει τον χρόνο εκτός λειτουργίας και τα κόστη συντήρησης.
- Διάγνωση Βλαβών: Με τη χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, μπορεί να γίνει ανάλυση των μοτίβων των δεδομένων για την έγκαιρη διάγνωση βλαβών και την αποφυγή σοβαρών ζημιών.

3. Ενσωμάτωση με Έξυπνα Δίκτυα (Smart Grids)

- Διαχείριση Φορτίου: Οι αλγόριθμοι Τεχνητής Νοημοσύνης μπορούν να διαχειρίζονται και να εξισορροπούν το φορτίο στο δίκτυο, κατευθύνοντας την ενέργεια από τις αποθηκευτικές μονάδες προς τις περιοχές με υψηλή ζήτηση.
- Ευέλικτη Απόκριση στη Ζήτηση: Η Τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να προσαρμόζει τη διανομή της ενέργειας σε πραγματικό χρόνο, με βάση τις αλλαγές στη ζήτηση, βελτιώνοντας τη σταθερότητα του δικτύου.

5.5.Εφαρμογή των Προτάσεων

Οι εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης στην αποθήκευση ενέργειας και τα δίκτυα διανομής είναι τεχνολογικά εφικτές και ήδη εφαρμόζονται σε διάφορους βαθμούς παγκοσμίως. Ωστόσο, η πλήρης εφαρμογή αυτών των προτάσεων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες:

1. Υποδομές και Επενδύσεις

- Οι υποδομές πρέπει να εκσυγχρονιστούν για να υποστηρίξουν τις τεχνολογίες Τεχνητής νοημοσύνης και τις σχετικές εφαρμογές. Αυτό απαιτεί σημαντικές επενδύσεις από κυβερνήσεις και ιδιωτικούς φορείς.
- Απαιτείται η αναβάθμιση των υφιστάμενων υποδομών για την υποστήριξη των τεχνολογιών Τεχνητής Νοημοσύνης και των σχετικών εφαρμογών. Αυτή η αναβάθμιση περιλαμβάνει την εγκατάσταση έξυπνων μετρητών, αισθητήρων και αποθηκευτικών συστημάτων.

2. Επενδύσεις και Χρηματοδότηση

- Η ανάπτυξη και η εγκατάσταση αυτών των τεχνολογιών απαιτούν σημαντικές επενδύσεις. Η χρηματοδότηση μπορεί να προέλθει από δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς, καθώς και από προγράμματα επιδοτήσεων.
3. Δεδομένα και Αναλυτικά Εργαλεία
- Η αποτελεσματική χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης βασίζεται στη συλλογή και ανάλυση μεγάλων όγκων δεδομένων. Η διασφάλιση της ποιότητας των δεδομένων και η ανάπτυξη προηγμένων αναλυτικών εργαλείων είναι κρίσιμες για την επιτυχία των εφαρμογών.
4. Νομοθεσία και Ρυθμιστικό Πλαίσιο
- Πρέπει να υπάρξουν κατάλληλες νομοθετικές και ρυθμιστικές ρυθμίσεις που να επιτρέπουν τη χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης στις ενεργειακές υποδομές, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα των δεδομένων.
5. Εκπαίδευση και Κατάρτιση Ανθρώπινου Δυναμικού
- Η εκπαίδευση και η κατάρτιση του ανθρώπινου δυναμικού σε θέματα Τεχνητής νοημοσύνης και διαχείρισης ενέργειας είναι απαραίτητες για την επιτυχή εφαρμογή των τεχνολογιών.

Συνολικά, η Τεχνητή Νοημοσύνη έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στην αποθήκευση ενέργειας και τη διαχείριση των δικτύων διανομής, προσφέροντας λύσεις για βελτιωμένη αποδοτικότητα, σταθερότητα και βιωσιμότητα

5.6 Αποτελέσματα των εφαρμογών διαχείρισης

5.6.1 Διεθνείς Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης και Έξυπνων Συσκευών στη Διαχείριση Ενέργειας

Στο σημείο αυτό, θα εξετάσουμε περιπτώσεις εφαρμογής συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης (AI) και έξυπνων συσκευών στη διαχείριση ενέργειας από διάφορες χώρες. Θα συγκρίνουμε τις επιτυχίες και τις προκλήσεις που αντιμετώπισαν.

1. Ηνωμένες Πολιτείες: Πρόγραμμα Smart Grid

Το πρόγραμμα Smart Grid στις Ηνωμένες Πολιτείες είναι ένα από τα πιο εκτεταμένα έργα έξυπνων δικτύων παγκοσμίως. Στόχος του είναι η βελτίωση της αποδοτικότητας,

της αξιοπιστίας και της βιωσιμότητας του ηλεκτρικού δικτύου μέσω της ενσωμάτωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της χρήσης τεχνολογιών TN.

- **Επιτυχίες:**

Βελτιωμένη Αποδοτικότητα: Η χρήση έξυπνων μετρητών και συστημάτων ανάλυσης δεδομένων επέτρεψε τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των απωλειών δικτύου.

Αύξηση Ανανεώσιμων Πηγών: Η ενσωμάτωση αιολικής και ηλιακής ενέργειας έχει αυξηθεί σημαντικά, με τα συστήματα TN να βελτιστοποιούν την πρόβλεψη παραγωγής και την αποθήκευση ενέργειας.

- **Προκλήσεις:**

Κυβερνοασφάλεια: Η αυξημένη συνδεσιμότητα των έξυπνων συσκευών έχει δημιουργήσει νέες προκλήσεις για την προστασία του δικτύου από κυβερνοεπιθέσεις.

Οικονομικό Κόστος: Το υψηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης των έξυπνων συστημάτων αποτελεί σημαντικό εμπόδιο, ιδιαίτερα σε λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές.

2. Γερμανία: Έργο Energiewende

Το έργο Energiewende στη Γερμανία επικεντρώνεται στη μετάβαση σε ένα βιώσιμο ενεργειακό σύστημα με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και έξυπνων τεχνολογιών διαχείρισης ενέργειας.

- **Επιτυχίες:**

Αύξηση Ανανεώσιμων Πηγών: Η Γερμανία έχει επιτύχει υψηλά επίπεδα ενσωμάτωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδιαίτερα αιολικής και ηλιακής, στο ενεργειακό της μείγμα.

Καινοτόμες Τεχνολογίες: Η χρήση τεχνολογιών TN για τη διαχείριση της μεταβλητότητας της παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές έχει βελτιώσει τη σταθερότητα του δικτύου.

- **Προκλήσεις:**

Υποδομές Αποθήκευσης: Η ανάγκη για αποδοτικά συστήματα αποθήκευσης ενέργειας είναι κρίσιμη, καθώς η παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές είναι μεταβλητή.

Κοινωνική Αποδοχή: Οι κοινωνικές αντιδράσεις στις αλλαγές που επιφέρει το έργο Energiewende, όπως η εγκατάσταση ανεμογεννητριών, αποτελούν σημαντική πρόκληση.

3. Ιαπωνία: Έργο Yokohama Smart City

Το έργο Yokohama Smart City είναι ένα από τα μεγαλύτερα έργα έξυπνης πόλης στον κόσμο, με στόχο την επίτευξη βιώσιμης διαχείρισης ενέργειας μέσω της χρήσης TN και IoT.

- **Επιτυχίες:**

Μείωση Κατανάλωσης: Οι έξυπνες συσκευές και τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας έχουν οδηγήσει σε σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO₂.

Συμμετοχή Πολιτών: Η ενεργή συμμετοχή των κατοίκων της Yokohama σε προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας έχει συμβάλει στην επιτυχία του έργου.

- **Προκλήσεις:**

Συντονισμός Τεχνολογιών: Ο συντονισμός πολλαπλών τεχνολογιών και συστημάτων αποτελεί σύνθετη πρόκληση για την ομαλή λειτουργία της έξυπνης πόλης.

Αρχικό Κόστος: Η αρχική επένδυση για την εγκατάσταση των έξυπνων συστημάτων είναι υψηλή, γεγονός που μπορεί να αποτελεί εμπόδιο για την υιοθέτηση παρόμοιων έργων σε άλλες πόλεις.

4. Δανία: Έργο Cell Controller

Το έργο Cell Controller στη Δανία αναπτύσσει και δοκιμάζει τεχνολογίες διαχείρισης ενέργειας που χρησιμοποιούν TN για τη βελτίωση της ευελιξίας και της αποδοτικότητας των μικροδικτύων.

- **Επιτυχίες:**

Αυξημένη Ευελιξία: Η χρήση TN για τη διαχείριση της παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας έχει αυξήσει την ευελιξία και την αξιοπιστία του δικτύου.

Καινοτομία: Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και η εφαρμογή τους σε πραγματικά περιβάλλοντα έχει προωθήσει την καινοτομία στον τομέα της ενέργειας.

- **Προκλήσεις:**

Ενσωμάτωση Ανανεώσιμων Πηγών: Η ενσωμάτωση μεγάλης κλίμακας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας απαιτεί συνεχείς βελτιώσεις στα συστήματα διαχείρισης και αποθήκευσης.

Κανονιστικό Πλαίσιο: Η προσαρμογή των κανονισμών και των πολιτικών για την υποστήριξη της ευρείας εφαρμογής των νέων τεχνολογιών αποτελεί συνεχή πρόκληση.

Συμπεράσματα

Η διεθνής εμπειρία από την εφαρμογή τεχνολογιών ΤΝ και έξυπνων συσκευών στη διαχείριση ενέργειας αποκαλύπτει σημαντικές επιτυχίες και προκλήσεις. Οι επιτυχίες περιλαμβάνουν τη βελτίωση της αποδοτικότητας, την αύξηση της ενσωμάτωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την προώθηση της καινοτομίας. Ωστόσο, οι προκλήσεις όπως η Κυβερνοασφάλεια, το υψηλό οικονομικό κόστος και η ανάγκη για κατάλληλες υποδομές αποθήκευσης παραμένουν σημαντικά εμπόδια. Η συνεχής εξέλιξη και η ανταλλαγή γνώσεων μεταξύ των χωρών είναι κρίσιμη για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων και την επίτευξη ενός βιώσιμου ενεργειακού μέλλοντος.

5.6.2 Τοπικές Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης και Έξυπνων Συσκευών στην Ενέργεια στην Ελλάδα και τη Μεσόγειο

Κλείνοντας το κεφάλαιο 5 , θα εξετάσουμε συγκεκριμένες περιπτώσεις εφαρμογής συστημάτων αυτόματης πρόβλεψης και διαχείρισης κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα και την ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου. Θα αναλύσουμε πώς οι κλιματικές συνθήκες, οι οικονομικές παράμετροι και η υπάρχουσα υποδομή επηρεάζουν την υλοποίηση αυτών των συστημάτων.

1. Κλιματικές Συνθήκες

Η Ελλάδα και οι χώρες της Μεσογείου διαθέτουν ιδιαίτερα κλιματικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας. Η ύπαρξη μεγάλων περιόδων ηλιοφάνειας καθιστά την ηλιακή ενέργεια σημαντική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας, ενώ οι υψηλές

θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού αυξάνουν την ανάγκη για κλιματισμό.

Αντίστοιχα, οι ήπιες χειμερινές θερμοκρασίες μειώνουν τις ανάγκες για θέρμανση.

- **Ηλιακή Ενέργεια:** Η υψηλή ηλιοφάνεια στη Μεσόγειο ευνοεί την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών συστημάτων. Η χρήση τεχνητής νοημοσύνης (AI) μπορεί να βελτιστοποιήσει την παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πάνελ, λαμβάνοντας υπόψη δεδομένα καιρού, ηλιοφάνειας και σκίασης.
- **Κατανάλωση για Κλιματισμό:** Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, η κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό αυξάνεται δραματικά. Τα έξυπνα συστήματα διαχείρισης μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη χρήση κλιματιστικών, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας μέσω πρόβλεψης της ζήτησης και προγραμματισμού των συσκευών σε ώρες χαμηλής ζήτησης.

•

2. Οικονομικές Παράμετροι

Οι οικονομικές παράμετροι επηρεάζουν άμεσα την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών στην περιοχή της Μεσογείου. Οι χώρες της περιοχής έχουν διαφορετικά επίπεδα οικονομικής ανάπτυξης, γεγονός που επηρεάζει την επένδυση σε νέες τεχνολογίες.

- **Κόστος Ενέργειας:** Οι τιμές της ενέργειας στην Ελλάδα και άλλες μεσογειακές χώρες είναι συγκριτικά υψηλές, γεγονός που καθιστά την εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της χρήσης TN ιδιαίτερα ελκυστική. Οι έξυπνοι μετρητές και τα συστήματα πρόβλεψης μπορούν να μειώσουν το συνολικό ενεργειακό κόστος για τους καταναλωτές.
- **Κρατικές Επενδύσεις και Κίνητρα:** Οι πολιτικές ενίσχυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως επιδοτήσεις για φωτοβολταϊκά συστήματα και έξυπνες συσκευές, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση των συστημάτων αυτών. Η ανάπτυξη ενεργειακών κοινοτήτων και η προώθηση της πράσινης ενέργειας είναι παραδείγματα τέτοιων πολιτικών.

3. Υποδομή και Τεχνολογική Ετοιμότητα

Η υπάρχουσα υποδομή και το επίπεδο τεχνολογικής ετοιμότητας επηρεάζουν την ταχύτητα και την αποτελεσματικότητα της υλοποίησης συστημάτων TN και έξυπνων συσκευών.

- **Έξυπνοι Μετρητές και Δίκτυα:** Η ανάπτυξη έξυπνων δικτύων (smart grids) στην Ελλάδα και την ευρύτερη περιοχή είναι σε εξέλιξη. Η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών σε οικιακούς και εμπορικούς καταναλωτές επιτρέπει τη

συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας την ακρίβεια των συστημάτων πρόβλεψης.

- Υποδομή Τηλεπικοινωνιών: Η ύπαρξη δικτύων υψηλής ταχύτητας (όπως το 5G) διευκολύνει τη σύνδεση και τη διαχείριση των έξυπνων συσκευών. Η ανάπτυξη του 5G στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες της Μεσογείου επιταχύνει την υιοθέτηση των IoT τεχνολογιών για τη διαχείριση της ενέργειας.
- Αποθήκευση Ενέργειας: Η εγκατάσταση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας (όπως οι μπαταρίες) είναι κρίσιμη για τη διαχείριση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Τα συστήματα TN μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη φόρτιση και εκφόρτιση των μπαταριών, μεγιστοποιώντας την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία του ενεργειακού συστήματος.

Συγκεκριμένα Παραδείγματα

1. Πρόγραμμα "Εξοικονομώ - Αυτονομώ" στην Ελλάδα: Το πρόγραμμα αυτό ενθαρρύνει την ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων μέσω επιδοτήσεων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων, έξυπνων μετρητών και συσκευών εξοικονόμησης ενέργειας. Η χρήση TN μπορεί να βελτιώσει την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων μέσω προγνωστικών αναλύσεων και αυτόματης διαχείρισης συσκευών.
2. Έξυπνο Δίκτυο στη Μεγαλόπολη: Η περιοχή της Μεγαλόπολης έχει υιοθετήσει ένα πιλοτικό πρόγραμμα έξυπνου δικτύου που συνδυάζει την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές με την χρήση έξυπνων μετρητών και συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας. Οι αλγόριθμοι TN χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη της παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα του συστήματος.
3. Έργο "Smart Islands" στη Μεσόγειο: Διάφορα νησιά στη Μεσόγειο, όπως η Κρήτη και τα Δωδεκάνησα, συμμετέχουν στο έργο "Smart Islands", το οποίο προωθεί την ενεργειακή αυτονομία μέσω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και έξυπνων συστημάτων διαχείρισης. Τα συστήματα TN βελτιώνουν την αποδοτικότητα και μειώνουν το κόστος ενέργειας για τους κατοίκους των νησιών.

Συμπεράσματα

Η υλοποίηση συστημάτων αυτόματης πρόβλεψης και διαχείρισης κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα και τη Μεσόγειο επηρεάζεται από τις τοπικές κλιματικές συνθήκες, τις οικονομικές παραμέτρους και την υπάρχουσα υποδομή. Οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής ευνοούν την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών συστημάτων, ενώ οι οικονομικές πολιτικές και οι τεχνολογικές υποδομές καθορίζουν τον ρυθμό υιοθέτησης των νέων τεχνολογιών. Με την κατάλληλη υποστήριξη και επενδύσεις, τα συστήματα ΤΝ και οι έξυπνες συσκευές μπορούν να προσφέρουν σημαντικά οφέλη στην ενεργειακή διαχείριση και αποδοτικότητα.

Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα και Μελλοντικές Προοπτικές

6.1 Συνεισφορά στην Εξοικονόμηση Ενέργειας και Βιώσιμη Ανάπτυξη

Η τεχνολογία, ειδικά η Τεχνητή Νοημοσύνη και οι έξυπνες συσκευές, έχει καταδείξει σημαντική συνεισφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας και την υποστήριξη βιώσιμης ανάπτυξης. Αυτοματοποιημένες λύσεις για τη διαχείριση ενέργειας επιτρέπουν μεγαλύτερο έλεγχο, καλύτερη απόδοση και μειωμένη σπατάλη πόρων, συμβάλλοντας στην επίτευξη στόχων για τη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος.

6.2 Οφέλη για Επιχειρήσεις, Οικιακούς Χρήστες και το Περιβάλλον

Επιχειρήσεις μπορούν να μειώσουν λειτουργικά κόστη και να βελτιώσουν την ενεργειακή τους αποδοτικότητα μέσω της χρήσης έξυπνων τεχνολογιών. Οι οικιακοί χρήστες επωφελούνται από χαμηλότερους λογαριασμούς και βελτιωμένη άνεση στη διαβίωση. Παράλληλα, το περιβάλλον ωφελείται από την μειωμένη εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα και την μειωμένη εκπομπή θερμοκηπιακών αερίων.

6.3 Επιπτώσεις στην Αγορά Ενέργειας και το Μέλλον της Διαχείρισης

Η αυξημένη υιοθέτηση της Τεχνητής Νοημοσύνης και των έξυπνων δικτύων μεταβάλλει τον τρόπο που η ενέργεια παράγεται, διανέμεται και καταναλώνεται. Αυτό οδηγεί σε πιο δυναμικά και αποδοτικά ενεργειακά μοντέλα, με ευκαιρίες για καινοτομίες και νέες επιχειρηματικές στρατηγικές.

6.4 Δυνατότητες Βελτίωσης και Μελλοντικές Εξελίξεις

Η συνεχιζόμενη έρευνα και ανάπτυξη στον τομέα της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) αναμένεται να φέρει σημαντικές βελτιώσεις στη διαχείριση ενέργειας, καθιστώντας τις τεχνολογίες πιο προσβάσιμες, αποδοτικές και ικανές να αντιμετωπίσουν πιο περίπλοκες προκλήσεις. Μία από τις πιο εφικτές λύσεις είναι η ενσωμάτωση εξελιγμένων αλγορίθμων μηχανικής μάθησης σε έξυπνα δίκτυα ενέργειας. Αυτοί οι αλγόριθμοι μπορούν να αναλύσουν μεγάλα σύνολα δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας την ακρίβεια στην πρόβλεψη της ζήτησης και την κατανομή των ενεργειακών πόρων. Για παράδειγμα, η χρήση νευρωνικών δικτύων μπορεί να προβλέψει τις διακυμάνσεις της ζήτησης ενέργειας σε οικιακές και βιομηχανικές

εφαρμογές, επιτρέποντας την καλύτερη διαχείριση των αποθεμάτων ενέργειας και τη μείωση των υπερφορτώσεων στο δίκτυο.

Ένα άλλο παράδειγμα είναι η βελτίωση των έξυπνων μετρητών και συσκευών. Οι έξυπνοι μετρητές μπορούν να συλλέγουν δεδομένα κατανάλωσης ενέργειας με μεγάλη ακρίβεια και να επικοινωνούν με κεντρικά συστήματα διαχείρισης, επιτρέποντας την αυτόματη ρύθμιση της παροχής ενέργειας ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών. Αυτό όχι μόνο βελτιώνει την ενεργειακή αποδοτικότητα αλλά και μειώνει το κόστος για τους καταναλωτές. Επιπλέον, οι έξυπνες συσκευές, όπως οι θερμοστάτες και τα φωτιστικά συστήματα, μπορούν να προσαρμόζονται στις συνήθειες των χρηστών, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας όταν δεν είναι απαραίτητη.

Η ενσωμάτωση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στα έξυπνα δίκτυα αποτελεί επίσης ένα σημαντικό βήμα προς τη βελτίωση της διαχείρισης ενέργειας. Με τη βοήθεια της TN, είναι δυνατή η βελτιστοποίηση της απόδοσης των ΑΠΕ, όπως τα φωτοβολταϊκά και οι ανεμογεννήτριες, μέσω της ακριβούς πρόβλεψης της παραγωγής ενέργειας. Αυτό επιτρέπει την καλύτερη ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο δίκτυο, μειώνοντας την εξάρτηση από παραδοσιακές πηγές ενέργειας και ενισχύοντας τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Τέλος, η ανάπτυξη και εφαρμογή τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας, όπως οι μπαταρίες, μπορεί να βελτιώσει την αξιοπιστία και την αποδοτικότητα των ενεργειακών συστημάτων. Η TN μπορεί να βοηθήσει στη διαχείριση αυτών των συστημάτων, επιτρέποντας την αποθήκευση ενέργειας κατά τις περιόδους χαμηλής ζήτησης και την απελευθέρωση της κατά τις περιόδους αιχμής. Αυτό όχι μόνο εξομαλύνει τις διακυμάνσεις στη ζήτηση αλλά και μειώνει την ανάγκη για επιπλέον παραγωγή ενέργειας, συμβάλλοντας στη συνολική ενεργειακή αποδοτικότητα.

Με τη συνεχιζόμενη πρόοδο στην ΤΝ και τις εφαρμογές της, αναμένονται περαιτέρω βελτιώσεις στις τεχνολογίες διαχείρισης ενέργειας, καθιστώντας τες πιο αποδοτικές και βιώσιμες για το μέλλον.

6.5. Ερευνητικές Κατευθύνσεις και Προκλήσεις

Καθώς οι τεχνολογίες εξελίσσονται, οι ερευνητικές προσπάθειες επικεντρώνονται στην ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τη βελτίωση των αλγορίθμων πρόβλεψης και τη δημιουργία έξυπνων, αυτο-επιδιορθώσιμων δικτύων ενέργειας. Οι προκλήσεις περιλαμβάνουν την ασφάλεια των δεδομένων, την ενσωμάτωση σε υφιστάμενες υποδομές και τη διασφάλιση της ισότητας στην πρόσβαση στις τεχνολογίες αυτές.

Το μέλλον της διαχείρισης ενέργειας φαίνεται να κατευθύνεται προς μια εποχή όπου η Τεχνητή Νοημοσύνη θα παίζει κυρίαρχο ρόλο, προσφέροντας λύσεις που είναι όχι μόνο οικονομικά αποδοτικές αλλά και περιβαλλοντικά βιώσιμες

Βιβλιογραφία

1. Turing, A. M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, 59(236), 433-460. Retrieved from IEEE Xplore Digital Library.
2. McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (1956). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. *AI Magazine*, 27(4), 12-14. Retrieved from IEEE Xplore Digital Library.
3. Weizenbaum, J. (1966). ELIZA—A computer program for the study of natural language communication between man and machine. *Communications of the ACM*, 9(1), 36-45. Retrieved from IEEE Xplore Digital Library.
4. Minsky, M., & Papert, S. (1969). *Perceptrons: An introduction to computational geometry*. Cambridge, MA: MIT Press. Retrieved from IEEE Xplore Digital Library.
5. Lighthill, J. (1973). Artificial Intelligence: A General Survey. In *Artificial Intelligence: a paper symposium*. Science Research Council. Retrieved from IEEE Xplore Digital Library.
6. Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, 323(6088), 533-536. Retrieved from IEEE Xplore Digital Library.
7. IBM. (1997). Deep Blue. IBM Journal of Research and Development. Retrieved from IEEE Xplore Digital Library.
8. Ashton, K. (1999). That ‘Internet of Things’ Thing. RFID Journal. Retrieved from IEEE Xplore Digital Library.
9. Hinton, G., Deng, L., Yu, D., Dahl, G., Mohamed, A., Jaitly, N., ... & Kingsbury, B. (2012). Deep Neural Networks for Acoustic Modeling in Speech Recognition. *IEEE Signal Processing Magazine*, 29(6), 82-97. Retrieved from IEEE Xplore Digital Library.
10. Silver, D., Huang, A., Maddison, C. J., Guez, A., Sifre, L., Van Den Driessche, G., ... & Hassabis, D. (2016). Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *Nature*, 529(7587), 484-489. Retrieved from IEEE Xplore Digital Library.

11. Hinton, G. E., & Salakhutdinov, R. R. (2006). Reducing the dimensionality of data with neural networks. *Science*, 313(5786), 504-507.
doi:10.1126/science.1127647
12. LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278-2324. doi:10.1109/5.726791
13. Mnih, V., Kavukcuoglu, K., Silver, D., Rusu, A. A., Veness, J., Bellemare, M. G., ... & Hassabis, D. (2015). Human-level control through deep reinforcement learning. *Nature*, 518(7540), 529-533. doi:10.1038/nature14236
14. Schmidhuber, J. (2015). Deep learning in neural networks: An overview. *Neural Networks*, 61, 85-117. doi:10.1016/j.neunet.2014.09.003
15. Silver, D., Schrittwieser, J., Simonyan, K., Antonoglou, I., Huang, A., Guez, A., ... & Hassabis, D. (2017). Mastering the game of Go without human knowledge. *Nature*, 550(7676), 354-359. doi:10.1038/nature24270
16. Saeed, H., & Kamel, S. (2020). "Artificial Intelligence Applications in Power Systems". *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 35, no. 4, pp. 2433-2442. IEEE Xplore. Retrieved from [IEEE Xplore](#).
17. Zhang, X., & Li, Y. (2019). "Machine Learning for Smart Grid: A Comprehensive Review". *IEEE Access*, vol. 7, pp. 34699-34709. IEEE Xplore. Retrieved from [IEEE Xplore](#).
18. Khan, M., & Gupta, N. (2018). "Optimization Techniques in Power Systems with Integration of Renewable Energy". *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 9, no. 3, pp. 1538-1547. IEEE Xplore. Retrieved from [IEEE Xplore](#).
19. Wang, F., & Zhang, Z. (2021). "Deep Learning for Load Forecasting in Smart Grids". *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 12, no. 5, pp. 4220-4231. IEEE Xplore. Retrieved from [IEEE Xplore](#).
20. Tsai, T., & Chen, L. (2020). "Reinforcement Learning in Power System Operation and Control". *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 16, no. 6, pp. 4276-4284. IEEE Xplore. Retrieved from [IEEE Xplore](#).
21. Zhang, T., Liu, Y., & Li, Y. (2021). A comprehensive survey on artificial intelligence in smart grid. *IEEE Systems Journal*, 15(4), 3797-3810.
doi:10.1109/JSYST.2020.2988055.

22. Raza, M. F., Imran, A., & Imran, M. (2020). A review on smart grid technology and its future prospects. *IEEE Access*, 8, 128857-128873. doi:10.1109/ACCESS.2020.3005674.
23. Jain, H. K., & Jain, R. (2016). *Advanced Analytics for Smart Grid: From Data to Decisions*. Springer.
24. Shahidehpour, M., Liu, J., & Li, Z. (2020). *Artificial Intelligence in Energy: An Introduction to Key Applications and Techniques*. Cambridge University Press.
25. M. Shahidehpour, J. Liu, and Z. Li, "Artificial Intelligence in Energy: An Introduction to Key Applications and Techniques," *Cambridge University Press*, 2020.
26. M. F. Raza, A. Imran, and M. Imran, "A review on smart grid technology and its future prospects," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 128857-128873, 2020.
27. T. Zhang, Y. Liu, and Y. Li, "A comprehensive survey on artificial intelligence in smart grid," *IEEE Systems Journal*, vol. 15, no. 4, pp. 3797-3810, 2021.
28. H. K. Jain and R. Jain, "Advanced Analytics for Smart Grid: From Data to Decisions," *Springer*, 2016.
29. X. Zhang, Y. Wang, and L. J. Jiang, "Vehicle-to-grid (V2G): Integration and control for sustainable energy management," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 11, no. 5, pp. 4314-4324, 2020.
30. D. G. Rosero, N. L. Díaz, and C. L. Trujillo (2021). "Cloud and machine learning experiments applied to the energy management in a microgrid cluster." *Applied Energy*, vol. 304, p. 117770. doi: 10.1016/j.apenergy.2021.117770. Retrieved from [IEEE Xplore](#).
31. R. Trivedi and S. Khadem (2022). "Implementation of artificial intelligence techniques in microgrid control environment: Current progress and future scopes." *Energy AI*, vol. 8, p. 100147. doi: 10.1016/j.egyai.2022.100147. Retrieved from [IEEE Xplore](#).
32. N. Rahbari-Asr, U. Ojha, Z. A. Zhang, and M.-Y. Chow (2014). "Incremental welfare consensus algorithm for cooperative distributed generation/demand response in smart grid." *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 5, no. 6, pp. 2836–2845. doi: 10.1109/TSG.2014.2346511. Retrieved from [IEEE Xplore](#).

33. Y. N. Wan, J. H. Qin, X. H. Yu, T. Yang, and Y. Kang (2022). "Price-based residential demand response management in smart grids: A reinforcement learning-based approach." *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, vol. 9, no. 1, pp. 123–134. doi: 10.1109/JAS.2021.1004287. Retrieved from [IEEE Xplore](#).
34. L. An, J. Duan, M.-Y. Chow, and A. Duel-Hallen (2019). "A distributed and resilient bargaining game for weather-predictive microgrid energy cooperation." *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 15, no. 8, pp. 4721–4730. doi: 10.1109/TII.2019.2907380. Retrieved from [IEEE Xplore](#).
35. Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347-2376. DOI: 10.1109/COMST.2015.2444095
36. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660. DOI: 10.1016/j.future.2013.01.010
37. Li, S., Xu, L. D., & Zhao, S. (2015). The Internet of Things: A Survey. *Information Systems Frontiers*, 17(2), 243-259. DOI: 10.1007/s10796-014-9492-7
38. Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497-1516. DOI: 10.1016/j.adhoc.2012.02.016
39. Vermesan, O., & Friess, P. (Eds.). (2013). Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems. *River Publishers*. ISBN: 978-87-92982-96-4
40. Arunan Sivanathan, Hassan Habibi Gharakheili, Franco Loi, Adam Radford, Chamith Wijenayake, Arun Vishwanath, Vijay Sivaraman. "Classifying IoT Devices in Smart Environments Using Network Traffic Characteristics." *IEEE Transactions on Mobile Computing Journal*. Πανεπιστήμιο New South Wales, Αυστραλία.
41. A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, M. Ayyash. "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and

- Applications." *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. Πανεπιστήμιο Western Michigan, ΗΠΑ.
42. S. K. Datta, C. Bonnet, N. Nikaiein. "An IoT Gateway Centric Architecture to Provide Novel M2M Services." *IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*. Πανεπιστήμιο Eurecom, Γαλλία.
43. N. Kushalnagar, G. Montenegro, C. Schumacher. "IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs): Overview, Assumptions, Problem Statement, and Goals." *IEEE Internet of Things Journal*. Πανεπιστήμιο Georgetown, ΗΠΑ.
44. Y. Sun, H. Song, A. Jara, R. Bie. "Internet of Things and Big Data Analytics for Smart and Connected Communities." *IEEE Access*. Πανεπιστήμιο Wuhan, Κίνα.
45. A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, M. Zorzi. "Internet of Things for Smart Cities." *IEEE Internet of Things Journal*. Πανεπιστήμιο Padova, Ιταλία.
46. M. A. Khan, K. Salah. "IoT security: Review, Blockchain Solutions, and Open Challenges." *Future Generation Computer Systems*. Πανεπιστήμιο Khalifa, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα.
47. Wang, X., & Shu, L. (2021). Internet of Things for the Future of Smart Agriculture: A Comprehensive Survey of Emerging Technologies. *IEEE Journal of Agricultural and Environmental Systems*, Nanjing Agricultural University. Available online: [IEEE Xplore](#).
48. Chen, R., Wang, H., & Chandrakasan, A. (2023). Stronger Security for Smart Devices. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Massachusetts Institute of Technology. Available online: [MIT News](#).
49. Ashok, M., Levine, E., & Chandrakasan, A. (2023). Secure Low-Power Edge-Devices: Optimizing Analog-to-Digital Converters Against Side-Channel Attacks. *IEEE Custom Integrated Circuits Conference*, Massachusetts Institute of Technology. Available online: [MIT News](#).
50. He, H., Zhuang, L., & Li, Y. (2016). DNN inference acceleration for smart devices in Industry 5.0. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 12(4), 1435-1443.
51. Zhang, X., & Yang, L. (2017). Intelligent monitoring of IoT devices using neural networks. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(3), 625-634.

52. Liu, Y., & Zhao, D. (2019). Deep domain adaptation for human activity recognition with smart devices. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 49(1), 1-12.
53. Wang, Q., & Zhang, R. (2018). Number recognition system with memory-optimized convolutional neural networks for smart metering devices. *IEEE Sensors Journal*, 18(6), 2432-2441.
54. Chen, T., & Li, X. (2020). Efficiently reducing the memory requirements of running deep neural networks on smart devices. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 31(7), 2425-2434.
55. Jayaraman, R., & Kulkarni, P. (2019). Big data for predicting electricity consumption of buildings. *Journal of Big Data*. Retrieved from <https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-019-0268-2>
56. Ether. (n.d.). Έξυπνοι μετρητές. Retrieved from https://ether.gr/gr/activities/smart_meters.html
57. <https://fiberroad.com/el/resources/new-trends/what-is-internet-of-energy-why-is-it-important/>

Εικόνες

Εικόνα 1 https://www.researchgate.net/figure/Block-diagram-of-a-smart-grid_fig2_351101477 διάγραμμα μπλοκ ενός έξυπνου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας (Smart Grid)

Εικόνα 2 <https://deepmind.google/discover/blog/machine-learning-can-boost-the-value-of-wind-energy/>

Εικόνα 3 <https://deepmind.google/discover/blog/machine-learning-can-boost-the-value-of-wind-energy/>

Εικόνα 4 https://www.researchgate.net/figure/LSTM-Input-Three-dimensional-Array_fig6_348703130 Διαστάσεις δεδομένων εισόδου νευρωνικού δικτύου τύπου lstm (100)

Εικόνα 5 Ρύθμιση και η επεξεργασία του σήματος του αισθητήρα

Εικόνα 6 Λειτουργικό διάγραμμα ενός αισθητήρα «5ης γενιάς» Οι εικόνες και τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν είναι έργα τέχνης που παράχθηκαν από το εργαλείο DALL·E της OpenAI

Εικόνα 7 Ψηφιακός έξυπνος μετρητής <https://www.alphanews.live/economy/ston-aera-i-eyropaiki-hrimatodotisi-logo-ton-exyprnon-metriton-tis-aik-binteo>

Εικόνα 8 AMI συστήματα, AMR σύστημα
https://ether.gr/gr/activities/smart_meters.html

Εικόνα 9 Γραμμές μεταφοράς ρεύματος <https://fiberroad.com/el/resources/new-trends/what-is-internet-of-energy-why-is-it-important/>

Εικόνα 10 Διαδρομή μετάδοσης πληροφορίας <https://fiberroad.com/el/resources/new-trends/what-is-internet-of-energy-why-is-it-important/>
<https://energyinformatics.springeropen.com/articles/10.1186/s42162-018-0007-5>)