



**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ**

**Έξυπνη διαχείριση ενέργειας μέσω οικονομικών ενέργειας και  
μηχανικής μάθησης**

---

**Intelligent energy management through energy economics and  
machine learning**

**Μεταπτυχιακή Εργασία**

**Νικόλαος Μακαρίτης**

Επιβλέπων Καθηγητής: **Ελευθέριος Τσουκαλάς, Καθηγητής ΠΘ**

2ος βαθμολογητής: **Παναγιώτα Τσομπανοπούλου, Καθηγήτρια ΠΘ**

3ος βαθμολογητής: **Γεώργιος Σταμούλης, Καθηγητής ΠΘ**



## Ευχαριστίες

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε κατά το Ακαδημαϊκό Έτος 2016- 2017 στον Τομέα Επιστήμης και Τεχνολογία ΗΜΜΥ της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Υπεύθυνος κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας ήταν ο πρόεδρος και Καθηγητής της σχολής κ. Ελευθέριος Τσουκαλάς, στον οποίο οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες για την ανάθεσή της αλλά καθώς επίσης για τις κατευθυντήριες συμβουλές και την καθοδήγηση που μου παρείχε καθώς και για την απρόσκοπτη πρόσβαση και παραχώρηση προγραμμάτων, δεδομένων και ερευνητικού υλικού. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά και τους συνεπιβλέποντες καθηγητές κυρία Παναγιώτα Τσομπανοπούλου καθώς και τον κύριο Γεώργιο Σταμούλη για την πολύτιμη συμβολή τους στην ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την υποστήριξη που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής.

## Περίληψη

Στην παρούσα εργασία θα γίνει μια γενική αναφορά στο τι είναι ηλεκτρική ενέργεια, πώς παράγεται, πώς μεταφέρεται και ποια είναι η δομή του Ελληνικού Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας. Επίσης θα αναφερθούμε στον τρόπο κοστολόγησης του ρεύματος, από ποιους παράγοντες επηρεάζεται και από τι εξαρτάται. Θα εξηγήσουμε τι είναι smart grids, smart cities και smart meters πώς χρησιμοποιούνται και τι προσφέρουν. Στη συνέχεια γίνεται μια αναφορά στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων τα οποία χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε σημερινές εφαρμογές όπως και στην ενέργεια και την διαχείρισή της. Ακόμη θα παρουσιάσουμε κάποιες τεχνικές και αλγορίθμους μηχανικής μάθησης και θα εμβαθύνουμε σε έναν από αυτούς για να εξηγήσουμε την πρότασή μας στην συνέχεια. Η πρόταση έχει να κάνει με το πώς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον machine learning αλγόριθμο Naïve Bayes, σε ένα διασυνδεδεμένο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων σε έκταση μιας πόλης για παράδειγμα το οποίο θα έχει άμεση πρόσβαση στο Διαδίκτυο έτσι ώστε να μπορεί να κάνει σωστές προβλέψεις ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν ανά πάσα στιγμή. Από τις προβλέψεις αυτές θα επωφελείται πάρα πολύ το σύστημα για το οποίο θα γνωρίζουμε εκ των προτέρων αν θα υπάρξει μια ενδεχόμενη υπερφόρτωση του στο εγγύς μέλλον έτσι ώστε να μπορέσουμε να το αντιμετωπίσουμε σωστά και έγκαιρα. Με αυτόν τον τρόπο προσπαθούμε να επιτύχουμε έξυπνη διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας.

## Λέξεις-Κλειδιά

Ηλεκτρική Ενέργεια, Οικονομικά Ενέργειας, Smart Grids, Smart Cities, Smart Meters, Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων, σένσορες, μηχανική μάθηση, Naïve Bayes, έξυπνη διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας

## Abstract

In this thesis there will be a general reference to what is electricity, how it is produced, how it is transported and what is the structure of Greek Electricity System right now. We will also mention the way power is priced and the factors that is influenced by. We will explain what are smart grids, smart cities and smart meters, how they are used and what they have to offer. Then there is a reference to wireless sensor networks used widely in current applications as well as in energy and its management. Also we will present some techniques and machine learning algorithms and deepening in one of them in order to explain our proposal later. The proposal has to do with the way we can use the machine learning algorithm Naïve Bayes, in an interconnected wireless sensor network, within the area of a city, for example, which has direct access to the Internet, so that it can make correct predictions depending on the conditions prevailing at any time. From these forecasts the system will benefit a lot as we will be able to know in advance if there will be a possible overload in the near future so that we can deal with it properly and promptly. That way we are trying to achieve intelligent electricity management.

## Key Words

Electricity, Energy Economics, Smart Grids, Smart Cities, Smart Meters, Wireless Sensor Network, sensors, machine learning, Naïve Bayes, intelligent power management

## Περιεχόμενα

Ευχαριστίες .....	0
Περίληψη .....	0
Abstract .....	0
Εισαγωγή .....	1
Ηλεκτρική Ενέργεια.....	3
Ηλεκτρικό Ρεύμα .....	5
Συνεχές ρεύμα .....	7
Συνεχές ρεύμα είναι το ηλεκτρικό ρεύμα που έχει μία συγκεκριμένη φορά. ....	7
Εναλλασσόμενο ρεύμα .....	7
Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	9
Διεισπαρμένη ή Κατανεμημένη Παραγωγή.....	10
Γραμμές Μεταφοράς Ηλεκτρικού Ρεύματος .....	13
Η δομή του παρόντος Ελληνικού Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	14
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	15
Smart Grids .....	17
Μετάβαση και Εγκατάσταση των Smart Grids .....	20
Τι προσφέρουν τα Έξυπνα Δίκτυα Ενέργειας .....	22
Προκλήσεις και ανάγκες.....	26
Smart Cities.....	27
Ορισμός .....	28
Λόγος Δημιουργίας Ευφυών Πόλεων .....	30
Smart Meters .....	31
Πλεονεκτήματα Στον Καταναλωτή.....	34
Πλεονεκτήματα Στην Επιχείρηση .....	36
Πλεονεκτήματα Στο Κοινωνικό Σύνολο .....	36
Οικονομικά Ενέργειας .....	37
Εισαγωγή .....	37
Αγορά Ενέργειας .....	38
Οργάνωση Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	39
Δυναμική Τιμολόγηση Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	45
Δίκτυα Αισθητήρων .....	48

Εισαγωγή στα Ασύρματα Δίκτυα .....	48
Ασύρματα Δίκτυα – Πλεονεκτήματα .....	49
Ασύρματα Δίκτυα – Μειονεκτήματα .....	50
Πρωτόκολλα Επικοινωνίας Ασύρματων Δικτύων .....	51
Εφαρμογές Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων .....	53
Μηχανική Μάθηση (Machine Learning) .....	57
Ορισμός .....	57
Ιστορία και σχέσεις με άλλους τομείς .....	57
Τύποι προβλημάτων μηχανικής μάθησης.....	60
Αλγόριθμοι Μηχανικής Μάθησης.....	62
Ο Machine Learning Αλγόριθμος Naïve Bayes .....	72
Πρόταση Λειτουργίας του Naïve Bayes Αλγορίθμου για έξυπνη διαχείριση της Ηλεκτρικής Ενέργειας και ασφάλεια του ΣΗΕ.....	79
Συμπεράσματα και μελλοντικές προτάσεις .....	81
Αναφορές .....	82





## Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική χωρίζεται σε 13 κεφάλαια το καθένα από οποία αναλύονται λεπτομερώς με τον εξής τρόπο.

Στο Κεφάλαιο πρώτο γίνεται μια παρουσίαση της Ηλεκτρικής Ενέργειας και του Ηλεκτρικού Ρεύματος πιο συγκεκριμένα με τα είδη του. Επίσης γίνεται αναφορά στον τρόπο παραγωγής και μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα σε ένα σύστημα καθώς επίσης γίνεται παρουσίαση της δομής του παρόντος ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που υπάρχουν.

Στο επόμενο Κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των Smart Grids στο οποίο παρουσιάζουμε τον τρόπο εγκατάστασης, τα οφέλη τους καθώς επίσης και τις προκλήσεις και ανάγκες που παρουσιάζονται με την χρήση τους.

Προχωρώντας στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μια προέκταση του προηγούμενου κεφαλαίου και αναφερόμαστε στα Smart Cities, στο τι ακριβώς αντιπροσωπεύουν και στον λόγο δημιουργίας τους.

Το Κεφάλαιο στην συνέχεια έχει να κάνει με τα Smart Meters, δηλαδή παρουσιάζουμε τι ακριβώς είναι και γιατί χρησιμοποιούνται και αναφέρονται επίσης τα πλεονεκτήματα χρήσης τους ως προς τον καταναλωτή, την επιχείρηση και το κοινωνικό σύνολο.

Συνεχίζοντας και αλλάζοντας λίγο θέμα προχωράμε στο επόμενο κεφάλαιο το οποίο αναφέρεται στα οικονομικά της ενέργειας και πιο συγκεκριμένα στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας και την οργάνωσή της, καθώς και το πώς λειτουργεί η δυναμική τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο επόμενο Κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων, ποια είναι τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους, αναφερόμαστε επίσης στα πρωτόκολλα επικοινωνίας που επικρατούν αυτή τη στιγμή και τέλος εκθέτουμε κάποιες εφαρμογές των ασύρματων δικτύων αισθητήρων.

Στο επόμενο και τελευταίο Κεφάλαιο αναφερόμαστε λεπτομερώς στη Μηχανική Μάθηση (Machine Learning). Στην αρχή γίνεται μια ιστορική αναδρομή και παρουσιάζονται οι σχέσεις της με άλλους τομείς, έπειτα αναφερόμαστε στους τύπους προβλημάτων της μηχανικής μάθησης καθώς επίσης και στους διάφορους αλγόριθμους της καθώς στη συνέχεια δίνεται μεγαλύτερη βάση σε έναν συγκεκριμένο αλγόριθμο, τον Naïve Bayes, ο οποίος παρουσιάζεται λεπτομερώς. Τέλος γίνεται μία πρόταση στην οποία παρουσιάζουμε έναν τρόπο με τον οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο Machine Learning αλγόριθμος Naïve Bayes, με τη βοήθεια όλων των παραπάνω στοιχείων που παρουσιάστηκαν πιο πάνω για να καταφέρουμε να επιτύχουμε έξυπνη διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας.

Έπειτα εκθέτουμε να συμπεράσματα μας και τα τις μελλοντικές μας προτάσεις για εξέλιξη των όσων παρουσιάσαμε στην παρούσα διπλωματική εργασία.



## Ηλεκτρική Ενέργεια

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα, που αναφέρεται στην κινητική ενέργεια των κινούμενων ηλεκτρονίων (ηλεκτρικό ρεύμα), λόγω της ύπαρξης διαφοράς δυναμικού στα άκρα ενός αγωγού.

Όταν γίνεται χρήση του ηλεκτρισμού η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε άλλη μορφή ενέργειας π.χ. σε κινητική ενέργεια όταν λειτουργεί ένας κινητήρας ή σε φως όταν ανάβει ένας λαμπτήρας.

Ο σύγχρονος κόσμος εξαρτά την επιβίωση και την ευημερία του από αυτό το είδος ενέργειας. Η πλειονότητα των συσκευών λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι κυριότεροι είναι η καύση διαφόρων ουσιών (λιγνίτης, πετρέλαιο, κάρβουνο), τα πυρηνικά εργοστάσια, τα ηλιακά πάρκα, τα υδροηλεκτρικά φράγματα και τα αιολικά πάρκα. Τα τελευταία 20 χρόνια γίνονται έντονες προσπάθειες αύξησης του ποσοστού ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με τη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.).

Το μεγάλο μειονέκτημα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η δύσκολη, σχεδόν αδύνατη μακροχρόνια αποθήκευσή της. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να καταναλώνεται ταυτόχρονα με την παραγωγή της ή να αποθηκεύεται αφού πρώτα μετατραπεί σε άλλες μορφές ενέργειας (π.χ. χημική, δυναμική κ.λπ.). Η ανάγκη άμεσης κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας έχει οδηγήσει στην κατασκευή ενός παγκόσμιου πλέγματος ηλεκτρικών δικτύων, έτσι ώστε να μπορεί να μεταφέρεται εύκολα, από το σημείο παραγωγής της, στο σημείο κατανάλωσης.

Ο ηλεκτρομαγνητισμός, ή ηλεκτρομαγνητική δύναμη ή ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση είναι μία από τις τέσσερις θεμελιώδεις δυνάμεις της φυσικής που περιγράφονται από το καθιερωμένο πρότυπο, και μελετά τα φαινόμενα που απορρέουν από το ηλεκτρικό φορτίο των σωματιδίων και από την αλληλεπίδραση των ηλεκτρικών με τα μαγνητικά πεδία. Η θεμελιώδης αυτή δύναμη επιτρέπει την κατανόηση πολλών φυσικών φαινομένων όπως ο ηλεκτρισμός, ο μαγνητισμός, και το φως, και αποτελεί το πρώτο δείγμα ενοποίησης δύο διαφορετικών δυνάμεων -του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού- στη φυσική.

Η ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση εμφανίζεται μεταξύ των αντικειμένων που διαθέτουν ηλεκτρικό φορτίο, τα οποία με τη σειρά τους αποτελούν τις πηγές του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Το πεδίο αυτό διαδίδεται στο χώρο με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, ένα κυματικό φαινόμενο για το οποίο δεν απαιτείται η μεσολάβηση κάποιου υλικού μέσου για την διασπορά του στο κενό, και το οποίο ταξιδεύει με την ταχύτητα του φωτός.

Ο ηλεκτρομαγνητισμός αποτελεί την βάση σημαντικών τεχνολογικών τομέων όπως η θεωρία κυκλωμάτων, της ηλεκτρολογικής μηχανικής, και της ηλεκτρονικής.

Συνδυάζοντας κατάλληλα τις εξισώσεις του Μάξγουελ καταλήγουμε στη δημιουργία κυμάτων ηλεκτρομαγνητικής φύσης. Αυτές οι κυματικές εξισώσεις που παίρνουμε για το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο καταδεικνύουν ότι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα έχουν ταχύτητα ίση με αυτήν της ταχύτητας του φωτός. Αυτό ήταν και το πρώτο πράγμα που μας έκανε να πιστέψουμε ότι το φως είναι ηλεκτρομαγνητικό κύμα (για το ότι ήταν και κύμα είχαμε ήδη στοιχεία).

Η κυματική εξίσωση που έβγαινε από τις εξισώσεις του Μάξγουελ δεν ικανοποιούσε την Γαλιλαϊκή συμμετρία, δηλαδή τους μετασχηματισμούς του Γαλιλαίου. Η ανάγκη εύρεσης ενός μετασχηματισμού που θα ικανοποιεί τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα οδήγησε στην εύρεση των λεγόμενων μετασχηματισμών Λόρεντζ και στο ανώτατο όριο ταχύτητας του φωτός λαμβάνοντας υπόψη τις αρχές της ειδικής σχετικότητας που έθεσε ο Άλμπερτ Αϊνστάιν

Οι Μετασχηματισμοί Λόρεντζ, οι οποίοι ονομάστηκαν προς τιμήν του Ολλανδού φυσικού και μαθηματικού Χέντρικ Λόρεντζ (Hendrik Antoon Lorentz) (1853-1928) και αποτελούν τη βάση της Ειδικής θεωρίας της Σχετικότητας, η οποία εισήχθη σε μια προσπάθεια να αρθούν οι αντιφάσεις ανάμεσα στις θεωρίες του ηλεκτρομαγνητισμού και της Κλασικής Μηχανικής.

Κάτω από τους μετασχηματισμούς αυτούς, η ταχύτητα του φωτός είναι η ίδια σε όλα τα συστήματα αναφοράς, όπως αξιώνει η ειδική σχετικότητα. Μολονότι οι εξισώσεις συνδέονται με την ειδική σχετικότητα, διατυπώθηκαν πριν την ειδική σχετικότητα και προτάθηκαν από τον Λόρεντζ το 1904 σαν μια εξήγηση του πειράματος Μάικελσον-Μόρλεϋ (Michelson-Morley), μέσω της συστολής του μήκους. Οι μετασχηματισμοί έρχονται σε αντίθεση με τους περισσότερο διαισθητικούς μετασχηματισμούς του Γαλιλαίου, που δίνουν καλά αποτελέσματα σε μη-σχετικιστικές (χαμηλές) ταχύτητες.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν (για παράδειγμα) για να υπολογίσουμε πώς φαίνεται η τροχιά ενός σωματιδίου από ένα αδρανειακό σύστημα αναφοράς που κινείται με σταθερή ταχύτητα (σε σχέση με το αρχικό "ακίνητο" σύστημα αναφοράς). Αντικαθιστούν τους προγενέστερους μετασχηματισμούς του Γαλιλαίου. Η ταχύτητα του φωτός,  $c$ , εισέρχεται σαν παράμετρος στους μετασχηματισμούς Λόρεντζ. Αν η ταχύτητα  $v$  είναι επαρκώς μικρή σε σχέση με την  $c$ , τότε  $\gamma \approx 1$ , και ανακτούμε οριακά τους μετασχηματισμούς του Γαλιλαίου.

## Ηλεκτρικό Ρεύμα

Το Ηλεκτρικό ρεύμα είναι η προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρικών φορτίων ή φορέων ηλεκτρικού φορτίου, κατά μήκος ενός ηλεκτροφόρου αγωγού. Ένα παρεμφερές φαινόμενο είναι το ρεύμα μετατόπισης, ποσότητα που σχετίζεται με την αλλαγή του ηλεκτρικού πεδίου. Μετριέται σε μονάδες μέτρησης της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος και αντιστοιχεί σε αυτό ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο.

Από τον ορισμό του ηλεκτρικού ρεύματος προκύπτει ότι για να εμφανιστεί χρειάζονται δύο προϋποθέσεις:

- Η ύπαρξη φορέων ηλεκτρικού φορτίου με ελευθερία κίνησης.
- Αίτιο για την προσανατολισμένη κίνηση των φορέων, δηλαδή κάποιο ηλεκτρικό πεδίο.

Συνήθως τα ηλεκτρικά φορτία είναι ελεύθερα ηλεκτρόνια μεταλλικών αντικειμένων όπως στα καλώδια. Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η μεταφερόμενη ηλεκτρική ενέργεια. Το ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί τη θέρμανση των σωμάτων τα οποία διαρρέει. Συσκευές που λειτουργούν με βάση τα θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ο θερμοσίφοντας και η ηλεκτρική κουζίνα.

Το μέγεθος που μετρά το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, που ορίζεται ως:

Δηλαδή ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ο ρυθμός διέλευσης του ηλεκτρικού φορτίου από τη διατομή ενός αγωγού. Πιο απλά, σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα περνάει από τη διατομή του αγωγού ηλεκτρικό φορτίο. Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος δείχνει πόσο φορτίο περνά στη μονάδα του χρόνου.

Το μέγεθος είναι μονόμετρο, αλλά επιπλέον έχει φορά (διάνυσμα) από τα σημεία ψηλού δυναμικού στα σημεία χαμηλού δυναμικού. Μετριέται στο διεθνές σύστημα μονάδων σε Αμπέρ A (γαλλικά Ampere) και θεωρείται θεμελιώδης μονάδα.

Υπάρχουν άλλοι δύο τρόποι με τους οποίους μετράται το ηλεκτρικό ρεύμα, οι οποίοι έχουν σχέση με την κατανομή του στο χώρο. Το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να διαρρέει έναν μονοδιάστατο αγωγό, μια επιφάνεια ή μια περιοχή του χώρου. Στην περίπτωση που ρέει έναν αγωγό χρησιμοποιείται κανονικά η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος για τη μέτρησή του. Στην περίπτωση της επιφάνειας το ηλεκτρικό ρεύμα τη διαρρέει κατά μέτωπο σαν άπειροι μονοδιάστατοι αγωγοί να έχουν συγκεντρωθεί ο ένας δίπλα στον άλλον και να έχουν σχηματίσει μια επιφάνεια. Τότε χρησιμοποιείται η επιφανειακή πυκνότητα ηλεκτρικού ρεύματος, ένα διανυσματικό μέγεθος με κατεύθυνση την κατεύθυνση του μετώπου σε κάθε σημείο της επιφάνειας και μετράται σε A/m. Αντίστοιχα στο χώρο χρησιμοποιείται η πυκνότητα ηλεκτρικού

ρεύματος, και αυτή είναι διανυσματικό μέγεθος με κατεύθυνση την κατεύθυνση του ηλεκτρικού ρεύματος, μετράται σε  $A/m^2$ .

Επειδή η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος έχει φορά, για τη μέτρησή του σε ένα σημείο θεωρούμε μία θετική φορά. Έτσι, αν το μέγεθος είναι θετικό σημαίνει ότι το δυναμικό μειώνεται κατά τη φορά που επιλέξαμε, ενώ αν το μέγεθος είναι αρνητικό σημαίνει ότι το δυναμικό αυξάνεται κατά την κατεύθυνση που επιλέξαμε. Όταν σημειώνουμε γραφικά τη φορά της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος με βέλος, τότε δείχνει κατά τη φορά μείωσης του δυναμικού.

Η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος είναι η φορά κίνησης των ηλεκτρικών φορτίων, η οποία δεν ταυτίζεται απαραίτητα με τη φορά της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος. Η φορά της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ταυτόσημη με τη φορά κίνησης των ηλεκτρικών φορτίων, όταν το ηλεκτρικό ρεύμα οφείλεται αποκλειστικά στην κίνηση θετικών φορτίων στον αγωγό. Παλιότερα πίστευαν ότι τα ελεύθερα κινούμενα φορτία στα μέταλλα ήταν θετικά, δηλαδή ότι οι δύο φορές, της έντασης και της κίνησης των φορτίων στους αγωγούς αυτούς, ταυτίζονταν.

Αργότερα, αποδείχθηκε ότι στα μέταλλα, όπου γίνονταν οι παρατηρήσεις, κυκλοφορούν ελεύθερα τα αρνητικά φορτία (τα ηλεκτρόνια), τα οποία είχαν φορά κίνησης αντίθετη από τη φορά της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος δημιουργώντας σύγχυση στην κατανόηση της φοράς του ηλεκτρικού ρεύματος.

Πιο μετά ανακαλύφθηκε πως κάποιοι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού (μονωτές), όταν περιείχαν κάποιο μικρό ποσοστό προσμίξεων, άλλαζαν ηλεκτρικές ιδιότητες και μπορούσαν να συμπεριφέρονται υπό προϋποθέσεις ως καλοί αγωγοί. Τα υλικά αυτής της κατηγορίας ονομάζονται ημιαγωγοί και στους ημιαγωγούς αποδίδεται ρεύμα ίδιας φοράς με του εφαρμοζόμενου ηλεκτρικού πεδίου, που οφείλεται σε κίνηση φαινομένων θετικών φορτίων που ονομάζονται θετικές οπές. Στην πραγματικότητα το ρεύμα των θετικών οπών οφείλεται πάλι σε κίνηση ηλεκτρονίων, που είναι οι μόνοι, υπό προϋποθέσεις, κινούμενοι φορείς ηλεκτρικού φορτίου μέσα στους ημιαγωγούς. Η κίνηση των ηλεκτρονίων στους ημιαγωγούς όμως δεν είναι ελεύθερη, όπως στα μέταλλα που λειτουργούν ως νέφος που παρασύρεται από τις διαφορές του ηλεκτρικού δυναμικού. Στους ημιαγωγούς τα ηλεκτρόνια είναι δεσμευμένα και η κίνησή τους είναι, στην ουσία, μετατόπιση μεταξύ επιτρεπών θέσεων μέσα στο υλικό. Όταν εφαρμόζουμε στον ημιαγωγό διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού (ηλεκτρική τάση), το κενό που αφήνεται από ένα ηλεκτρόνιο που αλλάζει θέση, μετατοπιζόμενο σε μια επιτρεπτή διπλανή, περιγράφεται ως θετική οπή, η οποία μάλιστα εμφανίζεται ακριβώς στα σημεία που έχουν παγιδευτεί οι προσμίξεις μέσα στο υλικό. Επειδή η επιτρεπτή θέση που καταλαμβάνει το ηλεκτρόνιο με τη μεταπήδηση είναι επίσης μια οπή, η οποία πλέον χάνεται, φαίνεται τελικά σα να έχουμε μετατόπιση της θετικής αυτής οπής στην προηγούμενη θέση του ηλεκτρονίου. Επειδή το ρεύμα αυτό δεν είναι αποτέλεσμα της ελεύθερης κίνησης των ηλεκτρονίων ως νέφος, παρά εξαρτάται άμεσα από τις ιδιότητες του

υλικού του ημιαγωγού, προτιμούμε να μιλάμε για ρεύμα που οφείλεται σε θετικούς φορείς, τις θετικές οπές, που αντικατοπτρίζουν καλύτερα το μηχανισμό της κίνησης του ρεύματος στους ημιαγωγούς και θεωρούμε ως φορά του ρεύματος σε αυτούς το ρεύμα της κίνησης των θετικών οπών, που έχει ανάστροφη φορά από αυτό της μετατόπισης των ηλεκτρονίων.

Στο φαινόμενο της ηλεκτρόλυσης παρατηρούμε κίνηση και θετικών και αρνητικών ιόντων ταυτόχρονα μέσα στο νερό που εμβαπτίζεται η άνοδος και η κάθοδος και το ρεύμα εκεί οφείλεται στην κίνηση και των δύο τύπων φορτίων. Αυτό ισχύει υπό συνθήκες και σε αέρια, όταν αυτά βρίσκονται στην κατάσταση της ύλης που ονομάζεται πλάσμα, όπου το αέριο είναι ιονισμένο. Το ρεύμα ιόντων σε πλάσμα το παρατηρούμε στο φαινόμενο της αστραπής, σε σωλήνες φωτεινών επιγραφών κλπ.

Επομένως, υπάρχουν δύο φορές που χαρακτηρίζουν το ηλεκτρικό ρεύμα:

- Η φορά της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος, η οποία δείχνει τη φορά μείωσης του δυναμικού και ονομάζεται συμβατική φορά, γιατί πολλές φορές για λόγους απλούστευσης (κατά σύμβαση) θεωρείται ότι ελεύθερα είναι θετικά φορτία και η συμβατική φορά δείχνει τη φορά τους.
- Η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος, η οποία είναι η φορά κίνησης των φορτίων, για αυτό ονομάζεται και πραγματική φορά. Η πραγματική φορά εξαρτάται από το είδος των φορτίων του ηλεκτρικού ρεύματος, δηλαδή από το αν είναι θετικά ή αρνητικά και ορίζεται όταν κινούνται κυρίως μόνο είτε τα μεν είτε τα δε.

Ανάλογα με την εξάρτηση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος με το χρόνο διακρίνουμε το ηλεκτρικό ρεύμα σε διάφορα είδη. Υπάρχουν δύο κύρια είδη ηλεκτρικού ρεύματος:

### **Συνεχές ρεύμα**

Συνεχές ρεύμα είναι το ηλεκτρικό ρεύμα που έχει μία συγκεκριμένη φορά.

Συνήθως το συνεχές ρεύμα έχει σταθερό μέτρο έντασης, με το οποίο λειτουργούν τα περισσότερα κυκλώματα και το οποίο παράγουν οι μπαταρίες. Αυτά τα κυκλώματα είναι μικρά ηλεκτρικά κυκλώματα ή ηλεκτρονικά κυκλώματα. Επειδή έχει σταθερή ένταση, υποχρεωτικά παράγεται από σταθερή τάση, δεδομένου ότι το κύκλωμα δεν αλλάζει σημαντικά με την πάροδο του χρόνου.

### **Εναλλασσόμενο ρεύμα**

Εναλλασσόμενο ρεύμα είναι το ρεύμα στο οποίο εναλλάσσεται η φορά, δηλαδή η φορά αλλάζει περιοδικά με το χρόνο.

Συνήθως αυτή η μεταβολή είναι αρμονική συνάρτηση του χρόνου, οπότε έχει περίοδο και φάση, και με το οποίο λειτουργούν μεγάλα δίκτυα ηλεκτροδότησης. Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι μεταβλητή σε σχέση με το χρόνο και κατά (αριθμητικό) μέσον όρο είναι μηδέν. Όμως το μέτρο της έντασης είναι κατά (αριθμητικό) μέσον όρο διάφορο του μηδενός και μπορεί να

χαρακτηρίσει μονόμετρα το ηλεκτρικό ρεύμα, αυτός ο μέσος όρος ονομάζεται ενεργός ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος. Δεδομένου ότι το κύκλωμα δεν αλλάζει σημαντικά, η τάση μεταβάλλεται με τον ίδιο τρόπο, για αυτό περιγράφεται από την ενεργό τάση.

Η παροχή του ηλεκτρικού ρεύματος γίνεται από το υφιστάμενο ηλεκτρικό δίκτυο ή δίκτυο ηλεκτροδότησης. Γενικά, το παρεχόμενο ηλεκτρικό ρεύμα είναι εναλλασσόμενο ημιτονοειδές ηλεκτρικό ρεύμα, ενεργής τάσης 230V και συχνότητας 50Hz. Λιγότερο διαδεδομένο είναι το ηλεκτρικό ρεύμα με χαρακτηριστικά 110V και συχνότητα 60Hz, που χρησιμοποιείται στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.

Στον κάθε καταναλωτή παρέχονται πάντα ένα τριπλό καλώδιο, που το αποτελούν ο ουδέτερος (Ο) στον οποίο δεν παρέχεται από την πάροχο ρεύμα, και οι φάσεις, στα οποία παρέχεται το ρεύμα, ενώ ο καταναλωτής είναι υποχρεωμένος να παρέχει για ασφάλεια μία γείωση. Ανάλογα με τις παρεχόμενες φάσεις της, η παροχή είναι μονοφασική ή τριφασική.

- Μονοφασική παροχή: Στον καταναλωτή παρέχεται μία φάση (R). Αν συνδεθεί μέσω ενός κυκλώματος η φάση με τον ουδέτερο τότε δημιουργείται κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος.
- Τριφασική παροχή: Στον καταναλωτή παρέχονται τρεις φάσεις (R,S,T). Η κάθε φάση διαφέρει από τις άλλες δύο κατά 120 μοίρες. Έτσι, αν συνδεθούν δύο φάσεις θα προκύψει ρεύμα παρόμοιο με της κάθε φάσης ενώ θα παρουσιαστεί και βραχυκύκλωμα εν μέρει. Αν συνδεθούν και οι τρεις φάσεις θα δημιουργηθεί πλήρως βραχυκύκλωμα και το τελικό καλώδιο δε θα φέρει καθόλου ρεύμα. Συνήθως η ηλεκτρολογική εγκατάσταση χωρίζεται σε τρία μέρη, όπου κάθε μέρος ηλεκτροδοτείται από μία φάση, όπως και στη μονοφασική παροχή.

Η διαφορά φάσης μεταξύ δύο διαδοχικών φάσεων είναι συγκεκριμένη και χαρακτηριστική της συγκεκριμένης παροχής. Γενικά, η διαφορά φάσης δύο διαδοχικών φάσεων σε μια παροχή  $n$  φάσεων δίνεται από τον τύπο:

Στην Ελλάδα σήμερα το ηλεκτρικό ρεύμα παρέχεται από τη ΔΕΗ, νομικό πρόσωπο μεικτού δικαίου και υπηρεσία κοινής ωφελείας (ΔΕΚΟ).



## Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται με την εκμετάλλευση διαφόρων πρωτογενών πηγών ενέργειας και παρουσιάζει μεγάλες διαφοροποιήσεις από χώρα σε χώρα, ανάλογα με τους διαθέσιμους εγχώριους Ενεργειακούς Πόρους, την Ενεργειακή Πολιτική της χώρας, τις γεωλογικές, γεωφυσικές και κλιματολογικές ιδιαιτερότητες αυτής. Οι πηγές παραγωγής ενέργειας διακρίνονται στις συμβατικές που βασίζονται σε ορυκτά στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα, όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας (λιθάνθρακας και λιγνίτης), το φυσικό αέριο, στην πυρηνική ενέργεια και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) που χρησιμοποιούν ανεξάντλητες πηγές (άνεμος, ήλιος, νερό κλπ.) και δεν καταναλώνουν τα περιορισμένα ενεργειακά ορυκτά αποθέματα.

Το ποσοστό συμμετοχής του πετρελαίου στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ιδιαίτερα υψηλό, όπως είναι φυσικό, σε κάποιες αραβικές πετρελαιοπαραγωγικές χώρες (όπως σχεδόν 100% στην Υεμένη), αλλά γενικότερα στις άλλες χώρες το ποσοστό του πετρελαίου στην ηλεκτροπαραγωγή έχει περιοριστεί σημαντικά. Υψηλό ποσοστό συμμετοχής του φυσικού αερίου στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εμφανίζουν μεταξύ άλλων χωρών η Ολλανδία (60%) και η Ιρλανδία (50%).

Τα στατιστικά στοιχεία του 2006 δείχνουν, ότι η χρήση του λιθάνθρακα κυριαρχεί στη Νότια Αφρική (93%) και στην Πολωνία (92%), ενώ διατηρεί υψηλό ποσοστό στη Δανία (54%), στη Μ. Βρετανία (37.5%), στην Κορέα (38%) και στις Ην. Πολιτείες (σχεδόν 50%). Ο λιγνίτης παίζει σημαντικό ρόλο στην Ελλάδα (55%) και στη Γερμανία (42%). Το ποσοστό της πυρηνικής ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλό στη Γαλλία (78%), στο Βέλγιο (54.5%), στην Ουγγαρία (37.5%), στη Σουηδία (47%), στη Νότια Κορέα (37%) και στην Ελβετία (43%). Τέλος, το ποσοστό της υδροηλεκτρικής ενέργειας εμφανίζει υψηλές τιμές στη Νορβηγία (98,5%), στην Αυστρία (64%), στον Καναδά (58%), στην Ελβετία (51%), καθώς και σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, με χαρακτηριστικότερα παραδείγματα την Γκάνα (67%), τη Βραζιλία (83%), την Κένυα (51%) και τη Βενεζουέλα (72%).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα προέρχεται κυρίως από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας παράγεται περίπου το 50% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας. Η συγκέντρωση των θερμοηλεκτρικών σταθμών στο Βορρά της χώρας δημιουργεί αυξημένες απώλειες κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στα κέντρα κατανάλωσης και ανισορροπία στη λειτουργία. Ωστόσο ο σχεδιασμός τους βασίστηκε στην εγγύτητά τους στις περιοχές που υπάρχουν πλούσια κοιτάσματα λιγνίτη, ο οποίος αποτελεί την καύσιμη πρώτη ύλη για αυτούς τους σταθμούς. Στη χώρα μας υπάρχουν τέσσερις περιοχές με σημαντικά αποθέματα λιγνίτη, στη Δράμα, στη Δυτική Μακεδονία, στην Ελασσόνα και στη Μεγαλόπολη. Σύμφωνα με στοιχεία του 2011 για το Διασυνδεδεμένο Σύστημα (National Report ΡΑΕ 2012), το 66.5% της εγκατεστημένης ισχύος των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων είναι θερμοκοί σταθμοί, εκ των οποίων με λιγνίτη 4930 MW, με πετρέλαιο 730 MW και με φυσικό αέριο 4579 MW. Το 19.6% είναι μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί και το 13.9% είναι μονάδες ΑΠΕ.

Ο λιγνίτης είναι η σημαντική **εγχώρια ενεργειακή πηγή**, συνεισφέροντας το 53.15% της εγχώριας παραγωγής για το 2011. Το φυσικό αέριο συνεισφέρει το 28.3%. Ταυτόχρονα η ανάδειξη της προστασίας του περιβάλλοντος ως στόχου υψηλής προτεραιότητας της ελληνικής πολιτείας, οδηγεί σε προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, θέτοντας ως στόχο την αύξηση συμμετοχής τους στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο 34% μέχρι το 2020. Στο ίδιο πλαίσιο δίνεται έμφαση στην επιτάχυνση της διεξόδου του φυσικού αερίου στο ενεργειακό ισοζύγιο. Επειδή η χρονική διάρκεια ζωής των ήδη γνωστών εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων λιγνίτη δεν υπερβαίνει τα 35 χρόνια, έχει διατυπωθεί η άποψη ότι θα πρέπει να μπου στο ελληνικό ισοζύγιο ηλεκτρισμού νέα καύσιμα, όπως ο λιθάνθρακας, ώστε να παραταθεί η διαθεσιμότητα και η χρήση του λιγνίτη σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου. Οι ανθρακικές μονάδες επιτυγχάνουν υψηλότερους βαθμούς απόδοσης από τις λιγνιτικές και κατά συνέπεια εκπέμπουν μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα ανά παραγόμενη μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας. Όσον αφορά στις εκπομπές διοξειδίου του θείου, αυτές αντιμετωπίζονται με αντιρρυπαντικές εγκαταστάσεις όπως η αποθείωση καυσαερίων. Επιπλέον ανάμεσα στα πλεονεκτήματα του άνθρακα είναι ότι, ενώ το φυσικό αέριο θα είναι διαθέσιμο για τα επόμενα 50 – 60 χρόνια, ο άνθρακας θα είναι διαθέσιμος τουλάχιστον για 200 χρόνια ακόμη. Ωστόσο η μελλοντική αξιοποίηση του άνθρακα θα εξαρτηθεί από τη δυνατότητα των ηλεκτροπαραγωγών μονάδων άνθρακα να υιοθετήσουν με χαμηλό κόστος καθαρές και αποδοτικές τεχνολογίες καύσης, ώστε να προσαρμοστούν στο αυστηρό πλαίσιο των περιβαλλοντικών απαιτήσεων του «Πρωτοκόλλου του Κυότο» και των αυστηρών Ευρωπαϊκών προδιαγραφών για νέες εγκαταστάσεις καύσης.

Η εγκατεστημένη ισχύς των εν λειτουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ήταν 2140 MW στο τέλος του 2011. Σε επίπεδο τεχνολογίας, τα αιολικά έργα επικρατούν στο σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος των έργων ΑΠΕ που βρίσκονται σε λειτουργία. Ωστόσο στα επόμενα 2 έτη αναμένεται να ενισχυθούν σημαντικά τα φωτοβολταϊκά.

## Διεσπαρμένη ή Κατανεμημένη Παραγωγή

Η κατανεμημένη παραγωγή(ΚΠ) ορίζεται ως η παραγωγή ενέργειας μικρής κλίμακας, άμεσα συνδεδεμένη στο δίκτυο διανομής, με τιμές που κατά κανόνα κυμαίνονται από 1kW μέχρι 100MW. Είναι μία σχετικά καινούρια τάση στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και στην βιομηχανία ηλεκτρισμού. Συχνά συναντάται και με τους εναλλακτικούς ελληνικούς όρους: *διανεμημένη παραγωγή, διάσπαρτη παραγωγή, επί τόπου παραγωγή, ενσωματωμένη παραγωγή, αποκεντρωμένη παραγωγή.*

Κατανεμημένη παραγωγή είναι οποιαδήποτε πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδεδεμένη άμεσα στο δίκτυο διανομής ή στη θέση κατανάλωσης ή απλά οι μονάδες παραγωγής ενέργειας έχουν εγκατασταθεί κοντά στο σημείο κατανάλωσης.

Ο σκοπός της ΚΠ είναι η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στην καρδιά ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας από πολλές μικρές πηγές ενέργειας. Εξαρτάται κυρίως από την

εγκατάσταση και την λειτουργία ενός συνόλου από μικρού μεγέθους, συμπαγείς και καθαρές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κοντά στη θέση του ηλεκτρικού φορτίου. Με αυτόν τον τρόπο λοιπόν θέλουμε να έχουμε παραγωγή ενεργού ισχύος χωρίς ωστόσο να επιβάλλεται η παραγωγή άεργου ισχύος.

Προχωράμε στη συνέχεια σε μια συνοπτική παρουσίαση των τύπων τεχνολογιών διασπαρμένης παραγωγής. Οι τεχνολογίες αυτές αποτελούνται κυρίως από συστήματα παραγωγής ενέργειας και συστήματα αποθήκευσης.

### Μικροτουρμπίνες

Οι μικροτουρμπίνες είναι μικρές τουρμπίνες που παράγουν ισχύ μεταξύ 25 και 500 k W. Οι μικροτουρμπίνες προήλθαν από τεχνολογίες που υπήρχαν σε μεγάλα φορτηγά ή στις τουρμπίνες των αεροσκαφών.

### Τουρμπίνες εσωτερικής καύσης

Οι παραδοσιακές τουρμπίνες παράγουν ισχύ μεταξύ 500 k W και 25 MW για DER, και μέχρι 250 MW για κεντρική παραγωγή ισχύος. Το καύσιμο που χρησιμοποιούν είναι φυσικό αέριο, πετρέλαιο ή ένας συνδυασμός καυσίμων. Οι σύγχρονες τουρμπίνες έχουν αποδόσεις που κυμαίνονται από 20 έως 45% στο πλήρες φορτίο.

### Μηχανές εσωτερικής καύσης

Μια μηχανή εσωτερικής καύσης μετατρέπει την ενέργεια που περιέχεται σε κάποιο καύσιμο σε μηχανική ενέργεια. Αυτή η μηχανική ενέργεια χρησιμοποιείται για την περιστροφή ενός άξονα μέσα στη μηχανή. Μια γεννήτρια συνδέεται με τη μηχανή εσωτερικής καύσης για τη μετατροπή της περιστροφικής κίνησης σε ηλεκτρική ενέργεια. Είναι διαθέσιμες από μικρά μεγέθη (5kW για εφεδρική γεννήτρια σε κατοικίες) μέχρι μεγάλες γεννήτριες (7 MW). Οι μηχανές εσωτερικής καύσης χρησιμοποιούν διαθέσιμα καύσιμα όπως βενζίνη, φυσικό αέριο και diesel.

### Μηχανές Stirling

Οι μηχανές Stirling έχουν κατηγοριοποιηθεί ως μηχανές εξωτερικής καύσης. Είναι σφραγισμένα συστήματα με ένα αδρανές αέριο που θέτει σε λειτουργία τη μηχανή, συνήθως ήλιο ή υδρογόνο. Συνήθως είναι διαθέσιμες σε μικρά μεγέθη (1-25 k W) και προς το παρόν παράγονται σε μικρές ποσότητες για εξειδικευμένες εφαρμογές στη διαστημική και τη θαλάσσια βιομηχανία.

### Κυψέλες καυσίμου

Τα συστήματα ισχύος με κυψέλες καυσίμου είναι αθόρυβα, καθαρά και αποδοτικά τοπικά συστήματα παραγωγής που χρησιμοποιούν μια ηλεκτροχημική διεργασία – όχι καύση – για τη

μετατροπή του καυσίμου σε ηλεκτρισμό. Επιπροσθέτως της παροχής ενέργειας, μπορούν να προσφέρουν μια πηγή θερμικής ενέργειας για τη θέρμανση του χώρου και του νερού ή για ψύξη απορρόφησης. Σε κάποιες έρευνες έχει αποδειχθεί ότι οι κυψέλες καυσίμου μειώνουν το κόστος για τις υπηρεσίες ηλεκτρισμού 20 με 40%.

### Αποθήκευση ενέργειας / Συστήματα UPS

Οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας δεν παράγουν καθαρή ενέργεια αλλά μπορούν να προμηθεύουν ηλεκτρική ενέργεια για μικρά χρονικά διαστήματα. Χρησιμοποιούνται για τη διόρθωση πτώσεων τάσης, flicker και έντονης κυμάτωσης που συμβαίνουν όταν η εταιρία παροχής ή οι πελάτες αλλάζουν προμηθευτές ή φορτία. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως Συστήματα Αδιάλειπτου Τροφοδοσίας (UPS). Σαν τέτοια, οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας θεωρούνται τεχνολογίες διασπαρμένης παραγωγής.

### Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά κελιά (PV), ή αλλιώς ηλιακά κελιά, μετατρέπουν απευθείας το φως του ήλιου σε ηλεκτρική ενέργεια. Συγκεντρώνονται σε επίπεδα πάνελ τα οποία μπορούν να τοποθετηθούν σε ταράτσες ή άλλες ηλιόλουστες περιοχές. Παράγουν ηλεκτρισμό χωρίς να έχουν κινούμενα μέρη, λειτουργούν αθόρυβα και χωρίς εκπομπές.

### Αιολικά συστήματα

Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν τον άνεμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μια τουρμπίνα με πτερωτές τοποθετείται στην κορυφή ενός ψηλού πύργου. Ο πύργος είναι ψηλός ούτως ώστε να εκμεταλλευόμαστε τη μεγαλύτερη ταχύτητα του ανέμου, απαλλαγμένη από τις αναταράξεις που προέρχονται από τη μεσολάβηση εμποδίων όπως δέντρα, λόφοι και κτίρια. Όπως περιστρέφεται η τουρμπίνα με τον άνεμο, μια γεννήτρια παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Μια ανεμογεννήτρια μπορεί να ποικίλλει σε μέγεθος από λίγα kW σε οικιακές εφαρμογές έως πάνω από 5 MW.

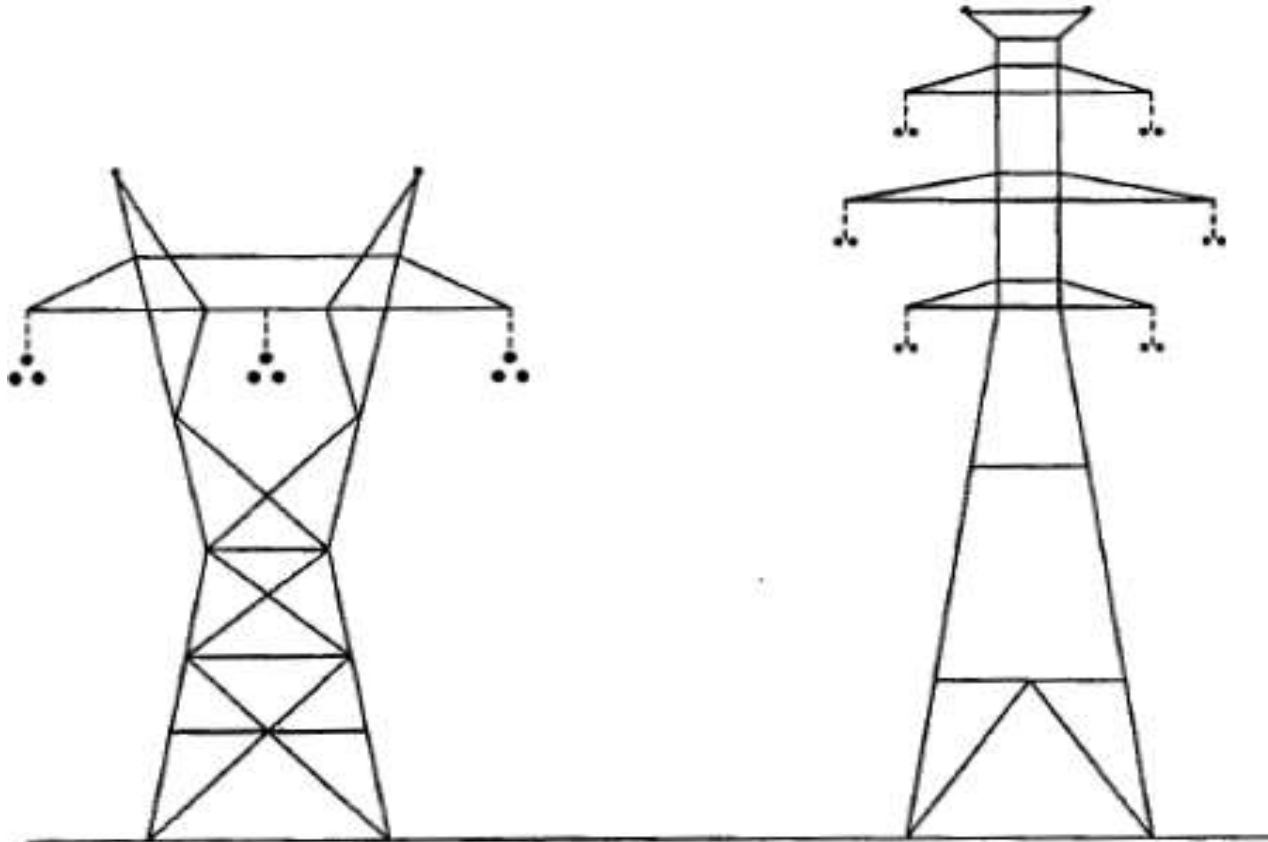
### Υβριδικά συστήματα

Παραγωγοί και κατασκευαστές τεχνολογιών διασπαρμένης παραγωγής αναζητούν τρόπους να συνδυάσουν τεχνολογίες για να βελτιώσουν τις επιδόσεις και την απόδοση του εξοπλισμού διασπαρμένης παραγωγής.

## Γραμμές Μεταφοράς Ηλεκτρικού Ρεύματος

### ΤΥΠΟΙ ΦΟΡΕΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Μια γραμμή μεταφοράς αποτελείται από αγωγούς φάσεων, μονωτήρες και αγωγούς προστασίας. Οι αγωγοί φάσεων αναρτώνται από πύργους, οι οποίοι είναι απλού ή διπλού κυκλώματος. Η μορφή των πύργων παρουσιάζεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1: τύποι πύργων γραμμών μεταφοράς

### ΑΓΩΓΟΙ

Το πρώτο υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των αγωγών φάσεων των γραμμών μεταφοράς (Γ.Μ.) ήταν ο χαλκός, λόγω της μεγάλης ειδικής αγωγιμότητας που παρουσιάζει. Σταδιακά όμως έδωσε τη θέση του στο αλουμίνιο λόγω του ότι για την ίδια αντίσταση, οι αγωγοί αλουμινίου είναι πολύ φθηνότεροι και ελαφρότεροι από τους αγωγούς χαλκού. Το γεγονός ότι ένας αγωγός αλουμινίου έχει μεγαλύτερη διατομή από έναν αγωγό χαλκού ίδιας αντίστασης αποτελεί ένα επί πλέον πλεονέκτημα: η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που αναπτύσσεται γύρω από τον αγωγό αλουμινίου είναι μικρότερη από ότι γύρω από τον αγωγό χαλκού. Έτσι, η τάση για σχηματισμό κορώνων- η οποία είναι ένα ανεπιθύμητο φαινόμενο (προκαλεί απώλειες ισχύος, ραδιοφωνικές παρεμβολές κλπ.)- γύρω από τον αγωγό αλουμινίου είναι μικρότερη.

Οι συμβολισμοί για τα διάφορα είδη αγωγών αλουμινίου που χρησιμοποιούνται είναι οι πιο κάτω:

Τύπος Περιγραφή

AAC Αγωγοί αλουμινίου

AAAC Αγωγοί κραμάτων αλουμινίου

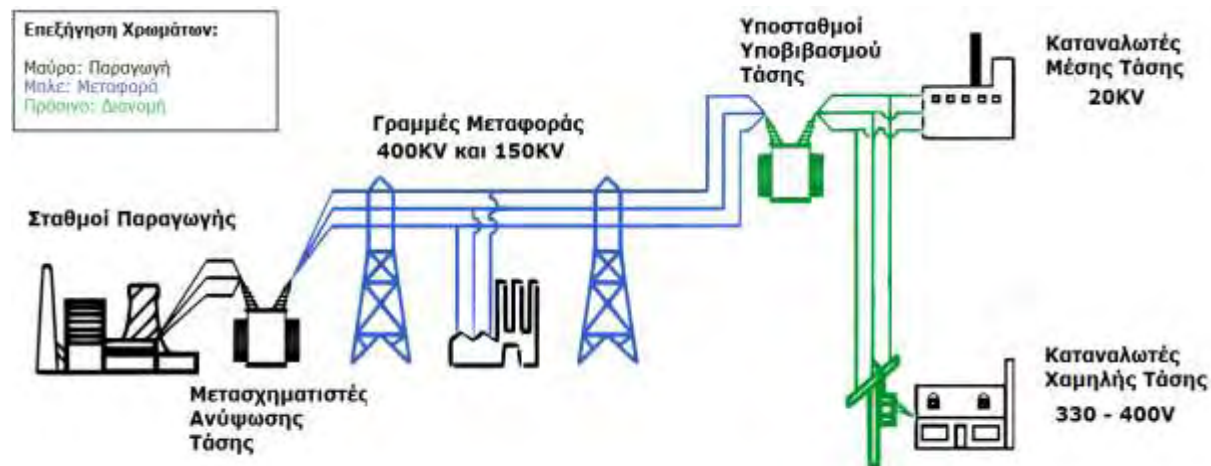
ACSR Αγωγοί αλουμινίου, ενίσχυση χάλυβα

ACAR Αγωγοί αλουμινίου, ενίσχυση κράματος

Οι αγωγοί αυτοί αποτελούνται από επάλληλες στρώσεις συνεστραμμένων συρμάτων έτσι ώστε η εσωτερική διάμετρος μίας στρώσης να είναι ίση με την εξωτερική της προηγούμενης. Η διάταξη αυτού του είδους εξασφαλίζει ελαστικότητα ακόμα και σε μεγάλες διατομές αγωγών. Ο συνηθέστερος τύπος αγωγών, τουλάχιστον στον Ελληνικό χώρο, είναι ο ACSR. Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται η μορφή ενός τυπικού ACSR αγωγού με 7 κλάδους χάλυβα και 24 κλάδους αλουμινίου. Ο αγωγός χαρακτηρίζεται σαν 24Al/7St, ή απλά 24/7. Χρησιμοποιώντας διαφορετικούς συνδυασμούς χάλυβα και αλουμινίου είναι δυνατόν να επιτευχθούν διάφορα χαρακτηριστικά (μηχανική αντοχή, ικανότητα μεταφοράς ρεύματος, μέγεθος αγωγού).

## Η δομή του παρόντος Ελληνικού Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας

Από την ανάλυση του *σχήματος 1* είναι εμφανές ότι η αρχική ενέργεια που παράγεται από τα εργοστάσια ενισχύεται μέσω των μετασχηματιστών ανύψωσης τάσης για την μεταφορά της στο δίκτυο μεταφοράς. Το δίκτυο μεταφοράς στέλνει την ενέργεια, μέσω των γραμμών μεταφοράς και μεγάλων αποστάσεων, στους υποσταθμούς. Κατά την μεταφορά της όμως στους υποσταθμούς, η τάση της θα υποβιβαστεί (σε voltage) από το επίπεδο μεταφοράς στο αντίστοιχο επίπεδο διανομής. Ενώ την στιγμή που εξέρχεται από τους υποσταθμούς, εισέρχεται στο δίκτυο διανομής. Τελικά κατά την άφιξη της, στην εκάστοτε τοποθεσία χρήσης, η τάση υποβιβάζεται και πάλι από το επίπεδο διανομής στο αντίστοιχο απαιτούμενο επίπεδο τάσης προς χρήση



*Σχήμα 1: Απεικόνιση του διαχωρισμού της παραγωγικής διαδικασίας του Ελληνικού Δικτύου.*

Η βασική δομή των υπαρχόντων ηλεκτρικών δικτύων βασίζεται κυρίως σε μεγάλους κεντρικούς σταθμούς παραγωγής οι οποίοι συνδέονται με συστήματα μεταφοράς υψηλής τάσης (ΥΤ) τα οποία στην συνέχεια συνδέονται με συστήματα μέσης (ΜΤ) και χαμηλής τάσης (ΧΤ). Σε αντίθεση με τον τομέα της παραγωγής όπου υπάρχουν αρκετοί εμπλεκόμενοι ιδιώτες, τη διανομή και τη μεταφορά έχουν αναλάβει αποκλειστικά δημόσιοι φορείς.

Συγκεκριμένα, ύστερα από τον διαχωρισμό της ΔΕΗ Α.Ε, προέκυψαν δύο 100% θυγατρικές της εταιρείας, ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. (Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε) και ο ΑΔΜΗΕ Α.Ε. (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.). Η πρώτη έχει την ευθύνη για τη διαχείριση, ανάπτυξη, λειτουργία και συντήρηση του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας, ενώ η δεύτερη έχει την ευθύνη της διαχείρισης, λειτουργίας, ανάπτυξης και συντήρησης του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας και των διασυνδέσεών του. Την διαχείριση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.), με στόχο την ανάπτυξη του κλάδου, έχει αναλάβει η ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε. ως 100% θυγατρική εταιρεία της ΔΕΗ Α.Ε.

Η ΔΕΗ Α.Ε. κατέχοντας περίπου το 75% της εγκατεστημένης ισχύος των θερμοηλεκτρικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής στην ηπειρωτική Ελλάδα (στοιχεία 2013), συμπεριλαμβάνοντας στο ενεργειακό της μείγμα λιγνιτικούς, υδροηλεκτρικούς, πετρελαϊκούς σταθμούς, σταθμούς φυσικού αερίου, καθώς και μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), δραστηριοποιείται ως Παραγωγός και είναι ο κύριος Προμηθευτής ηλεκτρικής ενέργειας στην ελληνική αγορά και είναι ο 2ος μεγαλύτερος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

## Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Ήπιες μορφές ενέργειας ή Ανανεώσιμες Μορφές είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διεργασίες όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Συγκεκριμένα σύμφωνα με την οδηγία 2009/28/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, ως ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές θεωρείται η αιολική, ηλιακή, αεροθερμική, γεωθερμική, υδροθερμική και ενέργεια των ωκεανών, υδροηλεκτρική, από βιομάζα, από τα εκλυόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από αέρια μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και από βιοαέρια. Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, αφού ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια, δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών. Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Τελευταία, από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη, υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη.

Ορισμένα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας παρατίθενται παρακάτω:

- □ Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές, που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τούτου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει πολύ μεγάλο χρόνο ζωής.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

Ορισμένα μειονεκτήματα είναι τα εξής:

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια της γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους, αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω από το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Σε παγκόσμιο επίπεδο οι ΑΠΕ δεν αξιοποιούνται αρκετά ακόμα και κατέχουν μικρό ποσοστό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο, μόλις το 7%. Ειδικότερα στην Ελλάδα η παραγωγή από ΑΠΕ είναι αρκετά περιορισμένη και μόνο τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να εντατικοποιείται η ενασχόληση με αυτές.



## Smart Grids

Με τον απλό όρο Δίκτυο ορίζουμε το Ηλεκτρικό Σύστημα που υποστηρίζει μία ή όλες τις παρακάτω λειτουργίες: Παραγωγή, μεταφορά, διανομή και έλεγχος ενέργειας.

Ο όρος **Έξυπνο Δίκτυο** (ή αλλιώς Δίκτυο του μέλλοντος) αναφέρεται σε ένα τελείως εκσυγχρονισμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο παρακολουθεί, προστατεύει και βελτιστοποιεί τη λειτουργία των διασυνδεδεμένων σε αυτό στοιχείων από άκρο σε άκρο. Πρόκειται για μια υποδομή που στόχο έχει την ενίσχυση της αποδοτικότητας και της αξιοπιστίας μέσω αυτομάτου ελέγχου, μετατροπών υψηλής ισχύος, σύγχρονης δομής επικοινωνιών, τεχνολογιών αισθητήρων/ μετρητών και σύγχρονων τεχνικών διαχείρισης ενέργειας βασισμένων στη βελτιστοποίηση της ζήτησης, τη διαθεσιμότητα της ενέργειας και του δικτύου κ.ά. Το σύστημα περιλαμβάνει κεντρικές και κατακεντρωμένες ηλεκτρικές γεννήτριες μέσω του δικτύου υψηλής τάσης και σύστημα διανομής χαμηλής τάσης σε βιομηχανικούς χρήστες ή συστήματα αυτοματισμού οικιακών κτηρίων, σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας και σε τελικούς καταναλωτές.

Το Έξυπνο δίκτυο (Smart Grid) είναι μια αναβάθμιση του ηλεκτρικού δικτύου, που χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνολογίες επικοινωνιών, αυτοματοποιημένου ελέγχου, αυτοματοποιημένες συσκευές μέτρησης και γενικότερα αξιοποιεί την τεχνολογία της πληροφορίας. Αυτή η ιδέα συνδυάζει βασική υποδομή του ενεργειακού συστήματος, την πληροφορία και τους κανόνες της αγοράς (τιμολογιακή πολιτική) σε μια ολοκληρωμένη διαδικασία με σκοπό την καλύτερη παροχή, έλεγχο και γενικότερα διαχείριση της ενέργειας.

Ένα έξυπνο δίκτυο ή ευφυές δίκτυο επιτρέπει στις συσκευές όλων των επιπέδων να επικοινωνούν με το σύστημα και να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο ώστε να μπορούν να λειτουργούν όσο το δυνατόν πιο αποδοτικά (συστήματα AMR). Με τη χρήση έξυπνων συσκευών οι καταναλωτές έχουν τη δυνατότητα να ελέγχουν το φορτίο τους και να εξοικονομούν ενέργεια (πολιτικές DSM). Επιπλέον προηγμένες επικοινωνιακές ικανότητες επιτρέπουν την άμεση ενημέρωση για την τιμολόγηση της ενέργειας, για τα κίνητρα μείωσης ζήτησης και για σήματα άμεσης διακοπής φορτίων (πολιτικές DR).

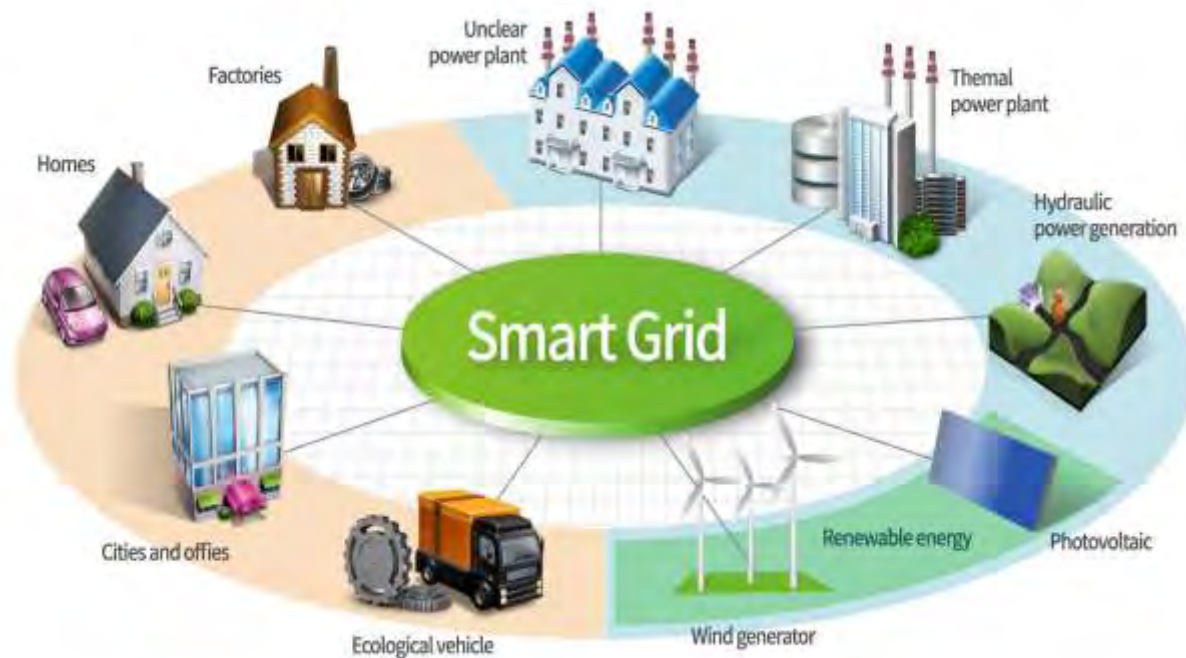
Το έξυπνο δίκτυο θα χαρακτηρίζεται από αμφίδρομη ροή ηλεκτρικής ενέργειας και πληροφοριών για τη δημιουργία ενός αυτοματοποιημένου, ευρέως κατακεντρωμένου δικτύου διανομής ενέργειας. Ενσωματώνει στο δίκτυο τα πλεονεκτήματα των κατακεντρωμένων υπολογιστικών συστημάτων και των επικοινωνιών, για τη μεταφορά σε πραγματικό χρόνο πληροφοριών με σκοπό την εξισορρόπηση της παροχής και της ζήτησης ρεύματος. Επίσης, τα έξυπνα δίκτυα ηλεκτροδότησης μπορούν και διορθώνουν σφάλματα και ταραχές (black-outs), μετατρέποντας έτσι το δίκτυο σε ένα δυναμικό δίκτυο. Παράλληλα επιτρέπουν τη διεξόδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για κάλυψη αναγκών σε ευρεία κλίμακα και ανοίγουν το εμπόριο ενέργειας. Η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα και το κόστος μειώνονται σημαντικά. Τα δίκτυα αυτά χρησιμοποιούν, κυρίως, υπάρχουσες τεχνολογίες, αλλά τις εφαρμόζουν με νέους τρόπους στη λειτουργία του δικτύου.

Επειδή η ζήτηση δεν είναι σταθερή αλλά έχει διακυμάνσεις απαιτούνται οι στρεφόμενες εφεδρείες για να καλύψουν την επιπλέον ζήτηση, όταν χρειαστεί. Αυτός ο τρόπος διαχείρισης έχει υψηλό κόστος, τόσο γιατί το 10% της ενέργειας που είναι διαθέσιμη μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για

το 1% του χρόνου στο οποίο είναι διαθέσιμο, όσο διότι οι διακοπές παροχής ρεύματος και τα σφάλματα είναι ζημιογόνα για τους χρήστες.

Το ευφυές δίκτυο προσφέρει αλληλεπίδραση μεταξύ φορτίου και παραγωγής σε πραγματικό χρόνο, που επιτρέπει τον καλύτερο υπολογισμό του ισοζυγίου και επιτρέπει στους χειριστές να ανιχνεύουν σφάλματα και να βρίσκουν ταχύτατα εναλλακτική διαδρομή για τη ροή της ενέργειας παρακάμπτοντας το σφάλμα, έτσι αυξάνεται η αξιοπιστία. Επίσης αλλάζοντας ο μηχανισμός κοστολόγησης (υψηλές τιμές ενέργειας τις ώρες αιχμής και χαμηλότερες τις υπόλοιπες ώρες) γίνεται μετατόπιση φορτίων και μειώνονται οι ανάγκες για εφεδρεία. Θα μπορούσε μάλιστα σε ένα τέτοιο σύστημα η τιμή να μεταβάλλεται συνεχώς ανάλογα με τη ζήτηση. Ενθαρρύνεται επίσης και η χρήση "πράσινης ενέργειας" που μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί σε ένα τέτοιο σύστημα καθώς κάθε καταναλωτής μπορεί να γίνει και παραγωγός χρησιμοποιώντας τεχνολογίες ΑΠΕ (φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, μικρά υδροηλεκτρικά, κυψέλες υδρογόνου, συμπαραγωγή) και να προσφέρει την περίσσεια ενέργεια στο δίκτυο ή απλά να καλύπτει μέρος της ζήτησης του. Χρησιμοποιώντας ένα έξυπνο μετρητή ο πελάτης μπορεί άμεσα να γνωρίζει τη ισχύ απορροφά ή προσφέρει στο δίκτυο.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να πούμε ότι το Ευφυές Σδίκτυο υποβοηθούμενο από τεχνολογίες Smart metering, Energy Storage και πολιτικών DR/DSM αλλά και on-line υπηρεσιών πληροφορικής (EIS) αποτελεί ένα βέλτιστο σύστημα διαχείρισης της ενέργειας.



Παρακάτω παρατίθενται ορισμένες από τις βασικές διαφορές ανάμεσα στο υπάρχον και τα Smart Grids:

➤ **Σύγκριση Παρόντος Δικτύου και Smart Grid**

<b>Παρόν Δίκτυο</b>	<b>Smart Grid</b>
Ηλεκτρομηχανικό	<i>Ψηφιακό</i>
Μονής Κατεύθυνσης	<i>Διπλής Κατεύθυνσης</i>
Κεντρική Παραγωγή	<i>Κατανεμημένη Παραγωγή</i>
Ελάχιστοι Σένσορες	<i>Παντού σένσορες</i>
Manual monitoring	<i>Self-monitoring</i>
Manual restoration (χειροκίνητη αποκατάσταση δικτύου)	<i>Self-healing (αυτο-άνοσο σύστημα)</i>
Βλάβες και blackouts	<i>Adaptive and islanding (αυτόνομη λειτουργία)</i>
Περιορισμένος Έλεγχος	<i>Διάχυτος Έλεγχος (Pervasive control)</i>
Ελάχιστες επιλογές πελατών	<i>Πολλές επιλογές πελατών</i>

Το Έξυπνο δίκτυο (Smart Grid) είναι ένα σύνολο συμπληρωματικών στοιχείων όπως υποσταθμοί, λειτουργίες, υπηρεσίες κάτω από τον επιτήρηση υψηλά ανεπτυγμένων συστημάτων διαχείρισης και ελέγχου. Έτσι σε μια τεχνική μελέτη ενός Smart Grid, προκύπτουν παρακάτω τα 3 μεγάλα συστήματα:

- **Έξυπνο σύστημα υποδομής:** Είναι το σύστημα το οποίο είναι υπεύθυνο για την ενέργεια, την πληροφόρηση και την επικοινωνία όπου βασίζεται το έξυπνο δίκτυο, και υποστηρίζει: 1) την ανεπτυγμένη παραγωγή, μεταφορά και κατανάλωση ενέργειας, 2) την ανεπτυγμένη μέτρηση, παρακολούθηση και διαχείριση ενέργειας και 3) τις ανεπτυγμένες τεχνολογίες επικοινωνίας.
- **Έξυπνο σύστημα Διαχείρισης:** Το σύστημα αυτό προσφέρει υπηρεσίες διαχείρισης και ελέγχου της ενέργειας, με στόχους την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, των χαρακτηριστικών της ζήτησης, την μείωση του κόστους και τον έλεγχο των εκπομπών.
- **Έξυπνο σύστημα Προστασίας:** Είναι το υπεύθυνο για την αξιόπιστη χρήση του δικτύου, προστασία από πιθανές βλάβες, καθώς και άλλες υπηρεσίες ασφαλείας.

Οι προκλήσεις που έχει να αντιμετωπίσει και οι ανάγκες του μελλοντικού έξυπνου δικτύου μεταφοράς συνοψίζονται σε τέσσερις κατηγορίες.

- ✓ **Προκλήσεις Υποδομής.** Η υπάρχουσα υποδομή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας περιέχει στοιχεία που γερνούν γρήγορα. Με την πίεση των αυξανόμενων απαιτήσεων φορτίου, η συμφόρηση του δικτύου γίνεται όλο και χειρότερη. Τα γρήγορα εργαλεία online ανάλυσης, η ευρείας ζώνης παρακολούθηση, οι μετρήσεις και ο έλεγχος, και η γρήγορη

και ακριβής προστασία κρίνονται ως απαραίτητα στοιχεία για να βελτιωθεί η αξιοπιστία των δικτύων.

- ✓ **Περιβαλλοντικές προκλήσεις.** Η παραδοσιακή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όντας η μεγαλύτερη δημιουργημένη από τον άνθρωπο πηγή εκπομπής CO<sub>2</sub>, πρέπει να αλλάξει ώστε να αμβλυνθεί η κλιματική αλλαγή. Παράλληλα, έχει προβλεφθεί ανεπάρκεια ορυκτών καυσίμων στις επόμενες δεκαετίες. Φυσικές καταστροφές, όπως θύελλες, σεισμοί και τυφώνες μπορούν εύκολα να καταστρέψουν το δίκτυο μεταφοράς. Τέλος, ο διαθέσιμος και κατάλληλος χώρος για τη μελλοντική επέκταση του δικτύου έχει μειωθεί δραματικά.
- ✓ **Καινοτόμες Τεχνολογίες.** Από τη μία πλευρά, οι καινοτόμες τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένων νέων υλικών, προηγμένων ηλεκτρονικών ισχύος και τεχνολογιών επικοινωνιών, δεν είναι ακόμα ώριμες ή εμπορικά διαθέσιμες για την επανάσταση των δικτύων μεταφοράς. Από την άλλη, στο υπάρχον δίκτυο υπάρχει έλλειψη συμβατότητας για να δεχθεί την εφαρμογή spear-point τεχνολογιών στα πρακτικά δίκτυα.
- ✓ **Ανάγκες αγοράς/καταναλωτών.** Χρειάζεται να αναπτυχθούν ολοκληρωμένες τεχνολογίες λειτουργίας του συστήματος αλλά και πολιτικές για την αγορά ενέργειας, ώστε να στηρίξουν τη διαφάνεια και την ελευθερία της ανταγωνιστικής αγοράς. Η ικανοποίηση των πελατών από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να βελτιωθεί με την παροχή υψηλού λόγου ποιότητας/τιμής και με τη δυνατότητα των καταναλωτών να αλληλεπιδρούν με το δίκτυο.

Ένα ευφυές δίκτυο δίνει δυνατότητες :

- Ευφυής” συνύπαρξη της κεντρικής και δεσπαρμένης παραγωγής με αποτέλεσμα την μείωση της χρήσης άνθρακα και αποδοτικού χειρισμού της ζήτησης.
- Εμπορία ενέργειας και βελτιστοποίηση κόστους μέσω χρονομεταβλητών τιμολογίων και διαφόρων κινήτρων εξαρτώμενων από το μεταβαλλόμενο φορτίο.
- Ενεργός συμμετοχή του πελάτη με βάση την επικοινωνία σε δύο κατευθύνσεις και μεγάλη ροή πληροφορίας.

Ένα ευφυές δίκτυο προσφέρει :

- Αυξημένη αξιοπιστία.
- Αποκεντρωμένη παραγωγή (οικιακοί καταναλωτές που μπορούν να γίνουν και παραγωγοί ).
- Ελαστικότητα στη ζήτηση ενέργειας με τη χρήση ΑΠΕ.
- Εξοικονόμηση Ενέργειας – Μείωση Απωλειών.
- Προστασία Περιβάλλοντος.

## Μετάβαση και Εγκατάσταση των Smart Grids

Για τη σταδιακή μετάβαση από τα σημερινά προς τα μελλοντικά έξυπνα δίκτυα βρίσκονται σε εξέλιξη διάφορες ιδέες όπως:

- Τα ενεργητικά δίκτυα (active networks).
- Τα μικροδίκτυα (Microgrids).

- Οι εικονικοί σταθμοί παραγωγής (virtual utility/Internet model).
- Προτεραιότητα για τα έξυπνα δίκτυα στα νησιά.
- Σύγχρονες τεχνολογίες μετατροπών ισχύος για επικουρικές υπηρεσίες και ευστάθεια δικτύου.
- Ενεργός ρόλος των χρηστών στον κύκλο παραγωγής-κατανάλωσης.
- Εφαρμοσμένη έρευνα και επιδεικτικά έργα για επιτυχείς και αποδοτικές εφαρμογές.
- Διάθεση \$3,9δισ από τις ΗΠΑ σε έξυπνα δίκτυα για ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο δίκτυο.

Η αξιοποίηση των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων θα πρέπει πρωτίστως να ωθείται από την αγορά. Οι διαχειριστές δικτύων επωφελούνται κατ' εξοχήν από την αξιοποίηση των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων και κατά πάσα πιθανότητα θα αποτελέσουν τους κύριους επενδυτές σε αυτά. Φυσικές κινητήριες δυνάμεις για επενδύσεις εν προκειμένω θα είναι οι προσφερόμενες δυνατότητες για ενίσχυση της αποτελεσματικότητας του δικτύου και για βελτίωση της συνολικής λειτουργίας του συστήματος μέσω μηχανισμών καλύτερης ανταπόκρισης στη ζήτηση και της μείωσης του κόστους (χάρη στην εξ αποστάσεως λειτουργία των μετρητών, το χαμηλότερο κόστος ανάγνωσής τους, την αποφυγή επενδύσεων για την παραγωγή κατά τις περιόδους υψηλής ζήτησης, κ.λπ.). Τα νοικοκυριά και οι επιχειρήσεις πρέπει να διαθέτουν εύκολη πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με την κατανάλωση, ώστε να μπορούν να διατηρήσουν χαμηλό το κόστος της ενέργειάς τους. Επιπλέον, για τους προμηθευτές ενέργειας, τις εταιρείες παροχής υπηρεσιών και τους παρόχους ΤΠΕ (ή για τους συνδυασμούς των προαναφερομένων), η χρήση λύσεων ΤΠΕ που συνδέονται με τα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα επιτρέπει τη μεγάλης κλίμακας ενσωμάτωση ποικίλων μορφών ανανεώσιμης ενέργειας εντός των δικτύων, διαφυλάσσοντας παράλληλα τη συνολική αξιοπιστία του συστήματος. Προϋποθέσεις είναι ανάλογες λύσεις να παραμείνουν ανοικτές, το επιχειρηματικό μοντέλο να είναι ουδέτερο και χωρίς αποκλεισμούς και η πλήρης συμμετοχή των μικρομεσαίων επιχειρήσεων να είναι δυνατή. Τα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα συνιστούν πρωτίστως αναγκαίο καταλύτη για την παροχή υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας στους πελάτες.

Οι επενδυτές συμφωνούν ευρύτατα ότι το αντίστοιχο ρυθμιστικό πλαίσιο θα πρέπει να ευνοεί τις επενδύσεις στα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα. Η οδηγία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η οδηγία για τις ενεργειακές υπηρεσίες προβλέπουν συνδυασμό υποχρεώσεων και κινήτρων ώστε τα κράτη μέλη να καθιερώσουν ανάλογο πλαίσιο. Τα κανονιστικά κίνητρα θα πρέπει να ενθαρρύνουν κάθε φορέα εκμετάλλευσης του δικτύου να αποκομίσει κέρδη με τρόπους που να μην συνδέονται με πρόσθετες πωλήσεις αλλά να βασίζονται μάλλον σε αύξηση της αποδοτικότητας και σε χαμηλότερες ανάγκες επενδύσεων για την εξυπηρέτηση κατά τις περιόδους αιχμής της ζήτησης, δηλαδή με τη μετάβαση από ένα επιχειρηματικό μοντέλο «βάσει του όγκου» σε ένα μοντέλο βάσει της ποιότητας και της αποτελεσματικότητας. Το άρθρο 10 παράγραφος 1 της οδηγίας για τις ενεργειακές υπηρεσίες υποχρεώνει τα κράτη μέλη να καταργήσουν τα τυχόν κίνητρα βάσει του όγκου. Εάν από την αξιολόγηση της εφαρμογής της οδηγίας προκύψει ότι η ως άνω διάταξη είναι ανεπαρκής ή ακατάλληλη, η Επιτροπή θα εξετάσει το ενδεχόμενο να την τροποποιήσει κατά την επικείμενη αναθεώρηση της οδηγίας ή να τη συμπληρώσει με κώδικα δικτύου για τις τιμές, που θα συνταχθεί στο πλαίσιο της τρίτης δέσμης.

Το παράρτημα Ι.2 της οδηγίας για την ηλεκτρική ενέργεια επιβάλλει στα κράτη μέλη να ορίσουν, το αργότερο μέχρι τις 3 Σεπτεμβρίου 2012, σχέδιο εφαρμογής και χρονοδιάγραμμα για την ανάπτυξη των ευφών συστημάτων μέτρησης. Σδεομένης της σχέσης μεταξύ έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων και έξυπνων μετρητών, για ανάλογα σχέδια εφαρμογής θα χρειαστεί επίσης ανάπτυξη των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων με αποτέλεσμα να πρέπει επίσης να αντιμετωπισθεί το θέμα των απαιτούμενων κανονιστικών κινήτρων για την εφαρμογή τους. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θα

παρακολουθήσει ενεργά την πρόοδο των κρατών μελών και θα παράσχει κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τους βασικούς δείκτες απόδοσης μέχρι το τέλος του 2011. Εάν κατά το 2012 σημειωθεί ανεπαρκής πρόοδος, η Επιτροπή θα εξετάσει το ενδεχόμενο να καθιερώσει αυστηρότερη κανονιστική ρύθμιση για την εφαρμογή των έξυπνων ηλεκτρικών δικτύων.

Είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί ότι τα εθνικά καθεστάτα παροχής κινήτρων δεν θα αποκλίνουν κατά το σχεδιασμό τους σε βαθμό που να δυσχεραίνει το εμπόριο και τη συνεργασία πέρα των εθνικών συνόρων. Για τους ίδιους λόγους επιβάλλεται τα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα να εξαπλωθούν στα κράτη μέλη με παρεμφερείς ρυθμούς. Μεγάλες διαφορές μεταξύ των εθνικών ενεργειακών υποδομών θα είχαν ως αποτέλεσμα να καταστεί αδύνατον για τις επιχειρήσεις και τους καταναλωτές να αποκομίσουν πλήρη οφέλη από τα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα. Οι διαδικασίες αδειοδότησης για την κατασκευή και την ανακαίνιση των ενεργειακών δικτύων πρέπει να εξορθολογιστούν και να βελτιστοποιηθούν αντιμετωπίζοντας παράλληλα περιφερειακά εμπόδια και αντιστάσεις κανονιστικού χαρακτήρα. Στο πλαίσιο αυτό μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο τα δεκαετή σχέδια ανάπτυξης δικτύων στην ΕΕ (TYNDP) καθώς και οι περιφερειακές πρωτοβουλίες (RI).

## Τι προσφέρουν τα Έξυπνα Δίκτυα Ενέργειας

Οι αποφάσεις από ένα Έξυπνο Δίκτυο Ενέργειας λαμβάνονται με βάση τους παρακάτω άξονες.

- ✓ **Αξιοπιστία** στην παροχή
- ✓ **Ευελιξία** στον τρόπο παροχής
- ✓ **Αποδοτικότητα**
- ✓ **Βιωσιμότητα** του δικτύου
- ✓ **Οικονομία** και από την μεριά του Παρόχου και από την μεριά του Καταναλωτή
- ✓ **Άνεση** του Καταναλωτή
- ✓ **Διαθεσιμότητα**
- ✓ **Ανθεκτικότητα**
- ✓ **Δυνατότητα Συντήρησης**
- ✓ **Διαλειτουργικότητα**
- ✓ **Ασφάλεια**
- ✓ **Βελτιστοποίηση**
- ✓ **Ψηφιοποίηση**
- ✓ **Ευφυΐα**
- ✓ **Προσαρμογή**

### **Αξιοπιστία**

Ένα Έξυπνο Δίκτυο Ενέργειας θα κάνει χρήση τεχνολογιών οι οποίες βελτιώνουν την ικανότητα του δικτύου να καταλάβει ένα σφάλμα (Fault-Detection) και στη συνέχεια να το διορθώσει χωρίς την παρεμβολή ανθρώπινου δυναμικού (Self-Heal). Για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται το Δίκτυο να μην είναι συνδεδεμένο αποκλειστικά σε τοπολογία αστέρα, όπως κατά βάση είναι σήμερα. Πρέπει να υπάρχουν διαφορετικές διαδρομές παροχής ώστε αν δημιουργηθεί ένα σφάλμα σε κάποια, το δίκτυο να το αναγνωρίσει και να την αποκλείσει έως ότου αποκατασταθεί. Αντίστοιχα το Δίκτυο θα πρέπει να έχει την δυνατότητα να μειώσει τον φόρτο μιας γραμμής ώστε να εξυπηρετηθούν ικανοποιητικά όλοι οι πελάτες.

### **Ευελιξία**

Με την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας κρίνεται απαραίτητο για ένα σύγχρονο δίκτυο να υποστηρίζει αμφίδρομη μεταφορά ενέργειας. Εάν ο καταναλωτής παράγει ηλεκτρική ενέργεια (π.χ. με χρήση φωτοβολταϊκών) θα πρέπει να μπορεί να παρέχει στο δίκτυο την ενέργεια που δεν καταναλώνει. Επίσης θα πρέπει να μπορεί να γνωρίζει κάθε στιγμή εάν καταναλώνει ενέργεια που ο ίδιος παράγει, ή ενέργεια που αντλεί από το δίκτυο. Αυτή η δυνατότητα αποτελεί βασικό κομμάτι ενός Έξυπνου Δικτύου.

### **Αποδοτικότητα**

Η αποδοτικότητα είναι ένας από του κυρίαρχους ρόλους της ανάπτυξης των Έξυπνων Δικτύων Ενέργειας. Σε ένα τέτοιο δίκτυο ο φορέας παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, με την άδεια του καταναλωτή, θα μπορεί να έχει κάποιον έλεγχο στην ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Ο συνολικός φόρτος ενός δικτύου μεταβάλλεται σημαντικά στην διάρκεια της ημέρας. Για παράδειγμα σε μια εταιρία, το πρωί, ανοίγουν την ίδια ώρα όλα τα κλιματιστικά. Αυτή η ξαφνική αιχμή στην ζήτηση μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα στο δίκτυο στην περίπτωση που δεν είναι έτοιμο να ανταπεξέλθει. Το Έξυπνο Δίκτυο θα μπορεί να κλείσει για κάποιο χρονικό διάστημα μια ηλεκτρική συσκευή. Αυτή η κίνηση θα έχει πολύ σημαντικά οφέλη, ιδιαίτερα σε ώρες αιχμής, όπως παραδείγματος χάριν η περίπτωση που αναφέρθηκε παραπάνω. Με έναν τέτοιο έλεγχο η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι ελεγχόμενη έως ένα βαθμό οπότε μειώνεται αρκετά η πιθανότητα να γίνει μεγαλύτερη από την δυνατότητα παροχής του δικτύου. Άλλο παράδειγμα τέτοιας κατάστασης είναι οι ώρες υπερβολικής ζέστης όπου αρκετές ηλεκτρικές συσκευές μεγάλης κατανάλωσης λειτουργούν ταυτόχρονα. Σε αυτή την περίπτωση το δίκτυο θα μπορεί να ζητήσει ολιγόλεπτη διακοπή της συσκευής, ή μείωση της κατανάλωσής της. Παραδείγματα τέτοιων συσκευών είναι ένα κλιματιστικό ή ένα ψυγείο που έχει την δυνατότητα να λειτουργεί σε διάφορες κλίμακες.

### **Βιωσιμότητα**

Η μεγαλύτερη ευελιξία που προσφέρει το Έξυπνο Δίκτυο επιτρέπει και προωθεί την μεγαλύτερη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Η παροχή όμως τέτοιων πηγών συνήθως μεταβάλλεται στην διάρκεια της ημέρας καθώς επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, με κυρίαρχο τον περιβαλλοντικό. Η ταχέως μεταβαλλόμενη αυτή παροχή στο δίκτυο μπορεί να προκαλέσει προβλήματα λόγω της υποδομής του. Σε ένα Έξυπνο Δίκτυο όμως υπάρχουν οι απαραίτητες τεχνολογίες και προϋποθέσεις για την σωστή διαχείριση της ενέργειας αυτής.

## **Οικονομία**

Η οικονομία είναι ένας ακόμα από τους σημαντικούς λόγους της ανάπτυξης των Έξυπνων Δικτύων Ενέργειας. Σε ένα τέτοιο δίκτυο είναι εφικτή, και απαραίτητη, η συνεχής επικοινωνία μεταξύ φορέα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και καταναλωτή. Η επικοινωνία αυτή δημιουργεί τις απαραίτητες προϋποθέσεις για οικονομία και από τις δύο πλευρές. Ο καταναλωτής θα γνωρίζει ανά πάσα στιγμή το μέγεθος της κατανάλωσής του καθώς και τις συγκεκριμένες μερικές καταναλώσεις κάθε συσκευής.

Μπορεί έτσι να πράξει κάθε στιγμή προς όφελός του, ανοίγοντας, κλείνοντας ή ρυθμίζοντας διαφορετικά κάποια συσκευή. Επίσης όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο πάροχος θα έχει δυνατότητα κάποιου ελέγχου στην ζήτηση, οπότε θα μπορεί να αποφύγει προβλήματα που δημιουργούνται σε ώρες αιχμής. Σε μια τέτοια περίπτωση θα μπορεί να προσφέρει και στον καταναλωτή κάποιο οικονομικό όφελος ώστε αυτός να επιτρέπει την διαχείριση κάποιων συσκευών από το δίκτυο.

## **Ανεση**

Ο καταναλωτής θα μπορεί όπως αναφέρθηκε παραπάνω να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή πόση ενέργεια καταναλώνει κάθε συσκευή. Επίσης θα του δίνεται η δυνατότητα να ελέγχει αυτές τις συσκευές μέσω του διαδικτύου. Το Διαδίκτυο των Αντικειμένων (Internet Of Things) βρίσκεται σε συνεχή ανάπτυξη, γεγονός που σημαίνει ότι σε λίγο καιρό, όλες οι συσκευές του σπιτιού, από το ψυγείο έως το κλιματιστικό και από την τηλεόραση έως την κουζίνα θα είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο. Οπότε ο καταναλωτής θα μπορεί μέσω του κινητού του τηλεφώνου ανά πάσα στιγμή να κλείσει την τηλεόραση, να ανοίξει το κλιματιστικό και να μπορεί να διαχειριστεί οποιαδήποτε συσκευή.

## **Διαθεσιμότητα (Availability)**

Η διαθεσιμότητα της ενέργειας και των επικοινωνιών είναι ουσιώδης για τη ζήτηση ενέργειας και πληροφοριών από τους καταναλωτές και βασίζεται στη διαθεσιμότητα των δεδομένων που ανταλλάσσονται στο δίκτυο. Ο βαθμός διαθεσιμότητας πόρων που απαιτείται, ειδικά όταν πρόκειται για θέματα που σχετίζονται με την καθυστέρηση (latency) ή την ασφάλεια, είναι υψηλός. Για παράδειγμα, στα συστήματα προστασίας και ελέγχου της γραμμής η καθυστέρηση χρειάζεται να είναι της τάξης των χιλιοστών του δευτερολέπτου, αλλά μια επίθεση άρνησης υπηρεσίας (Denial of Service - DoS) μπορεί να επιδεινώσει την επίδοση του δικτύου κάνοντας τους servers ή τις υπηρεσίες προσωρινά μη διαθέσιμες. Ο πλεονασμός (redundancy) θα μπορούσε να είναι ένα μέτρο επίλυσης του προβλήματος. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητά του θα εξαρτηθεί από το πώς θα σχεδιαστεί το σύστημα για να αποφεύγει παράλληλα το επακόλουθο κόστος της μεγάλης πολυπλοκότητας δικτύου, καθώς και από το θέμα της κλιμάκωσης.

## **Ανθεκτικότητα (Resiliency)**

Ο βαθμός της ανθεκτικότητας καθορίζει πόσο πραγματικά αξιόπιστο είναι το έξυπνο δίκτυο όταν συμβαίνουν διάφορα περιστατικά. Γενικά, το δίκτυο θα πρέπει να είναι σε θέση να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια στους πελάτες με ασφάλεια και αξιοπιστία παρά τους οποιουσδήποτε εσωτερικούς ή εξωτερικούς κινδύνους. Ειδικά από τη σκοπιά της ασφάλειας, η ανθεκτικότητα αναπαριστά την ικανότητα ανάκτησης και αποκατάστασης μετά από τις οποιεσδήποτε διαταραχές ή δυσλειτουργίες, μέσω μιας εύρωστης διαδικασίας γρήγορης απόκρισης. Η ικανότητα αυτή της αυτό-θεραπείας καθιστά το δίκτυο ικανό να επαναπροσδιορίζεται δυναμικά ώστε να ανακάμψει από επιθέσεις, διακοπές ρεύματος, φυσικές καταστροφές, κακόβουλες δραστηριότητες και βλάβες



των κατασκευαστικών στοιχείων του. Τα ευάλωτα ηλεκτρικά στοιχεία είναι πιθανότατα οι γραμμές μεταφοράς και οι σταθμοί, οι μεγάλες μονάδες παραγωγής ενέργειας, καθώς και οι πυρηνικοί σταθμοί με διαρροή. Σχέδια έκτακτης ανάγκης απαιτούνται για την αντιμετώπιση των παραπάνω δυσμενών περιπτώσεων.

### **Δυνατότητα Συντήρησης (Maintainability)**

Η συντηρησιμότητα αντανακλά ουσιαστικά τη μακροβιότητα και την αξιοπιστία ενός συστήματος. Συνήθως δείχνει την ικανότητά του να εκτελεί αποτελεσματικά και αποδοτικά μια σειρά δράσεων για εργασίες συντήρησης. Οι διαδικασίες που γίνονται ειδικά κατά τη συντήρηση περιλαμβάνουν την επιθεώρηση, την αντιμετώπιση προβλημάτων και την αντικατάσταση. Το έξυπνο δίκτυο θα πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο που να διευκολύνει τη συντήρηση, έτσι ώστε τα διάφορα στοιχεία ενέργειας και επικοινωνιών (π.χ. εγκαταστάσεις, εξοπλισμός, συστήματα, υποσυστήματα, ασφάλεια του δικτύου και διαχείριση) να επιδιορθώνονται γρήγορα και με τρόπο οικονομικά αποδοτικό. Παρομοίως, η υψηλή αποδοτικότητα εργατοώρας, καθώς και των εργαλείων και του εξοπλισμού αποτελεί σημαντικό παράγοντα για το σύστημα συντήρησης του δικτύου.

### **Διαλειτουργικότητα (Interoperability)**

Η αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα της συνολικής επίδοσης του συστήματος θα εξαρτηθεί κατά κύριο λόγο από τη διαλειτουργικότητα που παρουσιάζει η υποδομή. Τα κατασκευαστικά στοιχεία του έξυπνου δικτύου προϋποθέτουν την ύπαρξη ενός συνόλου κοινών και διαλειτουργικών προτύπων για τη διασύνδεση τόσο της ενέργειας όσο και των επικοινωνιών. Αυτή η δυνατότητα απαιτείται κατά την ενσωμάτωση και σύγκλιση διαφόρων τεχνολογιών και πρωτοκόλλων επικοινωνιών, προκειμένου να γίνονται κατανοητά το ένα στο άλλο και να παρέχουν αδιάλειπτη μεταφορά ενέργειας και δεδομένων. Αδέξια αλληλεπίδραση και ενοποίηση μεταξύ των ποικιλόμορφων μερών θα επιβράδυνε το χρόνο απόκρισης και θα υποβάθμιζε τη λειτουργία του συνολικού συστήματος καθώς και την αποδοτικότητα.

### **Ασφάλεια (Security)**

Η έννοια της ασφάλειας απευθύνεται στις δυσλειτουργίες του συστήματος που οφείλονται σε ανθρώπινα αίτια, όπως εσκεμμένες επιθέσεις και μη εξουσιοδοτημένες τροποποιήσεις. Μια ασφαλής και σίγουρη συνδεσιμότητα μεταξύ προμηθευτών και καταναλωτών παρέχει προστασία για τις κρίσιμες εφαρμογές και τα δεδομένα αλλά και άμυνες ενάντια σε παραβιάσεις της ασφάλειας. Διάφορα υπάρχοντα μέτρα και εργαλεία ασφαλείας αποτελούν στοιχειώδεις απαιτήσεις για το έξυπνο δίκτυο, όπως τα συστήματα Firewall, τα συστήματα ανίχνευσης και αποτροπής εισβολών (IDS/IPS), τα εικονικά ιδιωτικά δίκτυα (virtual private network - VPN), τα εικονικά τοπικά δίκτυα (virtual local area network-VLAN) και ο έλεγχος πρόσβασης.

### **Βελτιστοποίηση (Optimization)**

Η βελτιστοποίηση της λειτουργίας και των στοιχείων ενεργητικού του έξυπνου δικτύου είναι επιτακτική ανάγκη. Μπορεί να επιτευχθεί με τη βοήθεια των προηγμένων τεχνολογιών και των έξυπνων ηλεκτρικών συσκευών (Intelligent electronic devices - IEDs), καθώς και με ευφυή διαχείριση και αυτοματισμό, εξισορροπώντας ταυτόχρονα μια ποικιλομορφία μεταβλητών και tradeoffs. Το έξυπνο δίκτυο καλείται να βελτιστοποιηθεί σύμφωνα με όρους α) αξιοπιστίας της

παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, β) αποδοτικότητας μετατροπής και χρήσης της ενέργειας, γ) ποιότητας παραγωγής και διανομής ενέργειας, δ) διαθεσιμότητας για τη μεταφορά ενέργειας και δεδομένων, ε) αποτελεσματικότητας και ακρίβειας των δεδομένων και των επικοινωνιών, στ) χρονικής απόκρισης και διαχείρισης σφαλμάτων, ζ) οικονομικό κέρδος. Εν τω μεταξύ, η μείωση του κόστους κεφαλαίου, η πολυπλοκότητα του δικτύου και η χρήση των πόρων είναι αποφασιστικής σημασίας για το έξυπνο δίκτυο που θα αναπτυχθεί στην πράξη. Εκτός από όσα απεικονίζονται και αναλύθηκαν παραπάνω, ως επιπλέον ιδιότητες ενός μελλοντικού έξυπνου δικτύου θα μπορούσαμε να σημειώσουμε και τα εξής:

### **Ψηφιοποίηση (Digitalization)**

Το έξυπνο δίκτυο θα χρησιμοποιεί μια μοναδική, ψηφιακή πλατφόρμα για γρήγορη και αξιόπιστη ανίχνευση, μέτρηση, επικοινωνία, υπολογισμό, έλεγχο, προστασία, απεικόνιση και συντήρηση ολόκληρου του συστήματος μεταφοράς. Πρόκειται για θεμελιώδες χαρακτηριστικό που θα διευκολύνει την υλοποίηση άλλων έξυπνων λειτουργιών. Αυτή η πλατφόρμα χαρακτηρίζεται από φιλική προς το χρήστη απεικόνιση για ενημέρωση ευαίσθητων καταστάσεων αλλά και από υψηλή ανοχή προς ανθρωπογενή λάθη.

### **Ευφυΐα (Intelligence)**

Ευφυείς τεχνολογίες και ανθρώπινη τεχνογνωσία θα ενσωματωθούν στο έξυπνο δίκτυο μεταφοράς. Αυτό-επίγνωση της κατάστασης λειτουργίας του συστήματος θα είναι διαθέσιμη με τη βοήθεια online ανάλυσης στο πεδίο του χρόνου, όπως ανάλυση της σταθερότητας τάσης/γωνίας και της ασφάλειας. Θα υπάρχει, επίσης, αυτό-θεραπεία για να ενισχύσει την ασφάλεια του δικτύου μεταφοράς μέσω συντονισμένων σχημάτων προστασίας και ελέγχου.

### **Προσαρμογή (Customization)**

Ο σχεδιασμός του έξυπνου δικτύου μεταφοράς θα είναι, για την ευκολία των φορέων εκμετάλλευσης, προσαρμοσμένος στον πελάτη, χωρίς να χάνει τις λειτουργίες του και τη διαλειτουργικότητά του. Επίσης, θα εξυπηρετεί τους πελάτες παρέχοντας περισσότερες επιλογές κατανάλωσης ενέργειας για έναν υψηλότερο λόγο ποιότητας/τιμής. Το έξυπνο δίκτυο θα απελευθερώσει περαιτέρω την αγορά ενέργειας με την αύξηση της διαφάνειας και τη βελτίωση του ανταγωνισμού για τους συμμετέχοντες στην αγορά.

## **Προκλήσεις και ανάγκες**

Οι προκλήσεις που έχει να αντιμετωπίσει και οι ανάγκες του μελλοντικού έξυπνου δικτύου μεταφοράς συνοψίζονται σε τέσσερις κατηγορίες.

1. **Περιβαλλοντικές Προκλήσεις.** Η παραδοσιακή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όντας η μεγαλύτερη δημιουργημένη από τον άνθρωπο πηγή εκπομπής CO<sub>2</sub>, πρέπει να αλλάξει ώστε να αμβλυνθεί η κλιματική αλλαγή. Παράλληλα, έχει προβλεφθεί ανεπάρκεια ορυκτών καυσίμων στις επόμενες δεκαετίες. Φυσικές καταστροφές, όπως θύελλες, σεισμοί

- και τυφώνες μπορούν εύκολα να καταστρέψουν το δίκτυο μεταφοράς. Τέλος, ο διαθέσιμος και κατάλληλος χώρος για τη μελλοντική επέκταση του δικτύου έχει μειωθεί δραματικά.
2. **Ανάγκες αγοράς/καταναλωτών.** Χρειάζεται να αναπτυχθούν ολοκληρωμένες τεχνολογίες λειτουργίας του συστήματος αλλά και πολιτικές για την αγορά ενέργειας, ώστε να στηρίζουν τη διαφάνεια και την ελευθερία της ανταγωνιστικής αγοράς. Η ικανοποίηση των πελατών από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να βελτιωθεί με την παροχή υψηλού λόγου ποιότητας/τιμής και με τη δυνατότητα των καταναλωτών να αλληλεπιδρούν με το δίκτυο.
  3. **Προκλήσεις Υποδομής.** Η υπάρχουσα υποδομή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας περιέχει στοιχεία που γερνούν γρήγορα. Με την πίεση των αυξανόμενων απαιτήσεων φορτίου, η συμφόρηση του δικτύου γίνεται όλο και χειρότερη. Τα γρήγορα εργαλεία online ανάλυσης, η ευρείας ζώνης παρακολούθηση, οι μετρήσεις και ο έλεγχος, και η γρήγορη και ακριβής προστασία κρίνονται ως απαραίτητα στοιχεία για να βελτιωθεί η αξιοπιστία των δικτύων.
  4. **Καινοτόμες Τεχνολογίες.** Από τη μία πλευρά, οι καινοτόμες τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένων νέων υλικών, προηγμένων ηλεκτρονικών ισχύος και τεχνολογιών επικοινωνιών, δεν είναι ακόμα ώριμες ή εμπορικά διαθέσιμες για την επανάσταση των δικτύων
  5. **μεταφοράς.** Από την άλλη, στο υπάρχον δίκτυο υπάρχει έλλειψη συμβατότητας για να δεχθεί την εφαρμογή spear-point τεχνολογιών στα πρακτικά δίκτυα.

## Smart Cities

Η παγκοσμιοποίηση, με τα μέτρα για την απελευθέρωση του εμπορίου και με τις ραγδαίες τεχνολογικές αλλαγές, δημιούργησε μεταβολές των σχέσεων παραγωγής, διανομής και κατανάλωσης, έχοντας πολύ σημαντικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη της πόλης [7]. Μαζί με την πρόοδο αυτή, ιδιωτικές επιχειρήσεις του τομέα των υπηρεσιών, αλλά ακόμα και του παραγωγικού τομέα είναι όλο και πιο ασταθής και ευέλικτες.. Εκτός από τις τεχνολογικές αλλαγές, είναι και η διαδικασία της ευρωπαϊκής ολοκλήρωσης, η οποία μειώνει τις διαφορές στις οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές προδιαγραφές και πρότυπα και, ως εκ τούτου, προσφέρει μια κοινή αγορά. Η συνεχιζόμενη μείωση των διαφορών και των φραγμών μεταξύ των εθνών καθιστά τις πόλεις παρόμοιες όσον αφορά τις προϋποθέσεις τους. Οι πόλεις της Ευρώπης αντιμετωπίζουν την πρόκληση του συνδυασμού της ανταγωνιστικότητας και της βιώσιμης αστικής ανάπτυξης ταυτόχρονα. Αυτή η πρόκληση είναι πιθανό να έχουν αντίκτυπο σε θέματα αστικής ποιότητας, όπως η στέγαση, η οικονομία και ο πολιτισμός, επίσης κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνθήκες αλλάζουν το προφίλ μιας πόλης και την αστική ποιότητα στη σύνθεση των παραγόντων και των χαρακτηριστικών. Ο σκοπός του έργου αφορά μεσαίου μεγέθους πόλεις και τις προοπτικές τους για ανάπτυξη. Μεσαίου μεγέθους πόλεις, οι οποίες πρέπει να αντιμετωπίσουν τον ανταγωνισμό από τις μεγαλύτερες μητροπόλεις, φαίνεται να είναι λιγότερο καλά εξοπλισμένες από πλευράς

πόρων και την οργάνωση της παραγωγικής ικανότητας. Οι πόλεις αυτές έχουν μεγάλη επίδραση στην οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας, που είναι η "πλατφόρμα", όπου πολλοί άνθρωποι ζουν και εργάζονται. Είναι φυσικό λοιπόν ότι οι ΤΠΕ (Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών) να διαδραματίζουν ολοένα και σημαντικότερο ρόλο στη ζωή των ανθρώπων τόσο στους ιδιωτικούς, όσο και στους δημόσιους φορείς που αποτελούν μέρος μιας πόλης.



## Ορισμός

Ο όρος «ευφυείς Πόλεις» δεν είναι νέος αλλά έχει προέλευση από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, που υιοθετήθηκαν πολιτικές για την αστική ανάπτυξη στο Πόρτλαντ. Η πολιτική αυτή αποτελεί ένα πρώιμο παράδειγμα Ευφυούς Ανάπτυξης. Αυτή η φράση υιοθετήθηκε από το 2005 από ένα σύνολο εταιρειών τεχνολογίας (Cisco, 2005; IBM, 2009; Siemens, 2004) για την εφαρμογή πολύπλοκων συστημάτων πληροφοριών στις αστικές υποδομές και υπηρεσίες όπως τα κτίρια, τις μεταφορές, τον ηλεκτρισμό, την κατανομή νερού και τη δημόσια ασφάλεια. Οι αντιλήψεις για τις έξυπνες πόλεις υπήρχαν παράλληλα με τις στρατηγικές για τη βιώσιμη ανάπτυξη και την εκτίμηση των έργων που βρίσκονταν σε εξέλιξη. Συνεπώς, πρόκειται για το συνδυασμό όλων των βιώσιμων δραστηριοτήτων που προϋπήρχαν και την εκτέλεσή τους με μία πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση, μέσω της συνεργασίας των εταιρών που εμπλέκονται και το συντονισμό με άλλα έργα που συσχετίζονται με αυτές (Εικόνα 1). Η προοπτική των ευφυών πόλεων επιχειρεί να λάβει καινοτόμα μέτρα, να μειώσει τα επίπεδα ενεργειακής ζήτησης καθώς και της χρήσης ορυκτών καυσίμων και να φτάσει τους στόχους αυτούς μέχρι το 2020 (έτος στόχος για την ΕΕ). Οι έξυπνες πόλεις αποτελούν τμήμα του ευρύτερου σχεδίου των δυτικών κοινωνιών

για μετάβαση στην κοινωνία και οικονομία της γνώσης. Αναφέρονται σε περιβάλλοντα που βελτιώνουν τις ανθρώπινες ικανότητες δημιουργικότητας, μάθησης και καινοτομίας (Κομνηνός, 2006) και δημιουργούνται από τη συνένωση τοπικών συστημάτων καινοτομίας που λειτουργούν μέσα σε πόλεις. Βέβαια, είναι αναγκαία η αλλαγή των συλλογικών αντιλήψεων μίας κοινωνίας, ώστε να επιτευχθούν οι συλλογικοί αυτοί στόχοι. ‘Οι έξυπνες πόλεις δημιουργούνται από τη σύγκλιση δύο μεγάλων ρευμάτων της σύγχρονης σκέψης για την πόλη και της αστικής ανάπτυξης: αφενός του επαναπροσδιορισμού της πόλης μέσα από τις τεχνολογίες επικοινωνίας, την ψηφιακή δικτύωση και αναπαράστασή της, και αφετέρου από την κατανόηση της πόλης ως περιβάλλοντος δημιουργικότητας και καινοτομίας’ (Κομνηνός, 2006). ‘Τα ευφυή περιβάλλοντα μπορούν να οριστούν ως κοινωνικές, τεχνολογικές και φυσικές διατάξεις που έχουν ως στόχο τη συνεργατική οικοδόμηση γνώσης, τη λήψη αποφάσεων και την εξαγωγή συμπερασμάτων σε διάφορους τομείς’ και ‘εκμεταλλεύονται τις σύγχρονες δυνατότητες δικτύωσης και το Web 2.0 για να δημιουργήσουν περιοχές γνώσης, όπου το περιεχόμενό τους χαρακτηρίζεται συστηματικά από ομάδες ανθρώπων ή (ημί)αυτόματους μηχανισμούς’ (Μακρής, 2008). Τα ευφυή περιβάλλοντα εξυπηρετούν τη δημιουργία και Εικόνα 1: Πρότυπο ευφυούς πόλης (IBM) λειτουργία των ευφυών πόλεων, καθώς παρέχουν τα αναγκαία δεδομένα, βοηθούν στην ανάπτυξη καινοτόμων εφαρμογών και δίνουν τη δυνατότητα δυναμικής επικοινωνίας και ανταλλαγής πληροφοριών. Οι ευφυείς πόλεις προσφέρουν μία νέα μορφή εργαλείων για λεπτομερή παρατήρηση του τρόπου που οι κάτοικοι εκμεταλλεύονται την πόλη και θεωρίες για νέα προσέγγιση των πόλεων. Φυσικά είναι μία συνεχής διαδικασία κατά την οποία πρέπει να εντοπίζονται οι συνέπειες του μέλλοντος σε βάθος 10, 15 ακόμα και 20 ετών. Όπως υποστήριζε και ο Batty (2008) η μορφή του δομημένου περιβάλλοντος θυμίζει τον τρόπο που αναπτύσσονται τα βιολογικά συστήματα<sup>1</sup>. Από την παρατήρηση των διαφόρων συμπεριφορών των πολύπλοκων αυτών συστημάτων, προκύπτει πως αν και τα συστήματα προσαρμόζονται στις νέες συνθήκες, εντοπίζεται κάποια συνέπεια στα πρότυπα που ακολουθούν. Εάν θεωρηθεί πως η ενασχόληση με τις πόλεις είναι πειραματική επιστήμη, τότε εκλείπουν υποθέσεις που μπορούν να εξεταστούν σε μικρο-επίπεδο, όπου και οι άμεσες παρεμβάσεις είναι δυνατές. Όσον αφορά στη μεταφορά της ιδεολογίας των ευφυών πόλεων, σύμφωνα με τον Κομνηνό (2007) χρειάζεται ένας συνδυασμός ικανοτήτων: 1. Αντίληψης, για την πρόσληψη και επεξεργασία αισθητής πληροφορίας, 2. Επικοινωνίας, για την ανταλλαγή των πληροφοριών, 3. Μάθησης και μνήμης, για την αποθήκευση και αναπαράσταση των συλλεγμένων πληροφοριών, 4. Προγραμματισμού και ανάδρασης, για τη διατύπωση των στόχων και την αξιολόγηση της προόδου. Επιπλέον, η ανθρώπινη ευφυΐα παίζει σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη των ευφυών πόλεων και ιδιαίτερα για τις διαπροσωπικές σχέσεις με τους άλλους ανθρώπους. Ο ορισμός των ευφυών πόλεων αφορά στην κυριολεξία την ανάπτυξη και το σχεδιασμό των πόλεων με βάση τις Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνιών, συνυπολογίζοντας την ευφυΐα των ανθρώπων της πόλης, για τη συνεργασία τους. Ο ορισμός του πολεοδομικού σχεδιασμού εστιάζει στην εφαρμογή της αρχιτεκτονικής σκέψης στην κλίμακα μίας πόλης και συγγενεύει με τη χωροταξία, δημιουργώντας μία ευρύτερη πολιτική που διαμορφώνει οικονομικές, κοινωνικές, θεσμικές, οργανωτικές και άλλες συνθήκες. Το τι γίνεται σε τοπικό επίπεδο συναρτάται με τις εξελίξεις, τις αντίστοιχες πολιτικές και το σχεδιασμό στο επίπεδο της περιφέρειας και των ακόμα ευρύτερων χώρων. Η πόλη, σήμερα και πολύ περισσότερο στο μέλλον, έχει απόλυτη ανάγκη μίας τεχνικής υποδομής, όχι μόνο για να ανταποκριθεί στις ανάγκες του πληθυσμού αλλά και για να αυξήσει την ανταγωνιστικότητά της, στα πλαίσια της αειφορίας

(Βλαστός κα,2007). Έτσι, γίνεται αντιληπτή η αναγκαιότητα για ένα νέο είδος πόλης και πολεοδομικού σχεδιασμού που να ικανοποιεί όλες τις ανάγκες, να διαμορφώνει πιο υγιές και ανταγωνιστικό περιβάλλον και να ενδυναμώνει μία περιβαλλοντική ‘ηθική’.

## Λόγος Δημιουργίας Ευφρών Πόλεων

‘Η πόλη οργανώνεται με τέτοιο τρόπο που να επιτρέπει στους πολίτες να καλύψουν τις ανάγκες τους και να ενισχύουν την ευημερία τους χωρίς να καταστρέφουν το φυσικό περιβάλλον ή χωρίς να θέτουν σε κίνδυνο τη διαβίωση των άλλων ανθρώπων, τώρα και στο μέλλον’ (Girardet, 2009). Η ευφυής ανάπτυξη περιλαμβάνει την αποτελεσματική διαχείριση της γη, την καλύτερη οργάνωση των παραγωγικών δραστηριοτήτων, την εξασφάλιση καλών συγκοινωνιών, τη δημιουργία υποδομών και εκμετάλλευση των υπαρχόντων, τη συμπαγή ανάπτυξη αντί της ανεξέλεγκτης αστικής διάχυσης και δίνει μεγάλο βάρος στις ήπιες μεταφορές (Arrington κα,2007). Γι’ αυτούς τους λόγους, η στροφή προς την ενασχόληση με τις ευφυείς πόλεις από την εταιρία International Business Machines Corporation IBM ξεκίνησε το 2008, ως τρόπος προσέγγισης ενός πιο έξυπνου πλανήτη που αξιολογεί όλα τα πλεονεκτήματά του. Στους πρώτους μήνες, ήδη, του 2009 πολλές πόλεις από διάφορα σημεία του κόσμου επέδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Υπήρχαν οφέλη από την ενασχόληση των πόλεων αυτών με τη σχετική για τις ευφυείς πόλεις θεωρία που ερευνούνταν, και όπως αποδείχθηκε, επρόκειτο κυρίως για οικονομικά οφέλη στα οποία αποσκοπούσαν. Οι πόλεις που εμπλέκονταν, ανταγωνίζονταν μεταξύ τους, όχι μόνο με πόλεις των γειτονικών χωρών αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο. Συνεπώς, το ενδιαφέρον τους για τις ευφυείς πόλεις έγκειται στο γεγονός ότι προσπαθούσαν να βρουν μέσα ώστε να διαφημισθούν όσο το δυνατόν καλύτερα παγκοσμίως, για την προσέλκυση νέων σε ηλικία ατόμων για την επένδυση κεφαλαίου σε εργασία. Έτσι, θα δημιουργούνταν μία εργατική- παραγωγική τάξη (Florida, 2003) που θα ασχολούνταν κυρίως με τη βιομηχανία και θα ενθαρρυνόταν από την παγκοσμιοποίηση. Το ερώτημα στο οποίο καλούνταν να απαντήσουν οι επιστήμονες για την ικανοποίηση αυτού του στόχου ήταν ο τρόπος με τον οποίο θα γίνονταν πιο ελκυστικές οι πόλεις για τους εργαζομένους. Με αυτόν τον τρόπο, οδηγήθηκαν στις ευφυείς πόλεις που περιλαμβάνουν εγκαταστάσεις, όπως ασύρματα δίκτυα επικοινωνιών, ηλεκτρικά οχήματα με σταθμούς φόρτισης, ποδηλατοδρόμους και νέες τεχνολογίες. Επιπλέον, αυτού του είδους οι πόλεις αντιμετωπίζουν θέματα όπως η υψηλή συγκέντρωση ατόμων, η υπεραυξημένη ζήτηση ενέργειας και η περιβαλλοντική επιβάρυνση. Παρόλα αυτά, η ευφυής πόλη πρέπει να αποτελεί μία συμπαγή πόλη με διάχυτη πρόσβαση σε ασύρματα δίκτυα και να αλληλεπιδρά με τους πολίτες, μέσω ψηφιακών συστημάτων και όχι γραφειοκρατικών διαδικασιών. Οφείλει, επίσης, να υποστηρίζει την αειφόρο ανάπτυξη και τη διατήρηση των φυσικών πόρων, δηλαδή να αναβαθμίζει την ποιότητα ζωής των κατοίκων των πόλεων. Έτσι, παρουσιάζει ένα προφίλ με ένταση γνώσεων, δημιουργικές βιομηχανίες και υψηλών τεχνολογιών υποδομές για την τοπική ευημερία και αύξηση ανταγωνιστικότητας. Από τη στιγμή που η παγκόσμια οικονομική κρίση και η κινητικότητα των νέων έχει αυξηθεί, η παραπάνω

στρατηγική προσέλκυσης φαντάζει πιο ρεαλιστική. Η τάση που υφίσταται σήμερα στις πόλεις επιβάλλει μία άτυπη λογοδοσία προς τις υπερκείμενες αρχές. Διακρίνεται ισχυρός ανταγωνισμός μεταξύ των πόλεων για το ποια τελικά θα υπερισχύσει και θα παρουσιαστεί πιο ελκυστική στην αυξανόμενη παγκοσμιοποιημένη οικονομία. Για να είναι μία πόλη ελκυστική είναι φυσικά αναγκαία η όσο το δυνατό πιο αποδοτική χρήση των διαθέσιμων πόρων και η καλύτερη αξιοποίηση των ευκαιριών της σε κτιριακά αποθέματα, σε δίκτυα και μεταφορικά μέσα και στη διαχείρισή της. Συνεπώς, πρέπει να αξιοποιεί τα δυνατά της σημεία και να εξαλείφει τις αδυναμίες της. Εξάλλου, η αντίληψη των ευφών πόλεων είναι σαν την τέχνη, το περιεχόμενο είναι σημαντικότερο από το αποτέλεσμα- παραγόμενο προϊόν. Οι προτεραιότητες μίας ευφούς πόλης, σύμφωνα με τον Girardet (2009) είναι:

- ♣ Μείωση της φτώχειας και δημιουργία θέσεων εργασίας,
- ♣ Πρόβλεψη εγκληματικών ενεργειών και κοινωνική δικαιοσύνη,
- ♣ Εξασφάλιση στέγης
- ♣ Ανάπτυξη αγροτικής δραστηριότητας,
- ♣ Κοινωνική πολυμορφία και εξασφάλιση ισότητας των φύλων,
- ♣ Υποδομές, εξασφάλιση νερού και ενέργειας,
- ♣ Ανακύκλωση απορριμμάτων και επαναχρησιμοποίηση τους,
- ♣ Περιβαλλοντική προστασία και αποκατάσταση,
- ♣ Χρήση της καινοτόμου τεχνολογίας,
- ♣ Βελτιωμένο σύστημα μεταφορών και επικοινωνίας,
- ♣ Συμμετοχική διακυβέρνηση και σχεδιασμός,
- ♣ Τεχνικές ανάπτυξης αυτό-βοήθειας κα.

## Smart Meters

Έξυπνους μετρητές μέσα στο σπίτι, που θα μετρούν ανά πάσα στιγμή την κατανάλωση ενέργειας και θα επιτρέπουν την παροχή τιμολογίων πολλαπλών ταχυτήτων, σχεδιάζει να εγκαταστήσει η ΣΕΗ.

Σε πρώτη φάση θα εγκατασταθούν σε 60.000 μεγάλους καταναλωτές της χαμηλής τάσης, πολλοί από τους οποίους είναι οικιακοί. Το πρόγραμμα, συνολικού κόστους 27 εκατ. ευρώ, συγχρηματοδοτείται κατά 50% από ευρωπαϊκά κονδύλια μέσω του ΕΣΠΑ, και τον Αύγουστο πρόκειται να προκηρυχθεί ο διαγωνισμός για την επιλογή του μετρητή και του λογισμικού που θα τον υποστηρίζει. Στόχος της ΣΕΗ, αλλά και της ηγεσίας του υπουργείου Ανάπτυξης που θεωρεί

ιδιαίτερης σημασίας το σύστημα τηλεμέτρησης όπως λέγεται, είναι η εγκατάσταση των μετρητών στα σπίτια να αρχίσει να εφαρμόζεται από του χρόνου.

Οι μετρητές που θα αντικαταστήσουν τα παραδοσιακά ρολόγια, θα τοποθετούνται στο εσωτερικό της οικίας και όχι εξωτερικά στην είσοδο της πολυκατοικίας όπως γίνεται μέχρι σήμερα. Και αυτό διότι δεν θα χρειάζεται πλέον να είναι προσβάσιμοι από τα συνεργεία της ΣΕΗ και τους εξωτερικούς εργολάβους για την καθιερωμένη καταμέτρηση, καθώς με την εγκατάστασή τους σταματά το σημερινό καθεστώς ελέγχου των ρολογιών και έκδοσης «έναντι» λογαριασμών. Κάθε μετρητής θα αποστέλλει αυτόματα τα στοιχεία της κατανάλωσης του κατόχου του (πιθανότατα μέσω ασύρματου δικτύου εταιρείας κινητής τηλεφωνίας, με την οποία η ΣΕΗ θα συνάψει σύμβαση) σε έναν κεντρικό υπολογιστή της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού που θα τα συλλέγει και θα τα επεξεργάζεται. Ο πελάτης θα μπορεί ανά πάσα στιγμή κοιτάζοντας στην οθόνη του μετρητή, να γνωρίζει- και άρα να ελέγχει- τι καταναλώνει. Σηλαδή, μόλις θα θέτει σε λειτουργία μια ενεργοβόρο συσκευή, π.χ. τον θερμοσίφωνα, αυτόματα ο ηλεκτρονικός μετρητής του θα δείχνει αύξηση φορτίου κ.ο.κ. Έτσι θα μπορεί να περιορίζει την άσκοπη χρήση στην κατανάλωση ενέργειας, ενώ παράλληλα θα πάψει να παραλαμβάνει λογαριασμούς που δεν ανταποκρίνονται στην πραγματική κατανάλωση.

Παράλληλα η ΣΕΗ θα μπορεί να εφαρμόσει χρονομεταβλητά τιμολόγια, δηλαδή υψηλότερα για όσους «καίνε» ρεύμα κατά τις ώρες αιχμής του φορτίου και χαμηλότερα για όσους περιορίζουν εκείνες τις ώρες την κατανάλωσή τους. Και αυτό διότι θα μπορεί στο εξής να γνωρίζει «on line» τις ώρες κατά τις οποίες καταναλώνει περισσότερη ή λιγότερη ενέργεια κάθε πελάτης της. Πληροφορία που δεν είναι σε θέση να έχει με το σημερινό σύστημα. Η τοποθέτηση των μετρητών θα γίνει με έξοδα της ΣΕΗ, όπως συνέβη και πριν από λίγα χρόνια με τους περίπου 8.000 μετρητές που εγκαταστάθηκαν στους πελάτες της στη μέση τάση.

Ο λόγος για τον οποίο η εγκατάσταση ηλεκτρονικών μετρητών θα αρχίσει από τους 60.000 μεγάλους πελάτες της χαμηλής τάσης, είναι ότι- μαζί με τους 8.000 εμπορικούς πελάτες της μέσης τάσης- ευθύνονται για το 30% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στη χώρα. Αργότερα η ίδια τεχνολογία θα επεκταθεί στο σύνολο και των 7,5 εκατ. μετρητών της ΣΕΗ πανελλαδικά. Έχει υπολογιστεί ότι αν το κόστος για 60.000 πελάτες είναι 27 εκατ. ευρώ, τότε για το σύνολο των 7,5 εκατ. θα διαμορφωθεί σε 700 εκατ. ευρώ.





Ένας έξυπνος μετρητής είναι μία συσκευή η οποία μετράει την ενέργεια που χρησιμοποιείται και στέλνει τις πληροφορίες στο σύστημα και από εκεί καταλήγουν στον πελάτη, ενημερώνοντας τον για την εκάστοτε κατανάλωση του και το αντίστοιχο κόστος αυτής. Οι έξυπνοι μετρητές έχουν τη δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας, δυνατότητα δηλαδή εκτός από την αποστολή δεδομένων, και την λήψη εντολών. Αποτελούν έναν οικονομικό τρόπο για μέτρηση και παρακολούθηση της κατανάλωσης, που επιτρέπει την καλύτερη ρύθμιση της παραγωγής βασισμένη σε ημερήσια δεδομένα πραγματικού χρόνου (εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων-μικρότερες επενδύσεις σε δίκτυα διανομής). Στόχος είναι με τους έξυπνους μετρητές οι χρεώσεις στους καταναλωτές να γίνονται βάσει του ακριβούς ποσού ενέργειας που έχει καταναλωθεί.

Οι έξυπνοι μετρητές θα έχουν την δυνατότητα να μετρούν άμεσα την κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος και να μεταδίδουν τις μετρήσεις στις βάσεις δεδομένων στο κέντρο διαχείρισης. Ο καταναλωτής μπορεί οποιαδήποτε στιγμή να έχει γνώση της πραγματικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενημέρωση του καταναλωτή μπορεί να γίνεται με ευκολία στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή του, εφόσον υπάρχει ασύρματη σύνδεση μεταξύ υπολογιστή και μετρητή. Η συνεχής ενημέρωση του καταναλωτή αποσκοπεί στη μείωση χρήσης κάποιων ηλεκτρικών συσκευών, οι οποίες καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας.

Οι έξυπνοι μετρητές που διατίθενται, έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν είτε να αντικαταστήσουν τους ήδη υπάρχοντες μετρητές ηλεκτρισμού είτε να χρησιμοποιηθούν ως συμπληρωματικοί.



### Πλεονεκτήματα Στον Καταναλωτή

Τα οφέλη της χρήσης των Έξυπνων Μετρητών στους καταναλωτές είναι τα ακόλουθα: α) Βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος που προσφέρεται στον καταναλωτή: Η καταγραφή των ποιοτικών μεγεθών παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας (τάση, συχνότητα, κ.α.), θα έχει ως αποτέλεσμα την καταγραφή κάποιων ανωμαλιών ή περιστατικών (π.χ. πτώσεων ή αιχμών τάσης). Τα επιτρεπτά όρια π.χ. της τάσης του ρεύματος είναι καταγεγραμμένα στην κείμενη νομοθεσία. Σε περίπτωση ανωμαλιών που οδηγούν σε υλικές ζημιές στις συσκευές του καταναλωτή, θα μπορεί ο καταναλωτής να καταγγείλει τον Διαχειριστή του Δικτύου για την ποιότητα του ρεύματος που προμηθεύεται. Επομένως, η χρήση των Έξυπνων Μετρητών προστατεύει τα δικαιώματα των καταναλωτών, με αποτέλεσμα να βελτιωθεί η ποιότητα του προϊόντος που τους προσφέρεται από τον Διαχειριστή του Δικτύου.

β) Μέσω των Έξυπνων Μετρητών, ο καταναλωτής θα δέχεται πληροφορίες από το Πληροφοριακό Σύστημα του Προμηθευτή για την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε στιγμή. Η εκμετάλλευση της πληροφορίας αυτής είναι πολύ σημαντική για την οικονομία των καταναλωτών, και θα βοηθήσει στη βέλτιστη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. γ) Βελτίωση των υπηρεσιών που προσφέρονται στον καταναλωτή: Βάσει της Οδηγίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσον αφορά την απλή διαδικασία για την αναφορά παραπόνων και την παροχή στοιχείων κατανάλωσης τακτικά

από τους Προμηθευτές στους καταναλωτές, με το Πληροφοριακό Σύστημα κάθε καταναλωτής θα έχει δυνατότητα από την ιστοσελίδα του Προμηθευτή μέσω διαβαθμισμένης πρόσβασης: 1) Να βλέπει τα ιστορικά στοιχεία των ωριαίων καταναλώσεών του. Ο καταναλωτής θα έχει άμεσα διαθέσιμη ενημέρωση για την κατανάλωση του (σε ωριαία βάση) κατά τα τελευταία έτη, μέσω ειδικά διαμορφωμένων αναφορών. Η πληροφορία αυτή θα βοηθά τον καταναλωτή να κάνει βέλτιστη διαχείριση της κατανάλωσής του, με άμεσο επακόλουθο την εξοικονόμηση ενέργειας. Υπολογίζεται ότι η υιοθέτηση υγιέστερων καταναλωτικών συνθηκών και η βελτίωση της καταναλωτικής συμπεριφοράς τους μπορεί να αποφέρει μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από 5% έως 15%, ειδικά κατά τις ώρες αιχμής. 2) Να υποβάλλει γραπτά ένα δελτίο παραπόνων. 3) Να έχει on-line τεχνική υποστήριξη σε περίπτωση προβλήματος ή βλάβης της ηλεκτρικής του εγκατάστασης. 4) Να έχει τη δυνατότητα να πληρώνει τους λογαριασμούς του ηλεκτρονικά, μέσω «Κωδικού Ηλεκτρονικής Πληρωμής» ή με πιστωτική κάρτα. δ) Τα δεδομένα κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο θα μπορούν να αποτυπωθούν στην οθόνη του υπολογιστή ή στην τηλεόραση του καταναλωτή, ώστε να γνωρίζει την επίδραση κάθε διαφορετικής συσκευής στην κατανάλωσή του. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να μετατραπούν σε κόστος ενέργειας και σε εκτίμηση εκπομπής ρύπων (CO<sub>2</sub>), ώστε να γνωρίζει άμεσα ο καταναλωτής τις περιβαλλοντικές συνέπειες της χρήσης της ενέργειας. Το γεγονός αυτό θα βελτιώσει την περιβαλλοντική συνείδηση των πολιτών. ε) Δυνατότητα χρήσης «προηγμένων» τιμολογιακών πακέτων: Οι υπηρεσίες των Έξυπνων Μετρητών θα διευρυνθούν ώστε να λαμβάνουν υπόψη «προηγμένα» τιμολογιακά πακέτα που τους προσφέρονται από τους Προμηθευτές. Για παράδειγμα, θα έχουν δυνατότητα προ-πληρωμένης χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας (καρτο- ενέργεια) χωρίς πάγια χρέωση. Έτσι, κάθε καταναλωτής θα γνωρίζει πόσο έχει καταναλώσει και πόση ηλεκτρική ενέργεια του απομένει ακόμη. Αυτή η δυνατότητα είναι πολύ χρήσιμη σε κατοικίες με μικρό χρονικό διάστημα χρήσης κατά τη διάρκεια του έτους, όπως π.χ. οι εξοχικές κατοικίες στην Ελλάδα.

στ) Δυνατότητα εύκολης εναλλαγής των πακέτων χρέωσης που επιλέγει ο καταναλωτής, π.χ. από ένα απλό πακέτο με πάγια χρέωση σε ένα πακέτο καρτο- ενέργειας χωρίς πάγια χρέωση, μέσω απομακρυσμένης διαχείρισης του μετρητή από τον Προμηθευτή. ζ) Με την τροποποίηση του Ρυθμιστικού Πλαισίου για τη Διαχείριση του Δικτύου, όπως απαιτεί η Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι πλέον ωριαία, άρα ακριβής και κοστοστρεφής. η) Ο Έξυπνος Μετρητής μπορεί να αποτελέσει τη διεπαφή για ένα πλήρως αυτοματοποιημένο δίκτυο χρήσης ενέργειας στο σπίτι του καταναλωτή. Για παράδειγμα, εφόσον η τιμή ηλεκτρικής ενέργειας είναι χαμηλή (κάτω από ένα προκαθορισμένο όριο), μπορεί ο Έξυπνος Μετρητής (που λαμβάνει την πληροφορία αυτή από το Πληροφοριακό Σύστημα του Προμηθευτή) να δώσει εντολή κατανάλωσης π.χ. στο ψυγείο του καταναλωτή, ώστε να μη χρειαστεί να λειτουργήσει αργότερα που η τιμή ηλεκτρικής ενέργειας ενδεχομένως να είναι υψηλή. Αντίστροφα, εφόσον η τιμή ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλή (πάνω από ένα προκαθορισμένο όριο), μπορεί ο Έξυπνος Μετρητής να δώσει εντολή παύσης κατανάλωσης π.χ. στο κλιματιστικό του καταναλωτή (χωρίς, φυσικά, μεγάλο αντίκτυπο στην ποιότητα ζωής του καταναλωτή). θ) Υπάρχει δυνατότητα για δημιουργία ηχητικού σήματος από τον Έξυπνο Μετρητή στην περίπτωση που η κατανάλωση υπερβαίνει ένα προκαθορισμένο όριο. Αυτή η λειτουργία θα βοηθήσει τους καταναλωτές στον έλεγχο της κατανάλωσής τους και εν τέλει σε εξοικονόμηση ενέργειας.

## Πλεονεκτήματα Στην Επιχείρηση

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

Μείωση δαπανών όσον αφορά την εξυπηρέτηση πελατών  
 Ανοικτές πύλες για την παράδοση των ενεργειακών υπηρεσιών  
 Βοήθεια στην ανάπτυξη των απελευθερωμένων αγορών ενέργειας  
 Προστασία εισοδήματος Έλεγχος της παραγωγής Τεχνικές απάντησης υποστήριξης  
 Αποτελεσματικότερη διαχείριση δικτύου Ένα νέο κανάλι επικοινωνίας στους πελάτες. Και για την ΕΕ και για τις εθνικές κυβερνήσεις

## Πλεονεκτήματα Στο Κοινωνικό Σύνολο

Τα οφέλη της χρήσης των Έξυπνων Μετρητών για το κοινωνικό σύνολο είναι τα ακόλουθα: α) Εξορθολογισμός χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας και κατά προέκταση των φυσικών πόρων. β) Εξομάλυνση της καμπύλης φορτίου, η οποία οδηγεί στη μείωση του κόστους για εγκατάσταση νέων αιχμιακών 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. γ) Εξοικονόμηση ενέργειας κατά περίπου 5% - 15% μέσω της βελτίωσης της καταναλωτικής συμπεριφοράς των καταναλωτών. δ) Μείωση των κόστους των απωλειών του συστήματος μεταφοράς. ε) Μείωση της εξάρτησης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας της Ελλάδας από εισαγωγές ενέργειας από γειτονικές χώρες, για την εξυπηρέτηση της αιχμής φορτίου. στ) Εφόσον οι Έξυπνοι Μετρητές αντικαταστήσουν τους υπάρχοντες μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας: 1) Θα επιτευχθεί μείωση κόστους για τον Διαχειριστή του Δικτύου από την αυτοματοποίηση της διαδικασίας συλλογής των μετρήσεων των καταναλωτών ΧΤ. 2) Θα υπάρχει δυνατότητα γρήγορου εντοπισμού βλαβών ή διαρροών από τον Διαχειριστή του Δικτύου, και η διαδικασία αποκατάστασης θα είναι ελεγχόμενη.

## Οικονομικά Ενέργειας

### Εισαγωγή

Πρωταρχικός στόχος ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας είναι η κάλυψη της ζήτησης των καταναλωτών εστιάζοντας στην ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών και στην ασφάλεια των εργαζομένων στο σύστημα και του εξοπλισμού. Είτε όμως την ενεργειακή εξασφάλιση την έχει αναλάβει ένας δημόσιος οργανισμός, είτε η ηλεκτρική αγορά αποτελείται από δημόσιες και ιδιωτικές εταιρίες που λειτουργούν κάτω από καθεστώς ανταγωνισμού, σπουδαίο ρόλο διαδραματίζει το κόστος των υπηρεσιών. Δηλαδή το κόστος για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Το κόστος είναι μια πολύ σημαντική μεταβλητή που συμπεριλαμβάνεται στη σχεδίαση, λειτουργία και διαχείριση των ηλεκτρικών συστημάτων.

Για την παραγωγή προϊόντων, η επιχείρηση χρησιμοποιεί παραγωγικούς συντελεστές, για την απόκτηση των οποίων καταβάλλει ένα αντίτιμο. Το ύψος της δαπάνης αυτής εξαρτάται από την ποσότητα και τις τιμές των συντελεστών (π.χ. η ποσότητα και οι τιμές των καυσίμων.). Η συνάρτηση παραγωγής δείχνει τις ποσότητες προϊόντος που μπορεί να παράγει η επιχείρηση με συγκεκριμένους παραγωγικούς συντελεστές. Συνεπώς υπάρχει σχέση μεταξύ παραγόμενων ποσοτήτων και των χρηματικών δαπανών της επιχείρησης. Τη σχέση αυτή την εκφράζει η συνάρτηση κόστους. Για την ανάλυση της είναι απαραίτητο να είναι γνωστή η τιμή απόκτησης κάθε συντελεστή, ώστε να μπορεί να υπολογίσει η επιχείρηση το κόστος της.

Στη βραχυχρόνια περίοδο, στην οποία υπάρχουν σταθεροί και μεταβλητοί συντελεστές παραγωγής, το κόστος διαμορφώνεται από τις δαπάνες που καταβάλλονται και για τις δυο κατηγορίες συντελεστών. Οι δαπάνες που καταβάλλονται για τους μεταβλητούς συντελεστές, δηλαδή για αυτούς των οποίων η ποσότητα μεταβάλλεται καθώς μεταβάλλεται η ποσότητα της παραγωγής, αποτελούν το μεταβλητό κόστος (Variable Cost). Τέτοιες είναι οι δαπάνες για καύσιμα, λάδια και γενικά για πρώτες ύλες. Αντίθετα, σταθερό κόστος (Fixed Cost) είναι το κόστος που δε μεταβάλλεται βραχυχρόνια καθώς μεταβάλλεται η ποσότητα παραγωγής.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν π.χ. δόσεις τραπεζικών δανείων, ασφάλιστρα, μισθοί εργαζομένων. Το άθροισμα του μεταβλητού και του σταθερού κόστους είναι το συνολικό βραχυχρόνιο κόστος (Total Cost) Από τη διαφορά των συνολικών εσόδων που έχει η επιχείρηση προσφέροντας τις υπηρεσίες της και του συνολικού κόστους διαμορφώνεται το οικονομικό αποτέλεσμα της επιχείρησης, δηλαδή το ενδεχόμενο κέρδους ή ζημίας.

Λόγος ύπαρξης και αντικειμενικός σκοπός των ιδιωτικών επιχειρήσεων είναι η επίτευξη κέρδους και η μεγιστοποίηση του κέρδους αντίστοιχα. Στόχος των δημόσιων επιχειρήσεων ή των δημόσιων επιχειρήσεων ιδιωτικού δικαίου δεν είναι μόνο η επίτευξη κέρδους αλλά πρωτίστως η ικανοποίηση αναγκών των καταναλωτών, οπότε και η επίτευξη κέρδους περνάει σε δεύτερη μοίρα. Η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί ένα αγαθό πρώτης ή καλύτερα βιοτικής ανάγκης, οπότε και η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας δεν γίνεται να είναι απολύτως συνυφασμένη με την στενή έννοια ελαχιστοποίησης του κόστους και μεγιστοποίησης του κέρδους, αλλά σίγουρα όλες οι εταιρίες που δραστηριοποιούνται στο χώρο της ηλεκτρικής ενέργειας επιθυμούν τον περιορισμό του κόστους παραγωγής.

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας θα ασχοληθούμε μόνο με τη μελέτη και τον υπολογισμό του μεταβλητού βραχυχρόνιου κόστους των θερμικών μονάδων.

## Αγορά Ενέργειας

Υπό το οικονομικό πρίσμα, η Ηλεκτρική Ενέργεια αντιμετωπίζεται ως αγαθό ικανό προς πώληση, αγορά και εμπορία. Όπως σε κάθε αγορά όπου διακινούνται αγαθά και υπηρεσίες, έτσι και στην αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας, η τιμή της καθορίζεται σύμφωνα με το σύστημα που επικρατεί. Μια αγορά αγαθών και υπηρεσιών μπορεί να λειτουργεί υπό μονοπωλιακό καθεστώς, σε ολιγοπωλιακό περιβάλλον ή υπό καθεστώς πλήρους ανταγωνισμού.

Μέχρι πριν μερικά χρόνια η Ηλεκτρική Ενέργεια ήταν αγαθό που προσφερόταν από μία μόνο επιχείρηση, η οποία στις περισσότερες χώρες ήταν κρατική. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα η αγορά της να αποτελεί μονοπώλιο υπό δημόσιο έλεγχο, όπου η μοναδική επιχείρηση που παρήγαγε και εμπορευόταν Ηλεκτρική Ενέργεια είχε τη δυνατότητα να καθορίζει τόσο την τιμή, μετά την έγκρισή της από το κράτος, όσο και την προσφερόμενη ποσότητα. Τα τελευταία χρόνια, η αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας μετατρέπεται βαθμιαία σε ολιγοπωλιακή καθώς το ισχύον θεσμικό πλαίσιο επιτρέπει τη δραστηριοποίηση εναλλακτικών προμηθευτών Ηλεκτρικής Ενέργειας. Έτσι, δημιουργείται σταδιακά μια απελευθερωμένη στην αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Από το 2001 οι καταναλωτές επιλέγουν ελεύθερα τον προμηθευτή ηλεκτρικού ρεύματος. Η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιήθηκε στη χώρα μας στις 22/12/1999 σύμφωνα με τις διατάξεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τις ρυθμίσεις της ελληνικής νομοθεσίας.

Τα τελευταία χρόνια, έπειτα από μακρά διαδικασία ωρίμανσης και προετοιμασίας, τόσο σε θεσμικό όσο και σε οργανωτικό επίπεδο, η ελληνική αγορά «ανοίγει» και αναπτύσσεται. Στόχος, η αύξηση του ανταγωνισμού, η βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών και η μείωση των τιμών για τον τελικό καταναλωτή. Από 1.7.2004 όλοι οι καταναλωτές πλην των οικιακών, επιλέγουν ελεύθερα τον προμηθευτή ηλεκτρικού ρεύματος. Για τους τελευταίους το δικαίωμα αυτό αναγνωρίστηκε από 1.7.2007, με εξαίρεση τους καταναλωτές που είναι εγκατεστημένοι σε Απομονωμένα Μικροδίκτυα (μη Διασυνδεδεμένα νησιά). Έτσι το 2007 θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ορόσημο για τις ενεργειακές αγορές σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, λόγω της πλήρους απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Βασική διαφορά της Ηλεκτρικής Ενέργειας από άλλα αγαθά είναι ότι πρέπει κάθε στιγμή να είναι διαθέσιμη, λόγω τεχνικών δυσκολιών αποθήκευσής της, για να καλύπτει την τρέχουσα ζήτηση της. Ωστόσο, η ζήτηση της Ηλεκτρικής Ενέργειας μεταβάλλεται εντός ευρέων ορίων τόσο σε ημερήσια βάση όσο και εποχιακά σε ετήσια βάση. Για το λόγο αυτό πρέπει να υπάρχουν σημαντικά περιθώρια εφεδρείας ισχύος προκειμένου να καλύπτεται η ζήτηση. Επιπλέον, εκτός από την ανελαστικότητα της ζήτησης, είναι δυνατό και η προσφορά να εξαρτάται από απρόβλεπτους παράγοντες, όπως π.χ. οι καιρικές συνθήκες. Αυτό επηρεάζει κυρίως τους ηλεκτροπαραγωγούς που βασίζονται στην υδροηλεκτρική, αιολική και ηλιακή παραγωγή. Σημειώνεται, επίσης, ότι η Ηλεκτρική Ενέργεια ως αγαθό εμφανίζει ομοιογένεια, δηλαδή, όταν παρέχεται μέσω ενός δικτύου, έχει τα ίδια ποιοτικά χαρακτηριστικά (π.χ. τάση και συχνότητα) για όλους τους καταναλωτές, ανεξάρτητα από ποιόν παραγωγό προέρχεται η. Έτσι, ο ανταγωνισμός μεταξύ των παραγωγών περιορίζεται μόνο στο επίπεδο της τιμής του προϊόντος χωρίς να είναι δυνατό να συνυπολογισθούν κριτήρια ποιότητας. Μέσω της διασύνδεσης και της ενοποίησης

αγορών Ηλεκτρικής Ενέργειας που λειτουργούν υπό διαφορετικές συνθήκες, οι αγορές Ηλεκτρικής Ενέργειας μπορούν να επεκτείνονται και εκτός συνόρων.

Στην αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας συμμετέχουν: ο παραγωγός Ηλεκτρικής Ενέργειας, ο έμπορος, ο προμηθευτής, ο καταναλωτής, καθώς και φορείς, όπως ο ρυθμιστής της αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας.

## Οργάνωση Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

### Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) είναι ανεξάρτητη ρυθμιστική αρχή, η οποία συστήθηκε με το Ν.2773/1999, στο πλαίσιο εναρμόνισης με τις Οδηγίες 2003/54/ΕΚ και 2003/55/ΕΚ για τον ηλεκτρισμό και το φυσικό αέριο, με κύρια αρμοδιότητά της να εποπτεύει την εγχώρια αγορά ενέργειας, σε όλους τους τομείς της, εισηγούμενη προς τους αρμόδιους φορείς της Πολιτείας και λαμβάνοντας η ίδια μέτρα για την επίτευξη του στόχου της απελευθέρωσης των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου. Αποτελεί ανεξάρτητη διοικητική αρχή που θεσμοθετήθηκε τον Ιούλιο του 2000, στην οποία έχει ανατεθεί η παρακολούθηση της ελληνικής αγοράς ενέργειας και κατά συνέπεια της εγχώριας αγοράς ΗΕ. Παράλληλα παρακολουθεί τη λειτουργία ελληνικής αγοράς ΗΕ σε σχέση με τις ξένες αγορές, ιδίως με αυτές με τις οποίες διασυνδέεται.

Ο ρόλος της ΡΑΕ ως εθνικής ρυθμιστικής αρχής ενέργειας αναβαθμίστηκε από το 2011 και μετά, με την επαύξηση και ενίσχυση των αποφασιστικών αρμοδιοτήτων της σχετικά με τη ρύθμιση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου, αρμοδιοτήτων που ανατέθηκαν σε αυτήν κατ' επιταγήν της Τρίτης Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Δέσμης, η οποία και ανάγει τις εθνικές ρυθμιστικές αρχές ενέργειας σε «εγγυητές» της εύρυθμης λειτουργίας των ενεργειακών αγορών.

Η ΡΑΕ υπόκειται μόνο σε κοινοβουλευτικό και σε δικαστικό έλεγχο. Αποτελεί φορέα στον οποίον έχουν ανατεθεί θεμελιώδεις στόχοι τους οποίους επιδιώκουν τόσο η Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και η ελληνική πολιτεία, όπως η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού της χώρας, η προστασία του περιβάλλοντος στο πλαίσιο και των διεθνών υποχρεώσεων της χώρας, η ενίσχυση της παραγωγικότητας και της ανταγωνιστικότητας της εθνικής οικονομίας, η ισόρροπη περιφερειακή ανάπτυξη. Ειδικότερα, η ΡΑΕ έχει γνωμοδοτική αρμοδιότητα στη χορήγηση αδειών παραγωγής ΗΕ από συμβατικά καύσιμα και αποφασιστική αρμοδιότητα για τη χορήγηση αδειών παραγωγής ΗΕ από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Τέλος, πρέπει να επισημανθεί ότι η ΡΑΕ έχει την αποκλειστική αρμοδιότητα ελέγχου των υπολοίπων φορέων ΛΑΓΗΕ, ΑΔΜΗΕ, ΔΕΔΔΗΕ και ΔΕΗ.

### Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ)

Ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε. συστάθηκε σύμφωνα με το Ν.4001/2011, με σκοπό να αναλάβει τα καθήκοντα του Διαχειριστή του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ). Στόχος του ΑΔΜΗΕ, η λειτουργία, συντήρηση και ανάπτυξη του ΕΣΜΗΕ, ώστε να διασφαλίζεται ο εφοδιασμός της χώρας με ηλεκτρική ενέργεια με τρόπο ασφαλή, αποδοτικό και αξιόπιστο. Οι βασικές αρμοδιότητες του είναι οι εξής παρακάτω:

- η λειτουργία, η συντήρηση και η ανάπτυξη του ΕΣΜΗΕ ώστε να διασφαλίζεται ο εφοδιασμός της χώρας με ΗΕ με τρόπο ασφαλή, αποδοτικό και αξιόπιστο.
- και η διατύπωση της ημερήσιας πρόβλεψης φορτίου που χρησιμοποιείται επισήμως από τον ΛΑΓΗΕ για την κατάστρωση του ΗΕΠ.

### Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΛΑΓΗΕ)

Ο Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε. ιδρύθηκε με βάση το Ν.4001/2011 για τη «Λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις». Ο ΛΑΓΗΕ εφαρμόζει τους κανόνες για τη λειτουργία της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν.4001/2011 και των κατ' εξουσιοδότηση αυτού εκδιδόμενων πράξεων και ιδίως τον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό. Ο ΛΑΓΗΕ αποτελεί το ελληνικό χρηματιστήριο αγοράς ΗΕ. Το σύνολο της παραχθείσας και της εισαγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας πωλείται στο ΛΑΓΗΕ. Ακολούθως, οι προμηθευτές ηλεκτρικής ενέργειας (όπως η NRG) αγοράζουν το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας από το ΛΑΓΗΕ και στη συνέχεια τη μεταπωλούν στον τελικό καταναλωτή. Τέλος είναι αρμόδια για τη λειτουργία των δύο διακριτών αγορών που αναφέρονται στην συνέχεια:

- Της βραχυχρόνιας - χονδρεμπορικής αγοράς ΗΕ και επικουρικών υπηρεσιών, η οποία ρυθμίζεται μέσω του Ημερήσιου Ενεργειακού Προγραμματισμού (Energy and Ancillary Services Market)
- Της μακροχρόνιας αγοράς διαθεσιμότητας ισχύος (Capacity Market)

Ασκεί τις δραστηριότητες που ανήκαν στο Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς ΗΕ (ΔΕΣΜΗΕ), εκτός από αυτές που μεταφέρθηκαν στον Ανεξάρτητο Διαχειριστή Μεταφοράς ΗΕ (ΑΔΜΗΕ).

### Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ)

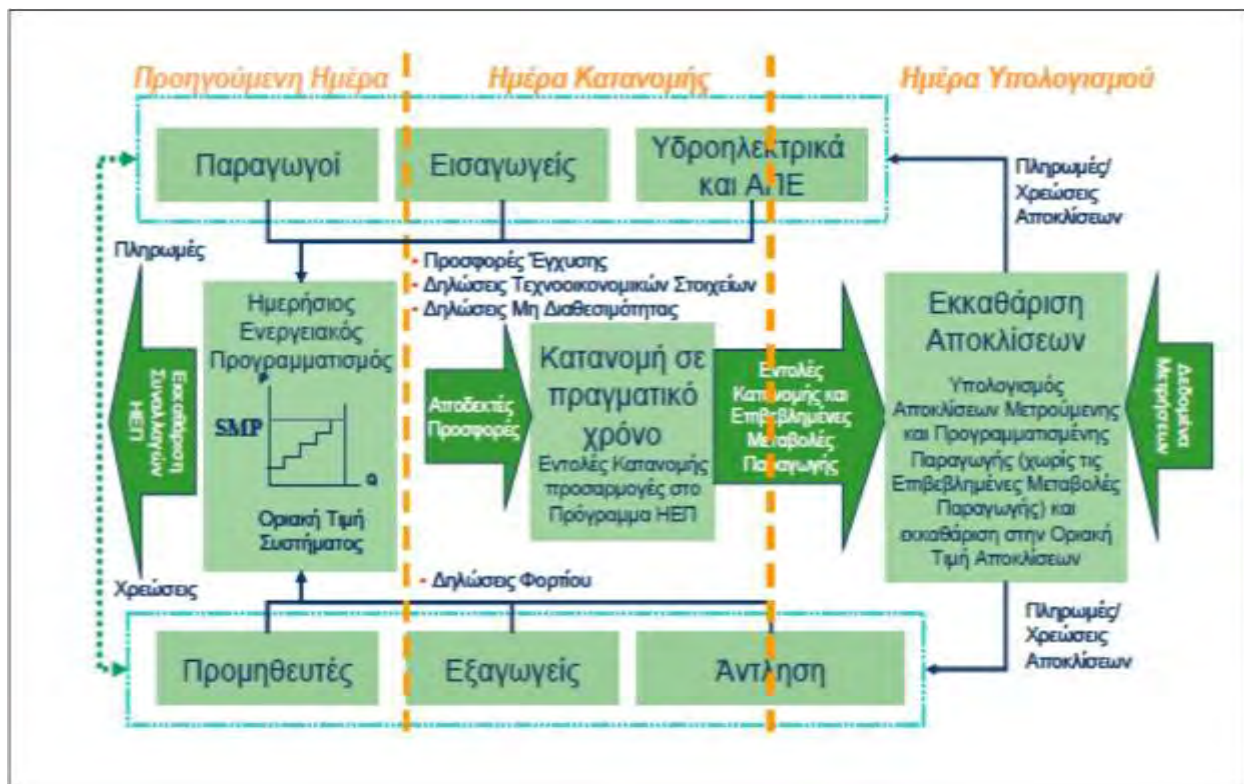
Ο Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε. συστάθηκε το 2011. Έργο του, η λειτουργία, συντήρηση και ανάπτυξη του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και η διασφάλιση της διαφανούς και αμερόληπτης πρόσβασης όλων των χρηστών του δικτύου σε αυτό. Ο ΔΕΔΔΗΕ προέκυψε από την απόσχιση του κλάδου Διανομής της ΔΕΗ σύμφωνα με το Ν. 4001/2011 σε συμμόρφωση με την Οδηγία 2009/72/ΕΚ της Ευρωπαϊκής



Ένωσης σχετικά με την οργάνωση των αγορών ΗΕ και έχει αναλάβει τα καθήκοντα του Διαχειριστή του Ελληνικού ΔΔ. Είναι κατά 100% θυγατρική εταιρεία της ΔΕΗ, ωστόσο είναι ανεξάρτητη λειτουργικά και διοικητικά, τηρώντας όλες τις απαιτήσεις ανεξαρτησίας που ενσωματώνονται στο ανωτέρω νομικό πλαίσιο. Αντικείμενο του ΔΕΔΔΗΕ είναι τα παρακάτω:

- η λειτουργία, η συντήρηση και η ανάπτυξη του ΔΔ ΗΕ στην Ελλάδα
- και η διασφάλιση της διαφανούς και ισότιμης πρόσβασης των καταναλωτών στο δίκτυο.

Στο Σύστημα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας περιλαμβάνεται ο Ημερήσιος Ενεργειακός Προγραμματισμός (ΗΕΠ), η Διαδικασία Κατανομής, η Εκκαθάριση των αποκλίσεων παραγωγής – ζήτησης και ο Μηχανισμός Διασφάλισης Επαρκούς Ισχύος. Προϋπόθεση για τη συμμετοχή στο Σύστημα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας είναι η σύναψη Σύμβασης Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας. Η Σύμβαση γίνεται με την εγγραφή στο Μητρώο Συμμετεχόντων και μέσω αυτής οι Συμμετέχοντες (Παραγωγοί, Προμηθευτές, Επιλέγοντες Πελάτες) έχουν το δικαίωμα να εισπράττουν πληρωμές και την υποχρέωση να εξοφλούν τις χρεώσεις που προκύπτουν από αυτές τις συναλλαγές.



### Ημερήσιος Ενεργειακός Προγραμματισμός

Ο Ημερήσιος Ενεργειακός Προγραμματισμός (ΗΕΠ) είναι το πρώτο στάδιο διεξαγωγής των Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας. Συνιστά το μοντέλο για την οργάνωση της χονδρεμπορικής αγοράς μέσω της οποίας συναλλάσσεται το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας που θα παραχθεί, θα καταναλωθεί και διακινηθεί την επόμενη μέρα στην Ελλάδα. Στόχος του είναι η ελαχιστοποίηση της συνολικής δαπάνης για την εξυπηρέτηση του φορτίου. Για το σκοπό αυτό, ο ΛΑΓΗΕ καταρτίζει καθημερινά πρόγραμμα ΗΕΠ με το οποίο αντιπαραβάλλεται το συνολικά ζητούμενο φορτίο με την προσφορά έγχυσης ενέργειας στο Σύστημα. Ο ΗΕΠ ολοκληρώνεται εντός της ημέρας που προηγείται της Ημέρας Κατανομής, όπου γίνεται και η φυσική παράδοση ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα. Το μοντέλο περιλαμβάνει προσφορές έγχυσης από τους Παραγωγούς και υποβολή προσφορών για το σύνολο της ζήτησης από τους Προμηθευτές. Οι προσφορές έγχυσης είναι η ποσότητα που κάποιος Παραγωγός προβλέπει να εγχύσει στο σύστημα την Ημέρα Κατανομής και εκφράζονται σε δέκα βαθμίδες από ζεύγη ποσότητας ενέργειας και τιμής. Οι τιμές ενέργειας είναι μονοτόνως μη φθίνουσες. Οι προσφορές που υποβάλλονται για μονάδες ΑΠΕ και τις υποχρεωτικές λειτουργίες των Υδροηλεκτρικών Σταθμών δεν είναι τιμολογούμενες. Οι Δηλώσεις Φορτίου αυτές εκφράζουν την ποσότητα ενέργειας η οποία προβλέπεται ότι θα απορροφηθεί, δεν είναι τιμολογούμενες και εκφράζονται σε MWh/hour. Η επίλυση του ΗΕΠ γίνεται μέσω γραμμικού προγραμματισμού με στόχο να ελαχιστοποιηθεί η δαπάνη για την αντιστοίχιση του Φορτίου για το οποίο υποβλήθηκαν δηλώσεις απορρόφησης με το Φορτίο που προσφέρεται για έγχυση. Ο ΗΕΠ επιλύεται ταυτόχρονα για όλες τις ώρες της επόμενης ημέρας και προσδιορίζει την Οριακή Τιμή Συστήματος και το Πρόγραμμα ΗΕΠ. Η Οριακή Τιμή του Συστήματος είναι η τιμή στην οποία εκκαθαρίζεται η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και είναι η τιμή που εισπράττουν όλοι οι όσοι εγγέουν ενέργεια στο Σύστημα και πληρώνουν όλοι όσοι ζητούν ενέργεια από το Σύστημα. Καθορίζεται στο σημείο όπου οι προσφερόμενες ποσότητες ενέργειας εξυπηρετούν το ζητούμενο φορτίο. Στην ουσία, η Οριακή τιμή του Συστήματος συμπίπτει με την προσφορά της τελευταίας μονάδας που πρέπει να λειτουργήσει για να καλυφθεί η ζήτηση. Το Πρόγραμμα ΗΕΠ είναι το πρόγραμμα Φόρτισης Μονάδων και εξυπηρέτησης των Τιμολογούμενων Δηλώσεων Φορτίου.



*Οριακή Τιμή Συστήματος*

*Κατανομή Φορτίου*

Μετά το τέλος του ΗΕΠ, ο ΑΔΜΗΕ καταρτίζει το Πρόγραμμα κατανομής φορτίου με βάση το ίδιο κριτήριο βελτιστοποίησης που χρησιμοποιεί και για την επίλυση του ΗΕΠ. Για την κατάρτιση του Προγράμματος λαμβάνει υπόψη:

α) Το Πρόγραμμα ΗΕΠ

β) Την πρόβλεψη φορτίου σε συνδυασμό με δεδομένα λειτουργίας του Συστήματος, των Μονάδων Παραγωγής και τους περιορισμούς του Δικτύου Μεταφοράς

γ) Τυχόν πληροφορίες που παρέχουν οι Συμμετέχοντες Από την Κατανομή Φορτίου προκύπτουν:

- Η παροχή ενέργειας για την κάλυψη του Φορτίου από τις μονάδες που συμμετέχουν στον ΗΕΠ
- Η παροχή Εφεδρείας Ενέργειας
- Η παροχή Επικουρικών Υπηρεσιών

*Εκκαθάριση αποκλίσεων παραγωγής – ζήτησης*

Στην περίπτωση των εγχύσεων ηλεκτρικής ενέργειας, απόκλιση ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της ποσότητας ενέργειας που προορίζεται από την Κατανομή Φορτίου για έγχυση στο Σύστημα και της ποσότητας της ενέργειας που μετρήθηκε από τους Μετρητές των μονάδων. Στην περίπτωση των απορροφήσεων ηλεκτρικής ενέργειας, απόκλιση ορίζεται η διαφορά μεταξύ της ποσότητας ενέργειας που μετρήθηκε από τους Μετρητές των φορτίων και της ποσότητας ενέργειας που δηλώθηκε στη Δήλωση Φορτίου ενός συμμετέχοντα, όπως εντάχθηκε στον ΗΕΠ. Στα πλαίσια της Διαδικασίας Εκκαθάρισης των Αποκλίσεων ισχύουν τα εξής:

- Η διευθέτηση των Αποκλίσεων γίνεται σε ενιαία τιμή, την Οριακή Τιμή Διευθέτησης Αποκλίσεων
- Η ενιαία τιμή διαμορφώνεται κατά τρόπο ώστε να προάγεται η διαθεσιμότητα των μονάδων
- Λαμβάνεται μέριμνα ώστε το κόστος των Αποκλίσεων να επιμερίζεται κατά το δυνατόν σε αυτούς που προκαλούν τις Αποκλίσεις
- Η τιμή διευθέτησης των Αποκλίσεων διαμορφώνεται έτσι ώστε να αντανακλά κατά το δυνατόν κοστολογικά στοιχεία
- Λαμβάνεται ειδική μέριμνα ώστε το συνολικό κόστος διευθέτησης των αποκλίσεων να ελαχιστοποιείται

Με βάση τις απαιτήσεις αυτές, η Οριακή Τιμή Διευθέτησης Αποκλίσεων καθορίζεται κατά ώρα και αντανακλά την υψηλότερη τιμή ενέργειας που απαιτήθηκε για την διευθέτηση των Αποκλίσεων Ισχύος κατά την περίοδο κατανομής. Η Οριακή αυτή Τιμή υπολογίζεται κατ' αναλογία του Μηχανισμού Επίλυσης ΗΕΠ, λαμβάνοντας υπόψη την πραγματική διαθεσιμότητα των Μονάδων και το πραγματικό φορτίο που απορροφήθηκε. Από την άλλη πλευρά, και η εκκαθάριση των Επιβεβλημένων Μεταβολών Παραγωγής γίνεται σε ενιαία τιμή, η οποία ωστόσο καθορίζεται σύμφωνα με το λειτουργικό κόστος κάθε Μονάδας.

### Μηχανισμός Διασφάλισης Επάρκειας Ισχύος

Σύμφωνα με τις διατάξεις του νόμου, οι Εκπρόσωποι Φορτίου κατά την άσκηση της δραστηριότητάς τους υποχρεούνται να προσκομίζουν ικανοποιητικές εγγυήσεις σχετικά με τη διασφάλιση επαρκούς ισχύος παραγωγής και εφεδρείας. Έχει διαμορφωθεί ένας τυποποιημένος τρόπος παροχής εγγυήσεων διασφάλισης επαρκούς ισχύος παραγωγής, ώστε να εξυπηρετούνται ταυτόχρονα πέντε στόχοι:

1. Διευκόλυνση της ανάπτυξης ανταγωνισμού και μείωση κόστους
2. Σύνδεση με τους μηχανισμούς της ημερήσιας αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας
3. Δίκαιος επιμερισμός της υποχρέωσης για κάθε εκπρόσωπο φορτίου
4. Διαμόρφωση αυτόματου-μηχανογραφημένου μηχανισμού που διοικείται ευχερώς
5. Διαφύλαξη ασφάλειας ανεφοδιασμού και επιθυμητού επιπέδου περιθωρίου εφεδρείας

#### ➤ Μελέτη Επάρκειας Ισχύος

Η Μελέτη Επάρκειας Ισχύος έχει πενταετή και δεκαετή χρονικό ορίζοντα και εκπονείται σε κυλιόμενη ετήσια βάση από τον Διαχειριστή του Συστήματος, σύμφωνα με λεπτομερείς προδιαγραφές που εγκρίνονται από τη ΡΑΕ. Σκοπός της Μελέτης είναι η πρόβλεψη σχετικά με την μελλοντική επάρκεια του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με κριτήριο την ικανοποίηση των αναμενόμενων αναγκών της χώρας.

#### ➤ Απόδειξη διαθεσιμότητας ισχύος

Κάθε Εκπρόσωπος Φορτίου, για κάθε Ημέρα Κατανομής κατά την οποία εκπροσωπεί ολικά ή μερικά πελάτη (μετρητή), υποχρεούται να προσκομίζει εγγυήσεις διαθεσιμότητας επαρκούς ισχύος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας οι οποίες να καλύπτουν την Υποχρέωση Επάρκειας Ισχύος του. Η προσκόμιση εγγυήσεων διαθεσιμότητας ισχύος έχει την έννοια της κατάθεσης από τον Εκπρόσωπο Φορτίου για τη συγκεκριμένη Ημέρα Κατανομής επαρκούς αριθμού Συμβάσεων Διαθεσιμότητας Ισχύος σε ειδικό αποθετήριο, το οποίο τηρεί ο Διαχειριστής του Συστήματος.

## Δυναμική Τιμολόγηση Ηλεκτρικής Ενέργειας

Με τον όρο δυναμική τιμολόγηση εννοούμε τον διαχωρισμό τιμής σε επίπεδο μοναδικού κωδικού προϊόντος. Σήμερα πέρα από το ότι χρησιμοποιείται κατά κόρων εδώ και πολλά χρόνια στις αεροπορικές εταιρείες και στα ξενοδοχεία και τα λοιπά, φαίνεται ότι έχει αρχίσει να κάνει αισθητή την παρουσία της και σε πολλούς άλλους τομείς της αγοράς, όπως η αυτοκινητοβιομηχανία, η ηλεκτρονική βιομηχανία καθώς επίσης και στις επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας που θα εξετάσουμε ειδικότερα στη συνέχεια.

Λέγοντας δυναμική τιμολόγηση (dynamic pricing) αναφερόμαστε στην δυνατότητα που δίνει ο πάροχος στον πελάτη του, να τιμολογείται με μία τιμή που διαφέρει από ώρα σε ώρα, ενώ για κάθε 24ώρο, οι τιμές ανακοινώνονται από μία μέρα έως και λίγες ώρες πριν. Για τον υπολογισμό δε αυτής, λαμβάνεται υπόψη η τιμή στην χονδρική αγορά, το κόστος για την χρήση των δικτύων, το κέρδος του παρόχου και άλλες χρεώσεις. Με την μετάβαση όμως σε δυναμικά τιμολόγια ορισμένοι από τους καταναλωτές αναμένεται να ωφεληθούν ενώ άλλοι να χάσουν. Αυτοί που θα χάσουν είναι αυτοί των οποίων το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσής τους γίνεται σε ώρες αιχμής. Αυτοί που θα κερδίσουν είναι αυτοί που έχουν "επίπεδη" κατανάλωση, δηλαδή μόνο μικρό μέρος της κατανάλωσής τους γίνεται στην αιχμή. Υπάρχουν επίσης και αυτοί που δεν έχουν ούτε όφελος ούτε ζημία γιατί το προφίλ κατανάλωσής τους ταυτίζεται με την καμπύλη φορτίου (και κόστους) του συστήματος (υποθέτουμε ανασχεδιασμό τιμολογίων ουδέτερο ως προς τα συνολικά έσοδα του προμηθευτή).

Τώρα θα αναφέρουμε στα διάφορα είδη προγραμμάτων δυναμικής τιμολόγησης που υπάρχουν καθώς επίσης τον σκοπό και τα οφέλη του καθενός από αυτά. Ο τρόπος λειτουργίας τους διατίθεται παρακάτω:

**Time of Use (TOU):** Αυτές οι χρεώσεις έχουν ως στόχο τους να εξωθούν τους καταναλωτές να κάνουν την περισσότερη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας σε ώρες χαμηλής κατανάλωσης. Αυτό το πετυχαίνουν επιβάλλοντας υψηλότερες τιμές κατά την διάρκεια των αιχμιακών περιόδων ζήτησης και αρκετά χαμηλότερες για όλες τις υπόλοιπες ώρες. Συνήθως η διάρκεια της περιόδου αιχμής είναι μια μεγάλη σε διάρκεια ή διαφορετικά χωρίζεται σε δύο αλλά μικρότερες. Έτσι λοιπόν η τιμολόγηση αυτή μπορεί να παρέχει δύο με τρία διαφορετικά επίπεδα τιμών ανά ημέρα οι οποίες μπορεί να επηρεάζονται επίσης και από την εποχή.

**Critical Peak Pricing (CPP):** Οι συγκεκριμένες χρεώσεις είναι αρκετά αυξημένες κατά την διάρκεια περιόδων υψηλών τιμών χονδρικής εξαιτίας της αυξημένης κατανάλωσης (για παράδειγμα τις πολύ ζεστές ημέρες) ή όταν η σταθερότητα του συστήματος απειλείται λόγω του φόρτου που μπορεί να έχει το σύστημα σε κάποιες συγκεκριμένες στιγμές. Οι καταναλωτές συμφωνούν να χρεώνονται με υψηλότερες τιμές για την κατανάλωση σε ώρες υψηλής αιχμής, ενώ ως αντάλλαγμα επωφελούνται με χαμηλότερες χρεώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε περιόδους εκτός αιχμής. Για να μειωθεί το ρίσκο των συμμετεχόντων γίνεται εκ των προτέρων συμφωνία για τον αριθμό και τη διάρκεια των περιόδων υψηλής αιχμής που η εταιρία παροχής μπορεί να καθορίσει. Ωστόσο οι χρονικές περίοδοι κατά τις οποίες ενδέχεται να σημειωθούν υψηλές αιχμές εξαρτώνται από τις συνθήκες της αγοράς και δεν μπορούν να καθοριστούν εκ των προτέρων. Έτσι οι οικιακοί πελάτες συνήθως ενημερώνονται μια ημέρα πριν την ημέρα υψηλής αιχμής.

**Critical Peak Rebate (CPR):** Τα προγράμματα CPR λειτουργούν με αντίστροφο τρόπο από τα CPP. Οι συμμετέχοντες πληρώνονται ανάλογα με το πόσο μειώνουν την κατανάλωση τους σε σχέση με τα προβλεπόμενα επίπεδα κατανάλωσης κατά τη διάρκεια υψηλών αιχμών. Τα προγράμματα

αυτά φαίνεται να έχουν μεγαλύτερα επίπεδα αποδοχής από τους καταναλωτές αφού οι συμμετέχοντες έχουν μόνο οφέλη και δεν έρχονται αντιμέτωποι με αυξημένες χρεώσεις όπως συμβαίνει στα CPP. Οι καταναλωτές ενημερώνονται από την προηγούμενη μέρα όπως συμβαίνει και στα CPP.

**Real Time Pricing (RTP):** Εδώ η τιμή που πληρώνει ο καταναλωτής ηλεκτρικής ενέργειας συνδέεται με την τιμή του ηλεκτρισμού στην χονδρική αγορά. Ωστόσο έχει παρατηρηθεί σε πιλοτικές εφαρμογές ότι δεν οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης αν δεν υπάρχει ανατροφοδότηση πληροφοριών (feedback). Ακόμα και τότε όμως οι καταναλωτές αμελούν πολλές φορές να ελέγξουν την τρέχουσα τιμή που ίσως μεταβάλλεται ελάχιστα κατά τη διάρκεια της μέρας. Για να παρακινηθούν οι λοιπόν οι καταναλωτές να περιορίσουν τη κατανάλωση τους σε περιόδους υψηλών τιμών, λαμβάνουν εκ των προτέρων ειδοποίηση για επερχόμενες υψηλές τιμές.

Σύμφωνα με μελέτες, καταγραφές και έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί πάνω σε όλα τα προγράμματα τιμολόγησης έχουμε φτάσει στο συμπέρασμα ότι τα καλύτερα αποτελέσματα για την μείωση της κατανάλωσης σε περιόδους μέγιστης ζήτησης είχαν τα προγράμματα CPP που επέφεραν μείωση μεγίστου 16%, ενώ ακολουθούσαν οι τεχνικές τιμολόγησης CPR και RTP που είχαν ως αποτέλεσμα μείωση της μέγιστης ζήτησης έως 12%. Τέλος λιγότερο αποτελεσματικές φαίνεται να είναι οι χρεώσεις TOU.

Τώρα από την σκοπιά του καταναλωτή και το κέρδος που έχει ο ίδιος από τη συμμετοχή του στα προγράμματα δυναμικής τιμολόγησης φτάνουμε στο συμπέρασμα σύμφωνα με τα αποτελέσματα μελετών, ότι μεγαλύτερες μειώσεις σε λογαριασμούς είχαν οι συμμετέχοντες στα προγράμματα RTP όπου το ποσοστό εξοικονόμησης χρημάτων για τους πελάτες έφθασε το 13%. Ακολουθούν τα προγράμματα CPP και TOU με ποσοστά 6% και 5% αντίστοιχα, ενώ η εφαρμογή των τιμολογήσεων της μορφής CPR δεν έφερε σημαντικά οικονομικά οφέλη στους συμμετέχοντες.

Διάφορες πιλοτικές εφαρμογές προγραμμάτων δυναμικής τιμολόγησης και ανατροφοδότησης πληροφοριών έχουν διεξαχθεί λαμβάνοντας υπόψη μεταβλητές που επηρεάζουν το επίπεδο αποδοχής τους και το ποσοστό επιτυχίας τους. Αυτές είναι:

- Η γεωγραφία
- Η διάρκεια εφαρμογής του πιλοτικού προγράμματος
- Ο αριθμός των συμμετεχόντων
- Τα χαρακτηριστικά της αγοράς
- Η τμηματοποίηση της αγοράς
- Η εκπαίδευση των συμμετεχόντων
- Οι αλληλεπιδράσεις με τους συμμετέχοντες (συνεντεύξεις, έρευνες και συναντήσεις)

Οι επιδράσεις των παραπάνω μεταβλητών εκτιμώνται από τρεις πλευρές:

- Εξοικονόμηση ενέργειας (energy conservation): Ο βαθμός μείωσης της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται.
- Μείωση μεγίστου στη καμπύλη ζήτησης (peak clipping): Το ποσοστό μείωσης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε περιόδους αιχμής.
- Μείωση λογαριασμού (bill reduction): Ο βαθμός μείωσης των λογαριασμών ηλεκτρικής ενέργειας που πληρώνουν οι πελάτες.

## Δίκτυα Αισθητήρων

### Εισαγωγή στα Ασύρματα Δίκτυα

Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (ΑΔΑ / Wireless Sensor Network - WSN ) αποτελείται από διασκορπισμένους αυτόνομους αισθητήρες για την παρακολούθηση φυσικών ή περιβαλλοντολογικών συνθηκών, όπως η θερμοκρασία, ο ήχος, η ατμοσφαιρική πίεση κτλ. και μέσω συνεργασίας να μεταφέρει τα δεδομένα μέσω του δικτύου σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Τα πιο μοντέρνα δίκτυα είναι ικανά και να δίνουν αλλά και να δέχονται πληροφορίες πράγμα που τους επιτρέπει να ελέγχουν την δραστηριότητα των αισθητήρων. Το κίνητρο για την ανάπτυξη των ασύρματων δικτύων με αισθητήρες ήταν οι στρατιωτικές εφαρμογές όπως η παρακολούθηση των πεδίων μάχης. Σήμερα τέτοια δίκτυα χρησιμοποιούνται σε πολλές καταναλωτικές και βιομηχανικές εφαρμογές, η παρακολούθηση και ο έλεγχος της βιομηχανικής παραγωγής, την παρακολούθηση των μηχανημάτων υγείας και πολλά άλλα.

Το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων αποτελείται από κόμβους - από μερικές σε αρκετές εκατοντάδες η ακόμα και χιλιάδες, όπου κάθε κόμβος συνδέεται σε έναν (η κάποιες φορές σε αρκετούς) αισθητήρες. Κάθε τέτοιος κόμβος του δικτύου αισθητήρων έχει χαρακτηριστικά μερικά κομμάτια: ένα ραδιοπομποδέκτη με μια εσωτερική κεραία ή μια σύνδεση με μια εξωτερική κεραία, ένα μικροελεγκτή, ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα για τη διασύνδεση με τους αισθητήρες και μια πηγή ενέργειας, συνήθως μια μπαταρία η μια ενσωματωμένη μορφή συγκομιδής ενέργειας. Ένας αισθητήριος κόμβος μπορεί να ποικίλει σε μέγεθος από εκείνο ενός κουτιού παπουτσιών μέχρι το μέγεθος ενός κόκκου σκόνης, αν και λειτουργικοί <<κόκκοι>> πραγματικά μικροσκοπικών διαστάσεων δεν έχουν ακόμα δημιουργηθεί. Το κόστος των αισθητήριων κόμβων ποικίλει, ξεκινώντας από μερικά και φτάνοντας σε εκατοντάδες δολάρια, αναλόγως την πολυπλοκότητα των μεμονωμένων αισθητήριων κόμβων. Οι περιορισμοί σε μέγεθος και κόστος έχουν ως αποτέλεσμα αντίστοιχους περιορισμούς σε πόρους όπως ενέργεια, μνήμη, υπολογιστική ταχύτητα και στο εύρος ζώνης των επικοινωνιών. Η τοπολογία των αισθητήρων μπορεί να διαφέρει από ένα δίκτυο τοπολογίας αστέρος σε ένα αναπτυγμένο ασύρματο δίκτυο πλέγματος multi-hop. Η πολλαπλασιαστική τεχνική μεταξύ των λυκίσκων του δικτύου μπορεί να είναι η δρομολόγηση ή ο καταγισμός διακίνησης.

Στην επιστήμη των υπολογιστών και των τηλεπικοινωνιών, τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι ένας ενεργός τομέας έρευνας με πολυάριθμα εργαστήρια και συνέδρια που διοργανώνονται κάθε χρόνο.



## Ασύρματα Δίκτυα – Πλεονεκτήματα

Μερικά από τα κυριότερα πλεονεκτήματα των ασυρμάτων τοπικών δικτύων είναι τα εξής:

Ευκολία (Convenience): Η ασύρματη φύση αυτών των δικτύων επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στους πόρους ενός δικτύου, από σχεδόν οποιαδήποτε τοποθεσία χωρίς να πρέπει να βρίσκονται στο σπίτι ή στο γραφείο. Με την αύξηση της χρήσης φορητών υπολογιστών, αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό.

Κινητικότητα (Mobility): Τα WLAN παρέχουν τη δυνατότητα στους χρήστες για πρόσβαση σε πληροφορίες ενώ βρίσκονται σε κίνηση. Αυτή η ευχέρεια στην κίνηση υποστηρίζει την παραγωγικότητα και τις ευκαιρίες για εξυπηρέτηση οι οποίες δεν είναι δυνατές με ενσύρματα δίκτυα. Οι εφαρμογές που στηρίζονται στην κινητικότητα κατά τη χρήση συσκευών σε ένα WLAN συμπεριλαμβάνουν και αυτές που στηρίζονται στην πρόσβαση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, παράδειγμα είναι τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε βάσεις δεδομένων. Μία τέτοια εφαρμογή συναντάμε στους αγώνες ταχύτητας. Τα αυτοκίνητα έχουν σύνθετα συστήματα επεξεργασίας που παρακολουθούν και ελέγχουν τα διάφορα όργανα που βρίσκονται στο αυτοκίνητο. Όταν το αυτοκίνητο σταματάει μπροστά από τη βάση της ομάδας στα pit, οι πληροφορίες αυτές φορτώνονται στον κεντρικό υπολογιστή, καθιστώντας ικανή μία ανάλυση, σε πραγματικό χρόνο, της επίδοσης του αυτοκινήτου.

Ταχύτητα και ευελιξία εγκατάστασης: Η εγκατάσταση ενός WLAN εξαλείφει την ανάγκη της χρήσης των καλωδίων η οποία απαιτεί συνήθως κόπο, χρόνο, και χρήματα. Η ασύρματη τεχνολογία επιτρέπει τη διασύνδεση δικτύων η οποία υπό άλλες συνθήκες θα ήταν δύσκολη ίσως και αδύνατη.

Μακροπρόθεσμα, η εγκατάσταση, η αναβάθμιση και το κόστος συντήρησης των ασυρμάτων WLAN, τα καθιστούν μία οικονομικότερη λύση. Υπάρχουν και μερικά περιβάλλοντα στα οποία τα ασύρματα τοπικά δίκτυα αποτελούν καλύτερη λύση από ένα ενσύρματο δίκτυο. Στην κατηγορία αυτά ανήκουν:

- Περιβάλλοντα μεγάλων εκτάσεων, όπως οι χώροι παραγωγής ενός εργοστασίου ή μίας αποθήκης.
- Πολύ παλιά κτίρια, στα οποία είτε απαγορεύεται η οποιαδήποτε τροποποίηση των κτηριακών εγκαταστάσεων (διατηρητέα), είτε η καλωδίωση είναι ανεπαρκής ή ανύπαρκτη.
- Μικρά γραφεία όπου η εγκατάσταση και η συντήρηση ενός ενσύρματου δικτύου είναι αντιοικονομική.

Μειωμένο κόστος χρήσης: Παρότι η αρχική επένδυση για ένα εξοπλισμό WLAN μπορεί να είναι υψηλότερη από μία ενσύρματη σύνδεση, το συνολικό κόστος λειτουργίας μπορεί να είναι σημαντικά χαμηλότερο, καθώς μακροπρόθεσμα τα κέρδη είναι μεγαλύτερα σε περιβάλλοντα όπου απαιτούνται πολλές μετακινήσεις.

Συμβατότητα: Τα ασύρματα δίκτυα διαφοροποιούνται για αν ικανοποιήσουν τις ανάγκες συγκεκριμένων εγκαταστάσεων και εφαρμογών. Οι διαμορφώσεις αλλάζουν εύκολα από μικρά δίκτυα κατάλληλα για ένα μικρό αριθμό χρηστών σε πλήρως ανεπτυγμένα δίκτυα που καλύπτουν εκατοντάδες χρήστες.

Νομαδική πρόσβαση: Η νομαδική πρόσβαση βρίσκει εφαρμογή σε χώρους όπως επιχειρήσεις ή πανεπιστημιούπολεις, όπου τα κτήρια βρίσκονται συγκεντρωμένα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι χρήστες μετακινούνται μέσα στο χώρο και μπορούν με τις φορητές συσκευές τους να έχουν πρόσβαση σε αρχεία και σε άλλους κόμβους του δικτύου.

Διασύνδεση: Μια άλλη περίπτωση της διεύρυνσης είναι και η διασύνδεση δύο η παραπάνω αυτόνομων τοπικών δικτύων που βρίσκονται σε διαφορετικούς χώρους. Για παράδειγμα αν είναι δύσκολο να χρησιμοποιούμε οπτικές ίνες για να ενώσουμε δίκτυα σε διαφορετικά κτίρια (λόγω εδάφους, κόστους, αδειών, κ.τ.λ.) συμφέρει να χρησιμοποιήσουμε ασύρματη ζεύξη. Στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιείται μία ασύρματη σύνδεση από σημείο-σε-σημείο (Wireless Point-to-Point link) μεταξύ των δύο κτιρίων.

## **Ασύρματα Δίκτυα – Μειονεκτήματα**

Η χρήση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (ραδιοκυμάτων και υπέρυθρης ακτινοβολίας) για τη μεταφορά πληροφορίας κάνουν τα ασύρματα δίκτυα ευπρόσβλητα σε πολλά φαινόμενα παρεμβολής, τα οποία αλλοιώνουν την επικοινωνία των χρηστών. Τα κυριότερα από αυτά τα προβλήματα αναφέρονται στη συνέχεια.

Παρεμβολή λόγω πολλαπλών διαδρομών: Σήματα που μεταδίδονται είναι δυνατόν να συνδυαστούν με ανακλώμενα σήματα από επιφάνειες ή εμπόδια που βρίσκονται στην ευθεία μετάδοσης του σήματος. Το πρόβλημα αυτό προκαλεί ετεροχρονισμένες λήψεις του ίδιου σήματος λόγω των σημάτων που κάνουν μεγαλύτερη διαδρομή λόγω αντανακλάσεων. Αυτό απαιτεί μεγαλύτερη επεξεργαστική ισχύ από τον δέκτη ώστε να μπορεί να ξεχωρίσει τα ανάλογα σήματα και να βάλει στη σωστή σειρά τα δεδομένα που λαμβάνει.

Απώλεια Διαδρομής (Path Loss): Οι απώλειες που μπορεί να έχουμε σε μία ασύρματη επικοινωνία από το “path loss” εξαρτώνται άμεσα από την ύπαρξη ή μη της οπτικής επαφής (LoS: Line of Sight). Κάποια εμπόδια μπορεί να μην αφήνουν καθόλου είτε ένα τμήμα είτε και ολόκληρο το σήμα να περάσει με αποτέλεσμα να έχουμε μειωμένη απόδοση με πολύ μεγάλο βαθμό.

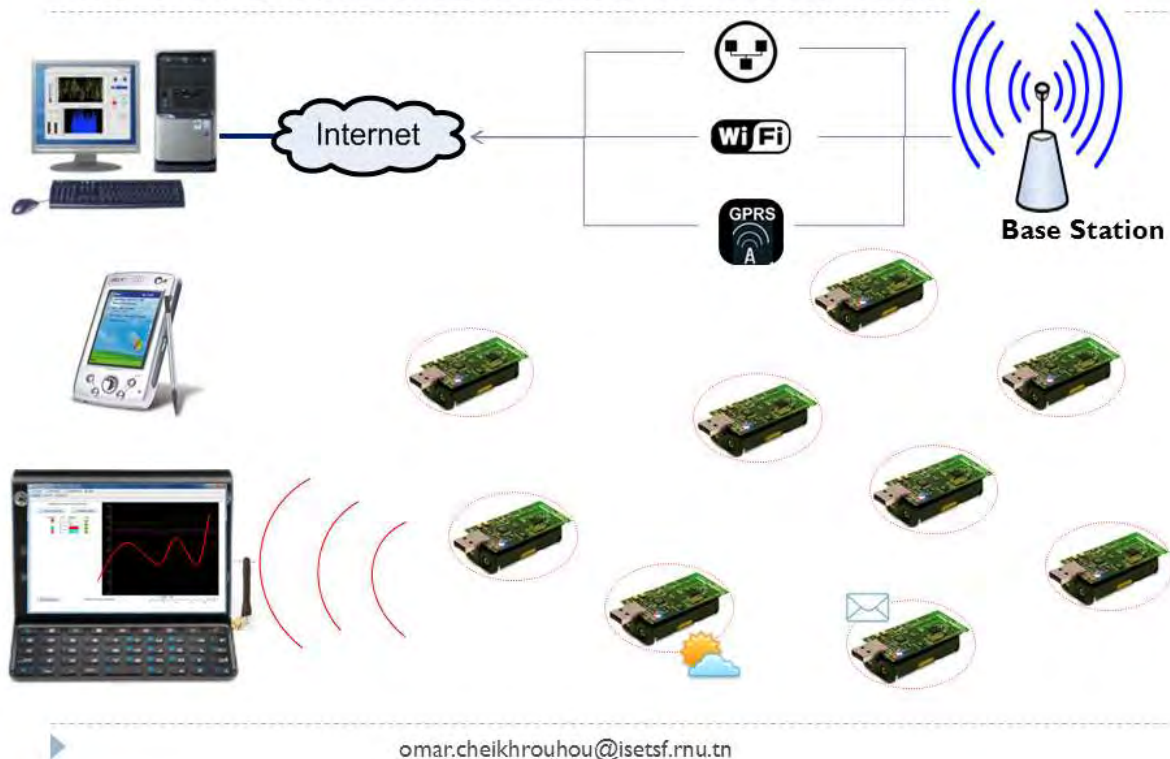
Παρεμβολές Ραδιοσημάτων: Οι παρεμβολές από ραδιοσήματα (Radio Signal Interference) διαχωρίζονται σε Εξωγενές (Inward) και Ενδογενές (Outward). Εξωγενές παρεμβολές είναι παρεμβολές που έχουν προκαλέσει άλλες συσκευές (είτε Wi-Fi είτε άλλες τεχνολογίες που χρησιμοποιούν το ίδιο εύρος συχνοτήτων π.χ. Bluetooth ή ακόμα και φούρνοι μικροκυμάτων) με αποτέλεσμα το σήμα να φτάνει στον δέκτη αλλοιωμένο. Ενδογενές παρεμβολές είναι παρεμβολές που έχει προκαλέσει ο ίδιος ο πομπός σε άλλα συστήματα ασύρματης επικοινωνίας. Όσο πιο χαμηλή είναι η ένταση ενός σήματος τόσο λιγότερη επίπτωση έχει στα γειτονικά του σήματα.

Διαχείριση Ενέργειας: Θα πρέπει να γίνεται σωστή διαχείριση ενέργειας, ώστε να μεγιστοποιείται η αυτονομία των συσκευών που συνδέονται στο ασύρματο δίκτυο.

Ασυμβατότητα Συστημάτων: Για το σωστό στήσιμο ενός WLAN θα πρέπει να λάβουμε υπόψη και την ασυμβατότητα μεταξύ προϊόντων διαφορετικών κατασκευαστών.

Προστασία της Υγείας των Χρηστών: Υπάρχουν περιορισμοί που έχουν υποβληθεί όσο αφορά την ένταση του σήματος κυρίως για την υγεία των χρηστών.

## What is wireless sensor network?



## Πρωτόκολλα Επικοινωνίας Ασύρματων Δικτύων

**802.11a:** -- παρέχει μια μετάδοση μέχρι 54 Mbps στη ζώνη 5GHz. Λιγότερο δυναμικό για παρεμβολή σε ραδιοσυχνότητα από το 802.11b και το 802.11g. Σχετικά μικρότερη εμβέλεια (περίπου 60 μέτρα) από το 802.11b. Δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί με το 802.11b.

**802.11b:** -- (WIFI)παρέχει μετάδοση 11 Mbps στη ζώνη 2.4 GHz. Δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί με το 802.11a. Προσφέρει πρόσβαση σε δεδομένα σε απόσταση μέχρι 100 μέτρα

από το σταθμό βάσης. Η ισχύς που ορίζει το στάνταρτ στις εξόδους κεραίας των εμπορικών συσκευών είναι τα 0.2mw. Στο αρχικό πρωτόκολλο 802.11, καθορίζονται δύο τρόποι κωδικοποίησης, ο FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) και ο DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum).

**802.11g:** -- παρέχει μια μετάδοση μέχρι 54 Mbps (τυπικά 22 Mbps) στη ζώνη 2.4 GHz. Θεωρείται ότι είναι ο διάδοχος του και συμβατός με το 802.11b. Προσφέρει πρόσβαση υψηλής ταχύτητας σε δεδομένα σε απόσταση μέχρι 100 μέτρα από το σταθμό βάσης.

Το πρότυπο Bluetooth είναι το de facto πρότυπο για μικρών επιδόσεων ασύρματη δικτύωση ηλεκτρονικών συσκευών (κινητά, PDA, PC, εκτυπωτές, fax, modem, πληκτρολόγια κ.τ.λ.) με χαμηλή κατανάλωση (0,01W) και χαμηλό κόστος, Η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων είναι μέχρι 1Mbps ενώ είναι δυνατή και η ταυτόχρονη μεταφορά ήχου. Η συχνότητα που εκπέμπονται τα δεδομένα είναι τα 2,4GHz ενώ χρησιμοποιείται η τεχνική εναλλαγής συχνότητας.

**WiMAX:** Το 2003 η IEEE υιοθέτησε το πρότυπο 802.16 γνωστό και σαν WiMAX. Είναι μια νέα τεχνολογία, που παρέχει ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση υψηλών ταχυτήτων σε μεγάλες αποστάσεις. Το WiMax επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων με πολλαπλά, ευρέα φάσματα συχνότητας. Την **ασφαλή μετάδοση** των δεδομένων στο WiMAX αναλαμβάνει ο αλγόριθμος κρυπτογράφησης DES και συγκεκριμένα μια παραλλαγή του αλγορίθμου ο Triple DES.

**GPRS:** σημαίνει Γενική Υπηρεσία Ραδιοεπικοινωνίας με Πακέτα. Το πρότυπο αυτό επιτρέπει συνδέσεις μεταγωγής πακέτων αντί κυκλώματος σε κυψελωτά δίκτυα.

**GPS:** είναι η σύντμηση του όρου Global Positioning System και το GPS αναφέρεται σε ραδιοσυστήματα θέσης που βασίζονται σε δορυφόρο και τα οποία παρέχουν 24ωρες πληροφορίες για την τρισδιάστατη θέση, ταχύτητα και ώρα σε κατάλληλα εξοπλισμένους χρήστες οπουδήποτε ή κοντά στην επιφάνεια της γης.

	Bluetooth	HomeRF	IEEE802.11	IEEE802.11b	IEEE802.11a	HiperLAN1	HiperLAN2
<b>Ταχύτητα</b>	1Mbps	2Mbps	2Mbps	11Mbps	54Mbps	24Mbps	54Mbps
<b>Εμβέλεια</b>	10μ	50μ	100μ	100μ	100μ	50μ	30-150μ
<b>Συχνότητα</b>	2,4GHz	2,4GHz	2,4GHz	2,4GHz	5GHz	5GHz	5GHz
<b>Διασύνδεση</b>	Καμία	Ethernet	Ethernet	Ethernet	Ethernet	Ethernet	Ethernet, ATM, IP, UMTS, Firewire, PPP
<b>Κατάσταση</b>	Διαθέσιμο	Διαθέσιμο	Διαθέσιμο	Διαθέσιμο		Διαθέσιμο	
<b>Υποστηρικτές</b>	Ericsson, IBM, Toshiba, Intel, Nokia, Motorola	Proxim, Intel, HP, 3COM, Motorola		Cisco, Lucent, 3Com, Apple, Compaq, Zoom, Dell, Nokia		ETSI, Proxim, HP, Xircom, IBM, Nokia	ETSI, HP, Xircom, IBM, TI, Dell, Ericsson, Nokia, Proxim

## Εφαρμογές Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων

### Παρακολούθηση περιοχής

Η παρακολούθηση περιοχής είναι μια κοινή εφαρμογή των αισθητηριακών δικτύων. Στην παρακολούθηση περιοχής, το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων έχει αναπτυχθεί σε μια περιοχή όπου κάποιο φαινόμενο πρέπει να παρακολουθηθεί. Ένα παράδειγμα από τον στρατό είναι η χρήση των αισθητήρων ώστε να ανιχνευθεί η εχθρική εισβολή. Ένα πολιτικό παράδειγμα είναι η γεω-περίφραξη του φυσικού αερίου ή στους αγωγούς πετρελαίου.

### Περιβαλλοντική / γεωσκόπηση

Ο όρος Περιβαλλοντικά δίκτυα αισθητήρων έχει εξελιχθεί για να καλύψει πολλές εφαρμογές των ασύρματων δικτύων αισθητήρων για την έρευνα της γεωλογίας. Αυτό περιλαμβάνει την παρακολούθηση με αισθητήρες ηφαιστειών, ωκεανών, παγετώνων, δασών κτλ. Ορισμένοι από τους κύριους τομείς αναφέρονται παρακάτω.

### Παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα

Ο βαθμός ρύπανσης του αέρα πρέπει να μετράται συχνά προκειμένου να προστατευθεί ο άνθρωπος και το περιβάλλον από κάθε είδους ζημιά που οφείλεται στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Σε επικίνδυνο περιβάλλον, η παρακολούθηση των επιβλαβών αερίων σε πραγματικό χρόνο είναι μια ανησυχητική διαδικασία γιατί ο καιρός μπορεί να αλλάξει με σοβαρές επιπτώσεις με άμεσο τρόπο. Ευτυχώς, τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων έχουν ξεκινήσει να παράγουν συγκεκριμένες λύσεις για τους ανθρώπους.

### Εσωτερικός έλεγχος

Για την παρακολούθηση των επίπεδων του φυσικού αερίου σε ευάλωτες περιοχές απαιτείται η χρήση εξειδικευμένου, σύγχρονου εξοπλισμού, ικανού να ικανοποιήσει τους βιομηχανικούς κανονισμούς. Οι ασύρματες εσωτερικές λύσεις παρακολούθησης διευκολύνουν την συνεχή ενημέρωση μεγάλων περιοχών καθώς και την εξασφάλιση της ακριβούς συγκέντρωσης αερίου.

### Εξωτερικός έλεγχος

Ο εξωτερικός έλεγχος της ποιότητας του αέρα χρειάζεται την χρήση ακριβών ασύρματων αισθητήρων, ανθεκτικά στην βροχή και στον άνεμο, καθώς και μεθόδους εξοικονόμησης ενέργειας για να βεβαιωθεί η επάρκεια ενέργειας στο μηχάνημα που θα έχει πιθανόν δύσκολη πρόσβαση.

### Παρακολούθηση της ρύπανσης του αέρα

Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων έχουν αναπτυχθεί σε διάφορες πόλεις (Στοκχόλμη, Λονδίνο και Μπρισμπίεν) για την παρακολούθηση της συγκέντρωσης των επικίνδυνων αερίων για τους πολίτες. Αυτά μπορούν να επωφεληθούν από τις ασύρματες ζεύξεις ad-hoc και όχι από τις ενσύρματες εγκαταστάσεις που επίσης τα κάνουν πιο ευκίνητα για δοκιμαστικές μετρήσεις σε

διάφορες περιοχές. Υπάρχουν διάφορες αρχιτεκτονικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τέτοιες εφαρμογές, καθώς και διάφορα είδη ανάλυσης δεδομένων και εξόρυξης δεδομένων που μπορούν να διεξαχθούν.

#### Ανίχνευση δασικών πυρκαγιών

Ένα δίκτυο αισθητήριων κόμβων μπορεί να εγκατασταθεί σε ένα δάσος για να ανιχνεύει τότε έχει εκδηλωθεί πυρκαγιά. Οι κόμβοι μπορούν να είναι εξοπλισμένοι με αισθητήρες για τη μέτρηση της θερμοκρασίας, την υγρασία και τα αέρια που παράγονται από φωτιά στα δέντρα ή τη βλάστηση. Η έγκαιρη ανίχνευση είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχή δράση των πυροσβεστών, χάρη στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, η πυροσβεστική θα είναι σε θέση να γνωρίζει τότε μια πυρκαγιά ξεκίνησε και πώς εξαπλώνεται.

#### Ανίχνευση κατολισθήσεων

Ένα σύστημα ανίχνευσης κατολίστεσης κάνει χρήση ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων για να ανιχνεύσει τις μικρές κινήσεις του εδάφους και αλλαγές στις διάφορες παραμέτρους που μπορεί να συμβούν πριν ή κατά τη διάρκεια μιας κατολίστεσης. Μέσα από τα δεδομένα που συλλέγονται μπορεί να είναι δυνατόν να γνωρίζουμε την εμφάνιση των κατολισθήσεων πολύ πριν αυτό συμβεί στην πραγματικότητα.

#### Παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων

Η παρακολούθηση της ποιότητας του νερού περιλαμβάνει την ανάλυση των ιδιοτήτων του νερού σε φράγματα, ποτάμια, λίμνες και ωκεανούς, καθώς και τα υπόγεια αποθέματα νερού. Η χρήση πολλών ασύρματων αισθητήρων που διανέμονται επιτρέπει τη δημιουργία μιας πιο ακριβούς εικόνας της κατάστασης των υδάτων, και επιτρέπει τη μόνιμη εγκατάσταση σταθμών παρακολούθησης σε περιοχές με δύσκολη πρόσβαση, χωρίς την ανάγκη του εγχειριδίου ανάκτησης δεδομένων.

#### Πρόληψη φυσικών καταστροφών

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μπορούν να ενεργήσουν αποτελεσματικά για να αποτραπούν οι συνέπειες των φυσικών καταστροφών, όπως οι πλημμύρες. Ασύρματοι κόμβοι έχουν αναπτυχθεί με επιτυχία σε ποτάμια όπου οι μεταβολές της στάθμης του νερού θα πρέπει να παρακολουθείτε σε πραγματικό χρόνο.

#### Βιομηχανική παρακολούθηση

Παρακολούθηση μηχανημάτων υγείας Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων έχουν αναπτυχθεί για την βασική συντήρηση των μηχανημάτων (Condition-based maintenance - CBM), δεδομένου ότι προσφέρουν σημαντική εξοικονόμηση κόστους και επιτρέπουν νέες λειτουργίες. Σε ενσύρματα συστήματα, η εγκατάσταση των αισθητήρων συχνά περιορίζεται από το κόστος της καλωδίωσης. Προηγουμένως απρόσιτες περιοχές, περιστρεφόμενα μηχανήματα, επικίνδυνες ή ζώνες περιορισμένης πρόσβασης και τα κινητά περιουσιακά στοιχεία μπορούν πλέον να επιτευχθούν με ασύρματους αισθητήρες.

### Καταγραφή δεδομένων

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων χρησιμοποιούνται επίσης για τη συλλογή δεδομένων για την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών πληροφοριών, αυτό μπορεί να είναι τόσο απλό όσο η παρακολούθηση της θερμοκρασίας σε ένα ψυγείο η περίπλοκο όσο η παρακολούθηση του επιπέδου του νερού σε δεξαμενές υπερχειλίσης σε πυρηνικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Οι στατιστικές πληροφορίες μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για να δείξουν πώς τα συστήματα λειτουργούσαν. Το πλεονέκτημα των ασύρματων δικτύων αισθητήρων έναντι των συμβατικών καταγραφών είναι η "ζωντανή" τροφή δεδομένων που έχουν σαν δυνατότητα.

### Βιομηχανική λογική και έλεγχος των αιτήσεων

Σε πρόσφατη έρευνα ένας τεράστιος αριθμός πρωτοκόλλων επικοινωνίας ασύρματων δικτύων αισθητήρων έχουν αναπτυχθεί. Ενώ η προηγούμενη έρευνα εστιάζεται κυρίως στην ενημέρωση για την ενέργεια, πιο πρόσφατες έρευνες έχουν αρχίσει να εξετάζουν ένα ευρύτερο φάσμα θεμάτων, όπως η αξιοπιστία των ασύρματων συνδέσεων, τις δυνατότητες σε πραγματικό χρόνο, ή την ποιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας. Τα νέα αυτά στοιχεία θεωρούνται καταλυτικά για μελλοντικές εφαρμογές σε βιομηχανικές και εφαρμογές ελέγχου σχετικών ασύρματων εννοιών και μερική αντικατάσταση ή την ενίσχυση συμβατικών ενσύρματων δικτύων με τεχνικές WSN.

### Εξυπνα κτίρια

Η κατασκευή «έξυπνων» κτιρίων βασίζεται στην εγκατάσταση ενός Α.Δ.Α, που αποτελεί τα «μάτια» του συστήματος διαχείρισης, και ενός δικτύου ελεγκτών αυτοματισμού. Ο συνδυασμός των δύο δικτύων επιτρέπει στο «έξυπνο» κτίριο να μπορεί από μόνο του να περιορίσει την κατανάλωση ενέργειας και να βελτιώσει γενικότερα την οικολογική του συμπεριφορά. Μερικά παραδείγματα των λειτουργιών του «Εξυπνου κτιρίου είναι:

- Αναγνωρίζει εάν ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής και ενεργοποιεί/ απενεργοποιεί τον τεχνητό φωτισμό.
- Εντοπίζει εάν η ποιότητα του εσωτερικού αέρα δεν είναι ικανοποιητική και θέτει σε λειτουργία το σύστημα εξαερισμού
- Ελέγχει αν η θερμοκρασία είναι στα επιθυμητά επίπεδα και ενεργοποιεί την θέρμανση ή τον κλιματισμό.
- Αντιλαμβάνεται εάν κάποιος χώρος δεν χρησιμοποιείται και απενεργοποιεί όλες τις συσκευές σε αυτόν.

Πρόσφατες μελέτες υπολογίζουν συνολική βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός «έξυπνου» κτιρίου κατά 34% σε σχέση με ένα απλό κτίριο, γεγονός το οποίο σημαίνει περίπου 38% μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα ετησίως.

Ουσιαστικά μέσω των αισθητήρων μπορούμε να υλοποιήσουμε αυτοματισμούς για τους οποίους απαιτούνταν μέχρι πρότινος ακριβός εξοπλισμός και μάλιστα υπήρχε απαίτηση για καλωδιώσεις – εγκαταστάσεις οι οποίες ξεφεύγουν από τα συνηθισμένα πλαίσια των κατοικιών και των επαγγελματικών χώρων.

### Εξυπνες Πόλεις

Σε ακόμα μεγαλύτερη εμβέλεια λοιπόν όλες αυτές οι εφαρμογές μπορούν να συνυπάρχουν και να δημιουργήσουν μία ακόμη μεγαλύτερη και σημαντική εφαρμογή των ασύρματων αισθητήρων

δικτύων, που μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα στην συγκεκριμένη εργασία, τις έξυπνες πόλεις. Σε αυτές με τη χρήση των δικτύων αισθητήρων με τα smart grids και meters και της διασύνδεσης στο διαδίκτυο μπορούμε μέσω διαφόρων τεχνικών μηχανικής μάθησης να δημιουργηθούν τρόποι έξυπνης διαχείρισης της ηλεκτρικής ενέργειας όπως θα δούμε και στη συνέχεια.



## Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)

### Ορισμός

Μηχανική μάθηση είναι υποπεδίο της επιστήμης των υπολογιστών που αναπτύχθηκε από τη μελέτη της αναγνώρισης προτύπων και της υπολογιστικής θεωρίας μάθησης στην τεχνητή νοημοσύνη. Το 1959, ο Arthur Samuel ορίζει τη μηχανική μάθηση ως "Πεδίο μελέτης που δίνει στους υπολογιστές την ικανότητα να μαθαίνουν, χωρίς να έχουν ρητά προγραμματιστεί". Η μηχανική μάθηση διερευνά τη μελέτη και την κατασκευή αλγορίθμων που μπορούν να μαθαίνουν από τα δεδομένα και να κάνουν προβλέψεις σχετικά με αυτά. Τέτοιοι αλγόριθμοι λειτουργούν κατασκευάζοντας μοντέλα από πειραματικά δεδομένα, προκειμένου να κάνουν προβλέψεις βασιζόμενες στα δεδομένα ή να εξάγουν αποφάσεις που εκφράζονται ως το αποτέλεσμα.

Η μηχανική μάθηση είναι στενά συνδεδεμένη και συχνά συγχέεται με υπολογιστική στατιστική, ένας κλάδος, που επίσης επικεντρώνεται στην πρόβλεψη μέσω της χρήσης των υπολογιστών. Έχει ισχυρούς δεσμούς με την μαθηματική βελτιστοποίηση, η οποία παρέχει μεθόδους, τη θεωρία και τομείς εφαρμογής. Η Μηχανική μάθηση εφαρμόζεται σε μια σειρά από υπολογιστικές εργασίες, όπου τόσο ο σχεδιασμός όσο και ο ρητός προγραμματισμός των αλγορίθμων είναι ανέφικτος. Παραδείγματα εφαρμογών αποτελούν τα φίλτρα spam (spam filtering), η οπτική αναγνώριση χαρακτήρων (OCR), οι μηχανές αναζήτησης και η υπολογιστική όραση. Η Μηχανική μάθηση μερικές φορές συγχέεται με την εξόρυξη δεδομένων, όπου η τελευταία επικεντρώνεται περισσότερο στην εξερευνητική ανάλυση των δεδομένων, γνωστή και ως μη επιτηρούμενη μάθηση.

Στο πεδίο της ανάλυσης δεδομένων, η μηχανική μάθηση είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για την επινόηση πολύπλοκων μοντέλων και αλγορίθμων που οδηγούν στην πρόβλεψη. Τα αναλυτικά μοντέλα επιτρέπουν στους ερευνητές, τους επιστήμονες δεδομένων, τους μηχανικούς και τους αναλυτές να παράγουν αξιόπιστες αποφάσεις και αποτελέσματα και να αναδείξουν αλληλοσυσχετίσεις μέσω της μάθησης από ιστορικές σχέσεις και τάσεις στα δεδομένα.

### Ιστορία και σχέσεις με άλλους τομείς

Ως επιστημονικό εγχείρημα, η μηχανική μάθηση αναπτύχθηκε από την αναζήτηση για την τεχνητή νοημοσύνη. Ήδη από την πρώιμη περίοδο της έρευνας στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης σε ακαδημαϊκό επίπεδο, το ζήτημα της κατασκευής μηχανών που θα μάθαιναν από δεδομένα απασχόλησε τους ερευνητές. Προσπάθησαν να προσεγγίσουν το πρόβλημα με διάφορες συμβολικές μεθόδους, καθώς και με τα λεγόμενα νευρωνικά δίκτυα. Αυτά ήταν ως επί το πλείστον perceptrons και μοντέλα, που όπως διαπιστώθηκε αργότερα ήταν επανεφευρέσεις των

γενικευμένων γραμμικών μοντέλων της στατιστικής. Επίσης χρησιμοποιήθηκε η πιθανοθεωρητική λογική, ιδιαίτερα στην αυτοματοποιημένη ιατρική διάγνωση.

Ωστόσο, μια αυξανόμενη έμφαση σε προσεγγίσεις που βασίζονται στην λογική γνώση προκάλεσε ένα ρήγμα μεταξύ Τεχνητής Νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης. Τα πιθανοθεωρητικά συστήματα μαστίζονταν από θεωρητικά και πρακτικά προβλήματα απόκτησης δεδομένων και αναπαράστασής τους. Από το 1980, έμπειρα συστήματα επικράτησαν στο πεδίο της Τεχνητής Νοημοσύνης, και ο ρόλος της στατιστικής υποχώρησε. Η εργασία σε συμβολική/βασισμένη σε γνώση εκμάθηση συνεχίστηκε εντός της TN, οδηγώντας στον επαγωγικό λογικό προγραμματισμό, αλλά οι κατευθυντήριες γραμμές της στατιστικής ήταν τώρα έξω από το χώρο της τεχνητής νοημοσύνης, στην αναγνώριση προτύπων και στην ανάκτηση πληροφοριών. Η έρευνα για νευρωνικά δίκτυα εγκαταλήφθηκε από την TN και την Επιστήμη Υπολογιστών τον ίδιο περίπου καιρό. Η ίδια επίσης κατεύθυνση ακολουθήθηκε πέρα από την TN και την πληροφορική, από ερευνητές άλλων ειδικοτήτων, συμπεριλαμβανομένων των Hopfield, Rumelhart και Hinton. Η επιτυχία ήρθε στα μέσα της δεκαετίας του 1980 με την επανεφεύρεση της μεθόδου ανάστροφης μετάδοσης (backpropagation).

Η Μηχανική μάθηση, αναδιοργανώθηκε ως ένα ξεχωριστό πεδίο, που άρχισε να ακμάζει κατά τη δεκαετία του 1990. Η προσοχή μετατοπίστηκε από τις συμβολικές προσεγγίσεις που κληρονόμησε από την Τεχνητή Νοημοσύνη, που στόχο είχαν την αντιμετώπιση επιλύσιμων προβλημάτων πρακτικής φύσης, και δόθηκε έμφαση σε μεθόδους και μοντέλα της στατιστικής και της θεωρίας πιθανοτήτων. Επίσης επωφεληθήκε από την διαθεσιμότητα ψηφιοποιημένων πληροφοριών και της δυνατότητας να διανεμηθούν μέσω του Διαδικτύου.

Η Μηχανική μάθηση και η εξόρυξη δεδομένων συχνά χρησιμοποιούν τις ίδιες μεθόδους και επικαλύπτονται σημαντικά. Μπορούν να διακριθούν ως εξής:

- Η μηχανική μάθηση εστιάζει στην πρόβλεψη, που βασίζεται σε γνωστές ιδιότητες που απορρέουν από το σύνολο εκπαίδευσης.
- Η εξόρυξη δεδομένων εστιάζει στην ανακάλυψη ιδιοτήτων μη γνωστών εκ των προτέρων. Αυτό είναι το βήμα ανάλυσης στην Ανακάλυψη Γνώσης από βάσεις δεδομένων

Οι δύο τομείς επικαλύπτονται με πολλούς τρόπους. Η εξόρυξη δεδομένων χρησιμοποιεί πολλές μεθόδους μηχανικής μάθησης, αλλά συχνά με διαφορετικούς στόχους. Από την άλλη πλευρά και η μηχανική μάθηση χρησιμοποιεί μεθόδους εξόρυξης δεδομένων, όπως η μη επιτηρούμενη μάθηση, ή στο στάδιο προεπεξεργασίας για να βελτιώνει την ακρίβεια της μάθησης. Ένα μεγάλο μέρος της σύγχυσης μεταξύ των δύο ερευνητικών τομέων (που συχνά έχουν ξεχωριστά συνέδρια και περιοδικά, με το ECML PKDD να αποτελεί σημαντική εξαίρεση) προκύπτει από τις βασικές υποθέσεις πάνω στις οποίες και οι δύο δουλεύουν. Όμως, στην μηχανική μάθηση η απόδοση συνήθως αξιολογείται ως προς την ικανότητα αναπαραγωγής γνώσης, την οποία ήδη κατέχουμε, ενώ στην ανακάλυψη γνώσης και την εξόρυξη δεδομένων το κλειδί είναι η ανακάλυψη γνώσης

που δεν προκατέχουμε. Στην πρώτη περίπτωση μια μέθοδος επιτηρούμενης μάθησης μπορεί να έχει καλύτερα αποτελέσματα, ενώ σε μία τυπική διεργασία Ανακάλυψης Γνώσης και Εξόρυξης δεδομένων οι επιτηρούμενες μέθοδοι μάθησης δεν λειτουργούν εξαιτίας της μη διαθεσιμότητας συνόλου εκπαίδευσης

Η μηχανική μάθηση συνδέεται επίσης με την βελτιστοποίηση: πολλά προβλήματα μάθησης διατυπώνονται ως η ελαχιστοποίηση της συνάρτησης απώλειας από ένα σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης. Η συνάρτηση απώλειας εκφράζει τη διαφορά μεταξύ των προβλέψεων του εκπαιδευμένου μοντέλου και των πραγματικών καταστάσεων του προβλήματος. Η διαφορά των δύο τομέων απορρέει από τον στόχο της γενίκευσης: ενώ οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης μπορούν να ελαχιστοποιήσουν την απώλεια ενός συνόλου εκπαίδευσης, η μηχανική μάθηση εστιάζει στην ελαχιστοποίηση της απώλειας σε άγνωστες καταστάσεις.

Πιθανότατα, η πρώτη προσπάθεια χρήσης μη ταξινομημένων δεδομένων σε πρόβλημα ταξινόμησης είναι η αυτοεκπαίδευση (self-training). Πρόκειται για έναν αλγόριθμο που χρησιμοποιεί, επαναληπτικά, μάθηση με επιτήρηση. Αρχικά εκπαιδεύεται με ταξινομημένα δεδομένα. Σε κάθε βήμα ένα μέρος των μη ταξινομημένων δεδομένων, ταξινομείται σύμφωνα με την τρέχουσα συνάρτηση απόφασης. Μετά, η επιτηρούμενη μέθοδος χρησιμοποιείται ξανά για εκπαίδευση, λαμβάνοντας υπόψη και τις δικές της προβλέψεις ως επιπλέον ταξινομημένα δεδομένα. Η συγκεκριμένη ιδέα διατυπώθηκε από τους Scudder (1965), Fralick (1967), Agrawala (1970) και άλλους. Η μέθοδος στηριζόταν αποκλειστικά στην εσωτερική μέθοδο μάθησης με επιτήρηση που περιελάμβανε.

Οι Ratsaby και Venkatesh (1995) διατύπωσαν και μελέτησαν άλλη μία μέθοδο μάθησης με ημι – επιτήρηση με χρήση δύο γκαουσιανών κατανομών ενώ το 1995 οι Castelli και Cover έδειξαν ότι, στην περίπτωση ενός αναγνωρίσιμου μίγματος, με έναν άπειρο αριθμό σημείων μη ταξινομημένων, η πιθανότητα σφάλματος παρουσιάζει εκθετική σύγκλιση σύμφωνα με τον κίνδυνο Bayes. Αναγνωρίσιμες σημαίνει ότι, δοσμένης μιας πυκνότητας πιθανότητας  $P(x)$ , το ανάπτυγμα είναι μοναδικό. Σχετική είναι και η περαιτέρω ανάλυση των Castelli και Cover (1996), όπου είναι γνωστές οι δεσμευμένες κατανομές των κλάσεων, αλλά δεν υπάρχει εκ των προτέρων γνώση για τις κλάσεις. Το ενδιαφέρον για την μάθηση με ημι-επιτήρηση αυξήθηκε κατά τη δεκαετία του 1990, λόγω των εφαρμογών που έβρισκε σε προβλήματα φυσικής γλώσσας και ταξινόμησης κειμένου (Yarowsky, 1995, Nigam, 1998, Blum και Mitchell, 1998 Collins και Singer, 1999, Joachims, 1999). Τη συγκεκριμένη δεκαετία μάλιστα χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά ο όρος «semi – supervised» (ελλ. ημι-επιτήρηση) σε πρόβλημα ταξινόμησης που επιλύονται με χρήση δεδομένων ταξινομημένων και μη ταξινομημένων (Merz (1992)). Παρότι ο όρος είχε χρησιμοποιηθεί ξανά, ήταν η πρώτη φορά που η έννοιά του ήταν ίδια με την σημερινή και με αυτήν με την οποία χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία. Τέλος, τα τελευταία χρόνια, χάρη στον όγκο και την ποικιλία των δεδομένων που είναι διαθέσιμα ή εύκολα στην πρόσβαση, όπως τα περιεχόμενα των ιστοσελίδων, οι σειρές των πρωτεϊνών ή οι εικόνες, η μελέτη των μεθόδων μάθησης με ημι-επιτήρηση έχει γίνει, αρκετά, δημοφιλής.

## Τύποι προβλημάτων μηχανικής μάθησης

Οι εργασίες μηχανικής μάθησης συνήθως ταξινομούνται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τη φύση του εκπαιδευτικού «σήματος» ή την «ανατροφοδότηση» που είναι διαθέσιμα σε ένα σύστημα εκμάθησης. Αυτές είναι:

- Επιτηρούμενη μάθηση (αλλιώς επιβλεπόμενη μάθηση ή μάθηση με επίβλεψη) (supervised learning): Το υπολογιστικό πρόγραμμα δέχεται τις παραδειγματικές εισόδους καθώς και τα επιθυμητά αποτελέσματα από έναν «δάσκαλο», και ο στόχος είναι να μάθει έναν γενικό κανόνα προκειμένου να αντιστοιχίσει τις εισόδους με τα αποτελέσματα.
- Μη επιτηρούμενη μάθηση (αλλιώς επίβλεπτη μάθηση ή μάθηση χωρίς επίβλεψη) (unsupervised learning): Χωρίς να παρέχεται κάποια εμπειρία στον αλγόριθμο μάθησης, πρέπει να βρει την δομή των δεδομένων εισόδου. Η Μη επιτηρούμενη μάθηση μπορεί να είναι αυτοσκοπός (ανακαλύπτοντας κρυμμένα μοτίβα σε δεδομένα) ή μέσο για ένα τέλος (χαρακτηριστικό της μάθησης).
- Ενισχυτική μάθηση: Ένα πρόγραμμα υπολογιστή αλληλεπιδρά με ένα δυναμικό περιβάλλον στο οποίο πρέπει να επιτευχθεί ένας συγκεκριμένος στόχος (όπως η οδήγηση ενός οχήματος), χωρίς κάποιος δάσκαλος να του λέει ρητά αν έχει φτάσει κοντά στο στόχο του. Ένα άλλο παράδειγμα είναι να μάθει να παίζει ένα παιχνίδι εναντίον κάποιου αντιπάλου.

Μεταξύ της επιτηρούμενης και της μη επιτηρούμενης μάθησης είναι η ημι-επιτηρούμενη μάθηση, όπου ο δάσκαλος δίνει ένα ελλιπές εκπαιδευτικό σήμα: ένα σύνολο εκπαίδευσης με κάποια (συχνά πολλά) από τα αποτελέσματα στόχους λείπουν. Η Μεταγωγή είναι μια ειδική περίπτωση της αρχής αυτής, όπου το σύνολο των καταστάσεων του προβλήματος είναι γνωστό κατά το χρόνο εκμάθησης, όμως ένα μέρος των στόχων λείπουν.

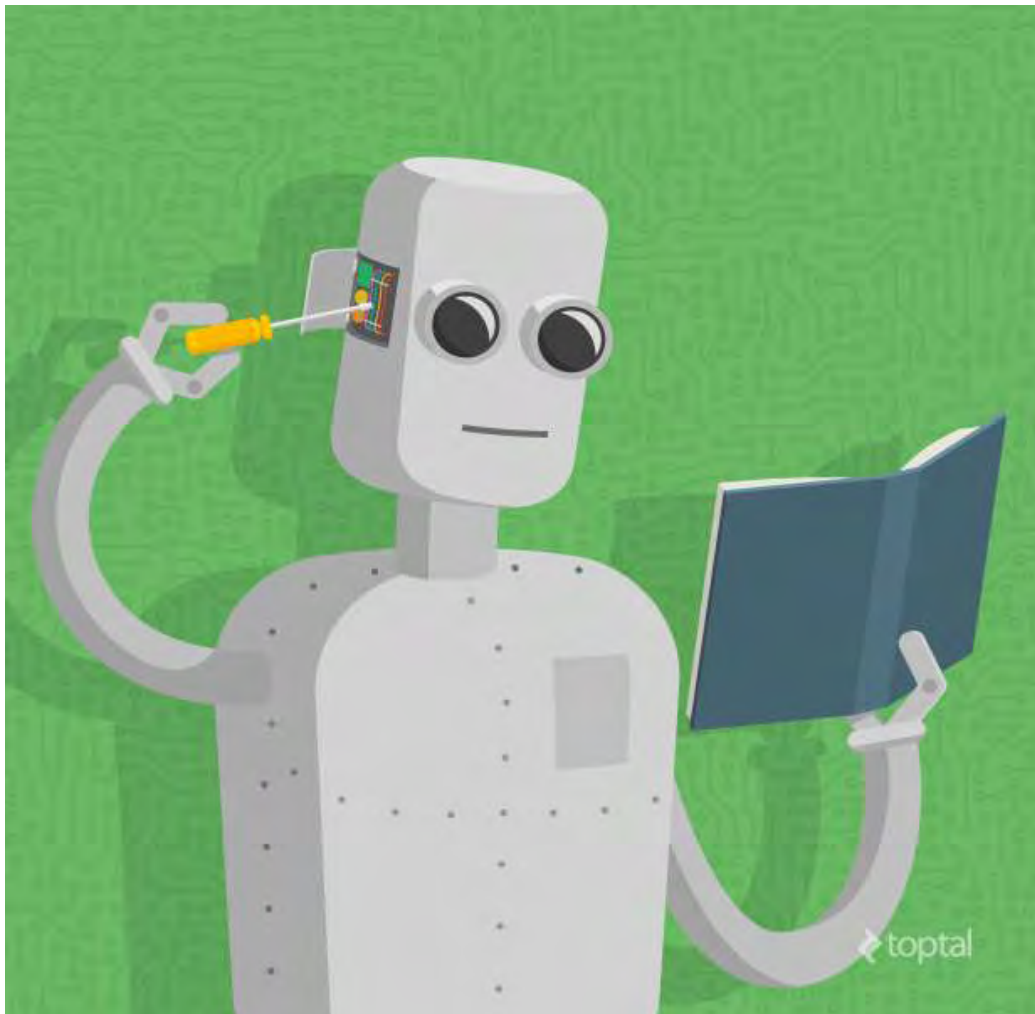
Μεταξύ άλλων κατηγοριών μηχανικής μάθησης, υπάρχει ακόμα διαδικασία εκμάθησης (meta learning) που μαθαίνει στην μηχανή (να αναπτύσσει) τις δικές της επαγωγικές μεθόδους, βασιζόμενο στην προηγούμενη εμπειρία. Η Αναπτυξιακή μάθηση (Developmental robotics), η οποία έχει αναπτυχθεί για την εκμάθηση από ρομπότ, δημιουργεί τη δική της ακολουθία μαθησιακών καταστάσεων, ώστε το ρομπότ συσσωρευτικά αποκτά ποικιλία δεξιοτήτων μέσω της αυτόνομης αυτοεξερεύνησης και της κοινωνικής αλληλεπίδρασης με ανθρώπους εκπαιδευτές και χρησιμοποιώντας μηχανισμούς καθοδήγησης, όπως η ενεργητική μάθηση, η ωρίμανση και η μίμηση.

Μια άλλη κατηγοριοποίηση των προβλημάτων μηχανικής μάθησης προκύπτει όταν κάποιος θεωρήσει το επιθυμητό αποτέλεσμα του συστήματος μηχανικής μάθησης.

- Στην ταξινόμηση, τα δεδομένα εισόδου χωρίζονται σε δύο ή περισσότερες κλάσεις, και η μηχανή πρέπει να κατασκευάσει ένα μοντέλο, το οποίο θα αντιστοιχίζει τα δεδομένα σε μία

ή περισσότερες (multi-label ταξινόμηση) κλάσεις. Αυτό συνήθως εμπίπτει στην επιτηρούμενη μάθηση. Τα φίλτρα Spam είναι ένα παράδειγμα ταξινόμησης, όπου οι εισόδοι είναι τα emails ή άλλα μηνύματα και οι κλάσεις είναι "spam" και "όχι spam".

- Στην παλινδρόμηση, επίσης πρόβλημα επιτηρούμενης μάθησης, τα αποτελέσματα είναι συνεχή και όχι διακριτά.
- Στην συσταδοποίηση, ένα σύνολο εισόδων πρόκειται να χωριστεί σε ομάδες. Σε αντίθεση με την ταξινόμηση, οι ομάδες δεν είναι γνωστές εκ των προτέρων, καθιστώντας αυτόν τον διαχωρισμό τυπική εργασία μη επιτηρούμενης μάθησης.
- Στην εκτίμηση πυκνότητας βρίσκει την κατανομή των δεδομένων εισόδου σε κάποιο χώρο.
- Σε προβλήματα μείωσης διαστασιμότητας (dimensionality reduction), τα δεδομένα απλοποιούνται και αντιστοιχίζονται σε ένα χώρο λιγότερων διαστάσεων. Το στατιστικό μοντέλο θεμάτων (Topic modeling) είναι ένα σχετικό πρόβλημα, όπου η μηχανή καλείται να βρει έγγραφα που καλύπτουν παρόμοια θέματα από ένα σύνολο εγγράφων γραμμένων σε φυσική γλώσσα.



## Αλγόριθμοι Μηχανικής Μάθησης

Σε γενικές γραμμές, υπάρχουν 3 τύποι Machine Learning Αλγόριθμοι:

### 1. Supervised Learning

Πώς λειτουργεί: Ο αλγόριθμος αυτός αποτελείται από μεταβλητή στόχου / έκβασης (ή εξαρτημένη μεταβλητή), η οποία πρόκειται να προβλεφθεί από ένα δεδομένο σύνολο προγνωστικών παραγόντων (ανεξάρτητες μεταβλητές). Χρησιμοποιώντας αυτό το σύνολο μεταβλητών, παράγεται μια μέθοδος που καθορίζει τις εισόδους σε επιθυμητές εξόδους. Η εκπαιδευτική διαδικασία συνεχίζεται μέχρις ότου το μοντέλο επιτύχει ένα επιθυμητό επίπεδο ακρίβειας των δεδομένων εκπαίδευσης. Παραδείγματα Supervised Learning: Regression, Decision Tree, Random Forest, KNN, Logistic Regression κτλ.

### 2. Unsupervised Learning

Πώς λειτουργεί: Σε αυτόν τον αλγόριθμο, δεν έχουμε καμία μεταβλητή στόχου ή αποτελέσματος για την πρόβλεψη / εκτίμηση. Χρησιμοποιείται για ομαδοποίηση πληθυσμού σε διαφορετικές ομάδες, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως για την κατάτμηση πελατών σε διαφορετικές ομάδες για συγκεκριμένη παρέμβαση. Παραδείγματα Μάθησης χωρίς επίβλεψη: Apriori algorithm, K-means.

### 3. Reinforcement Learning:

Πώς λειτουργεί: Χρησιμοποιώντας αυτόν τον αλγόριθμο, η μηχανή έχει εκπαιδευτεί να παίρνει συγκεκριμένες αποφάσεις. Λειτουργεί με αυτόν τον τρόπο: η μηχανή εκτίθεται σε ένα περιβάλλον όπου η ίδια εκπαιδευεται συνεχώς χρησιμοποιώντας δοκιμή και σφάλμα. Αυτό το μηχανήμα μαθαίνει από την εμπειρία του παρελθόντος και προσπαθεί να συλλάβει την καλύτερη δυνατή γνώση για να πάρει ακριβείς επιχειρηματικές αποφάσεις. Παράδειγμα Ενισχυτικής Μάθησης: Markov Decision Process.

Παρακάτω παρουσιάζεται μια λίστα των πιο διαδεδομένων machine learning αλγορίθμων:

1. Linear Regression
2. Logistic Regression
3. Decision Tree
4. SVM
5. Naive Bayes

6. KNN
7. K-Means
8. Random Forest
9. Dimensionality Reduction Algorithms
10. Gradient Boost & Adaboost

### Linear Regression

Χρησιμοποιείται για την εκτίμηση πραγματικών τιμών (κόστος σπιτιών, τον αριθμό των κλήσεων, οι συνολικές πωλήσεις κ.λπ.) βασισμένη σε συνεχείς μεταβλητές. Εδώ, έχουμε δημιουργήσει σχέσεις μεταξύ ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών με την τοποθέτηση μιας καλύτερης γραμμής. Η πιο κατάλληλη γραμμή είναι γνωστή ως γραμμή παλινδρόμησης και αντιπροσωπεύεται από τη γραμμική εξίσωση  $Y = a * X + b$ .

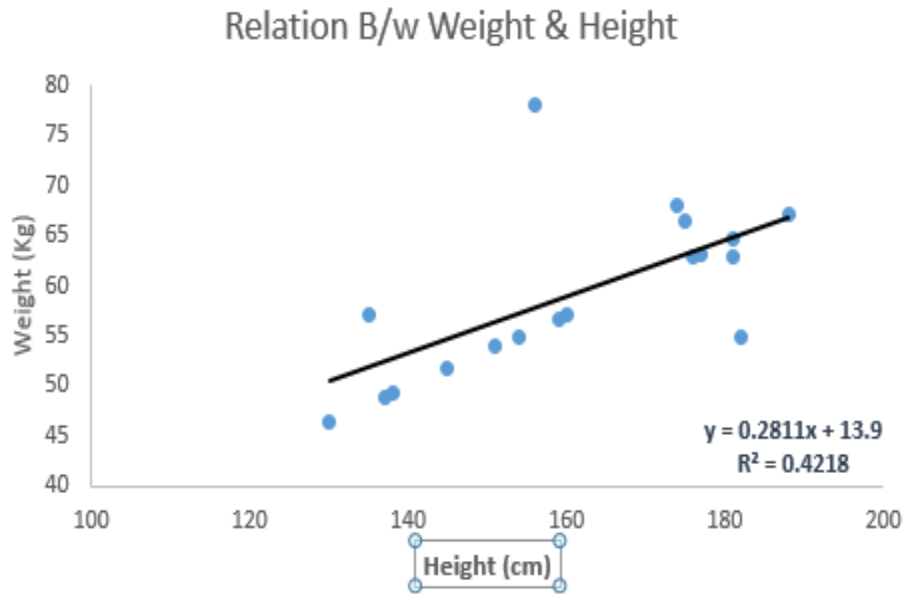
Ο καλύτερος τρόπος για να κατανοήσουμε τη γραμμική παλινδρόμηση είναι με το να ξαναζήσουμε την εμπειρία της παιδικής ηλικίας. Ας πούμε, εάν θέταμε ένα παιδί στην πέμπτη τάξη δημοτικού να οργανώσει τους συμμαθητές στην τάξη του κατά αύξουσα σειρά βάρους, χωρίς αν ξέρει όμως όντως το βάρος τους! Τι νομίζετε ότι το παιδί θα κάνει; Αυτός / αυτή πιθανότατα να αναλύσει οπτικά το ύψος και την σωματοδομή των ανθρώπων και να τους οργανώσει χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό αυτών των ορατών παραμέτρων. Αυτό είναι η γραμμική παλινδρόμηση στην πραγματική ζωή! Το παιδί έχει καταλάβει ότι το ύψος και η δομή του σώματος συσχετίζονται με το βάρος από μια σχέση, η οποία μοιάζει με την παραπάνω εξίσωση.

Σε αυτήν την εξίσωση:

- $Y$  - εξαρτημένη μεταβλητή
- $a$  - Κλίση
- $X$  - Ανεξάρτητη μεταβλητή
- $b$  - Σημείο τομής

Αυτοί οι συντελεστές  $a$  και  $b$  παράγονται με βάση την ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των τετραγώνων διαφοράς της απόστασης μεταξύ των σημείων δεδομένων και γραμμής παλινδρόμησης.

Κοιτάξτε το παρακάτω παράδειγμα. Εδώ έχουμε εντοπίσει την καλύτερη προσαρμογή της γραμμής που έχει γραμμική εξίσωση  $y = 0.2811x + 13.9$ . Τώρα, χρησιμοποιώντας αυτή την εξίσωση, μπορούμε να βρούμε το βάρος, γνωρίζοντας το ύψος ενός ατόμου.



Η Γραμμική Παλινδρόμηση είναι κυρίως δύο ειδών: Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση και πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση. Απλή γραμμική παλινδρόμηση χαρακτηρίζεται από μία ανεξάρτητη μεταβλητή. Και, πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (όπως υποδηλώνει το όνομα) χαρακτηρίζεται από πολλαπλές (πάνω από 1) ανεξάρτητες μεταβλητές. Καθώς βρίσκουμε μια καλύτερα προσαρμοσμένη γραμμή, μπορούμε να ορίσουμε ένα πολυώνυμο ή μια καμπυλόγραμμη παλινδρόμηση. Και αυτά είναι γνωστά ως πολυωνυμική ή καμπυλόγραμμη παλινδρόμηση.

### Logistic Regression

Είναι ένας αλγόριθμος ταξινόμησης και όχι παλινδρόμησης. Χρησιμοποιείται για την εκτίμηση διακριτών τιμών (δυναδικές τιμές, όπως 0/1, ναι / όχι, σωστό / λάθος) βασισμένος σε ένα δεδομένο σύνολο ανεξάρτητων μεταβλητών. Με απλά λόγια, προβλέπει την πιθανότητα εμφάνισης ενός γεγονότος με προσαρμογή των δεδομένων σε **συνάρτηση logit**. Ως εκ τούτου, είναι επίσης γνωστό ως **logit regression**. Επειδή, προβλέπει την πιθανότητα, οι τιμές εξόδου του κυμαίνονται μεταξύ 0 και 1 (όπως αναμενόταν).

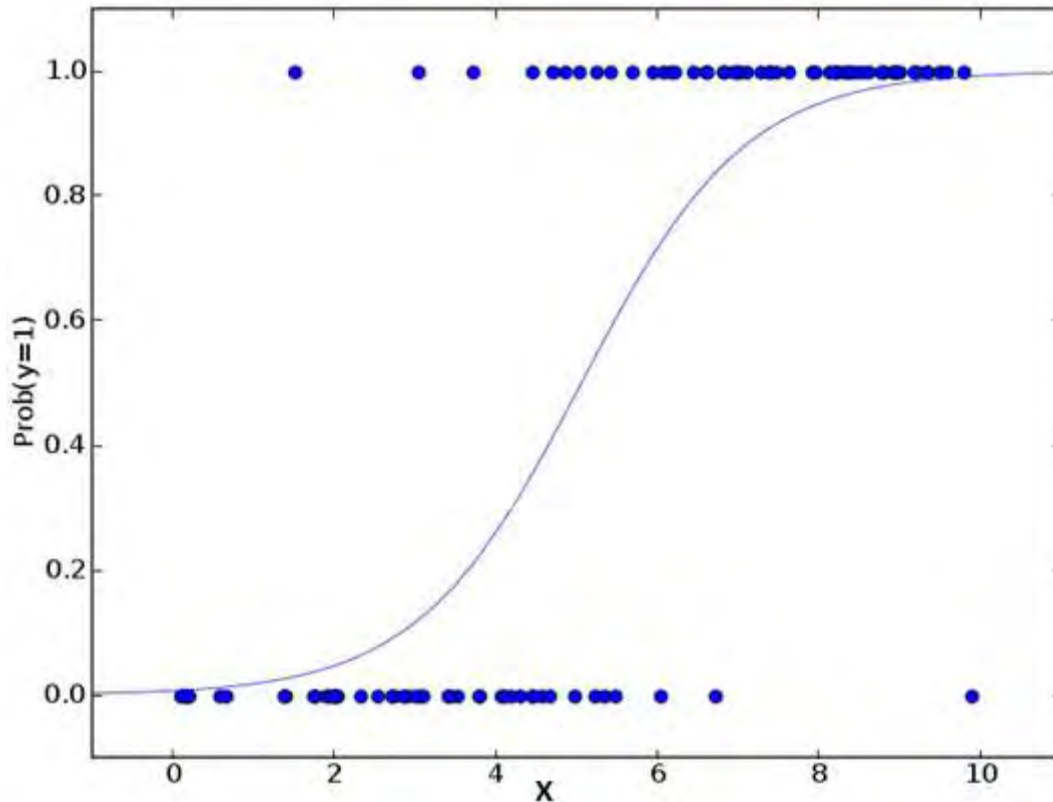
Και πάλι, ας προσπαθήσουμε να κατανοήσουμε καλύτερα μέσα από ένα απλό παράδειγμα.

Ας πούμε ότι ο φίλος σας, σας δίνει ένα παζλ να επιλύσετε. Υπάρχουν μόνο 2 σενάρια έκβασης - είτε να το λύσουμε είτε όχι. Τώρα φανταστείτε ότι σας δίνεται ευρεία γκάμα παζλ / κουίζ, σε μια προσπάθεια να κατανοήσετε σε ποια θέματα είστε καλοί. Η έκβαση αυτής της μελέτης θα είναι κάτι σαν αυτό - αν σας δίνεται ένα πρόβλημα τριγωνομετρίας δέκατης τάξης, θα είναι 70% πιθανό να το λύσετε. Από την άλλη πλευρά, αν είναι ερώτηση ιστορίας πέμπτης τάξης, η πιθανότητα του



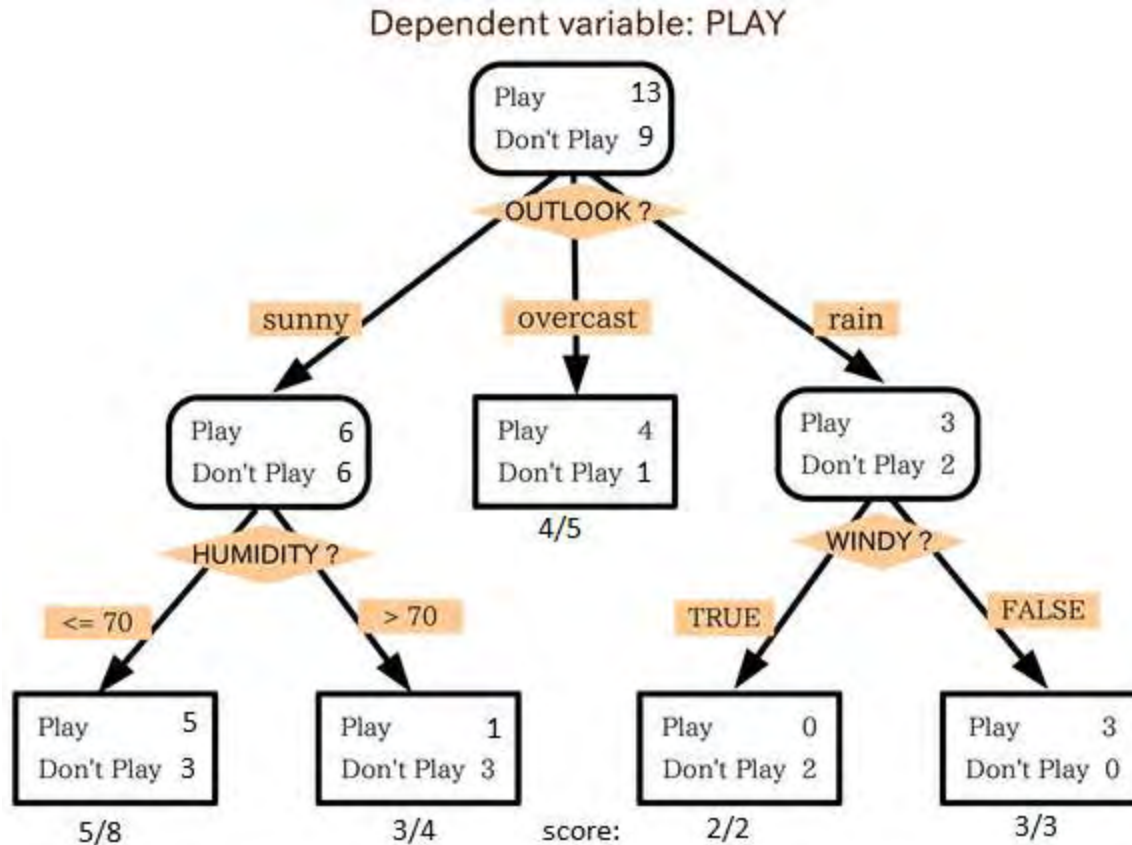
να δώσετε μια απάντηση είναι μόνο 30%. Αυτό είναι τι σας παρέχει ο Logistic Regression αλγόριθμος.

Ερχόμενοι με τα μαθηματικά, οι πιθανότητες καταγραφής του αποτελέσματος διαμορφώνεται ως γραμμικός συνδυασμός των μεταβλητών πρόβλεψης.



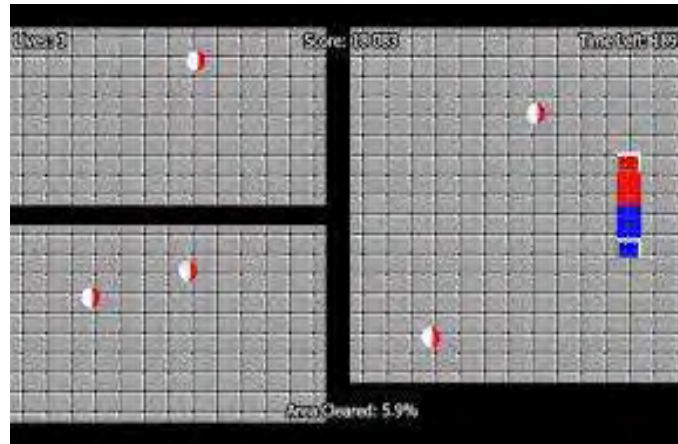
### Decision Tree

Αυτός ο αλγόριθμος χρησιμοποιείται αρκετά συχνά. Είναι το είδος των εποπτευόμενων αλγορίθμων μάθησης που χρησιμοποιούνται κυρίως για προβλήματα ταξινόμησης. Παραδόξως, αυτό λειτουργεί για απόλυτες και συνεχείς εξαρτημένες μεταβλητές. Σε αυτόν τον αλγόριθμο, χωρίζουμε τον πληθυσμό σε δύο ή περισσότερες ομοιογενείς ομάδες. Αυτό γίνεται με βάση τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά / ανεξάρτητες μεταβλητές για να δημιουργηθούν όσο πιο διακριτές ομάδες γίνεται.



Στην παραπάνω εικόνα, μπορείτε να δείτε ότι ο πληθυσμός ταξινομείται σε τέσσερις διαφορετικές ομάδες με βάση πολλαπλές ιδιότητες για τον εντοπισμό του «εάν θα παίξουν ή όχι». Για να χωρίσει τον πληθυσμό σε διάφορες ετερογενείς ομάδες, χρησιμοποιεί διάφορες τεχνικές όπως Gini, πληροφορίες Gain, Chi-square, εντροπία.

Ο καλύτερος τρόπος για να κατανοήσουμε πώς λειτουργεί το δέντρο απόφασης, είναι να παίξουμε Jezzball - ένα κλασικό παιχνίδι από τη Microsoft (εικόνα κάτω). Ουσιαστικά, έχετε ένα δωμάτιο με κινούμενους τοίχους και θα πρέπει να δημιουργήσετε τοίχους έτσι ώστε η μέγιστη περιοχή να καθαριστεί από τις μπάλες.

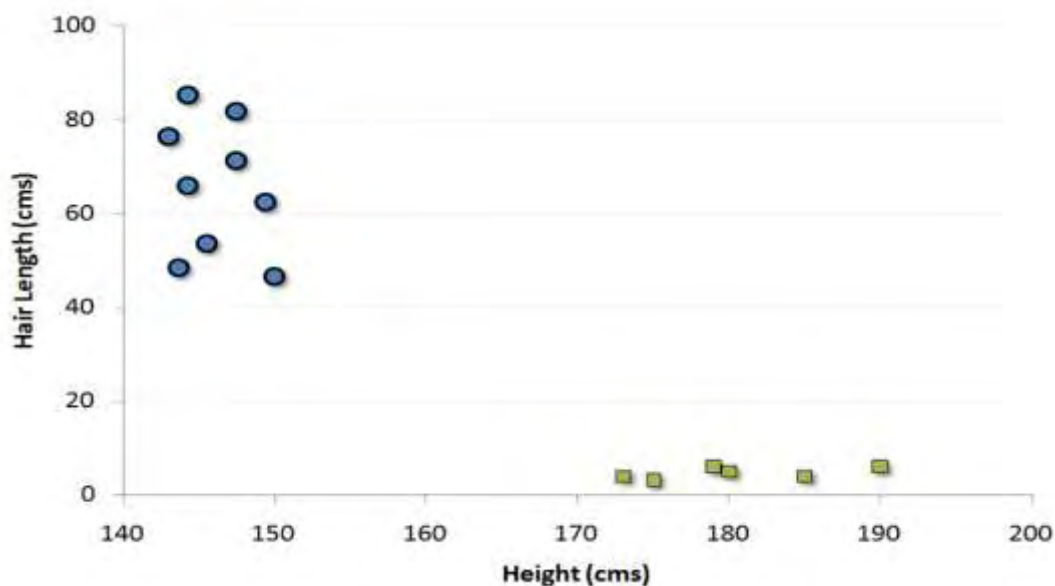


Έτσι, κάθε φορά που θα χωρίσει το δωμάτιο με έναν τοίχο, προσπαθείτε να δημιουργήσετε 2 διαφορετικούς πληθυσμούς μέσα στο ίδιο δωμάτιο. Τα δέντρα απόφασης εργάζονται σε πολύ παρόμοιο τρόπο με τη διαίρεση του πληθυσμού σε όσο το δυνατόν διαφορετικές ομάδες γίνεται.

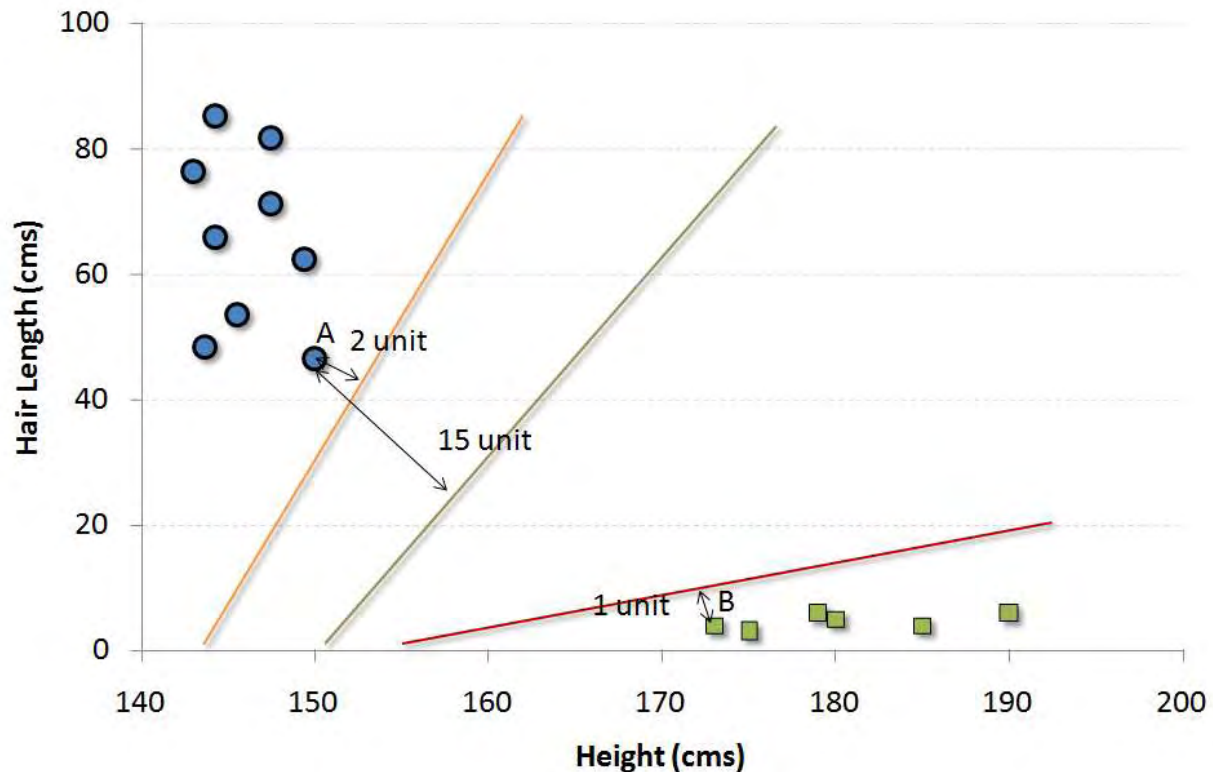
### SVM (Support Vector Machine)

Είναι μια μέθοδος ταξινόμησης. Σε αυτόν τον αλγόριθμο, σχεδιάζουμε κάθε στοιχείο δεδομένων ως σημείο σε χώρο  $n$ -διαστάσεων (όπου  $n$  είναι ο αριθμός από χαρακτηριστικά που έχουμε) με την αξία του κάθε χαρακτηριστικού να είναι η αξία ενός μιας συγκεκριμένης συντεταγμένης.

Για παράδειγμα, αν είχαμε μόνο δύο χαρακτηριστικά, όπως το ύψος και το μήκος των μαλλιών ενός ατόμου, θα σχεδιάσαμε πρώτα αυτές τις δυο μεταβλητές σε δυοδιάστατο χώρο όπου το κάθε σημείο έχει δύο συντεταγμένες (αυτές οι συντεταγμένες είναι γνωστές ως **Support Vectors**).



Τώρα, θα βρούμε κάποια γραμμή που να χωρίζει τα δεδομένα μεταξύ των δύο διαφορετικά διαβαθμισμένων ομάδων δεδομένων. Αυτή θα είναι μια γραμμή τέτοια ώστε οι αποστάσεις από το πλησιέστερο σημείο σε κάθε μία από τις δύο ομάδες να είναι πιο μακριά.

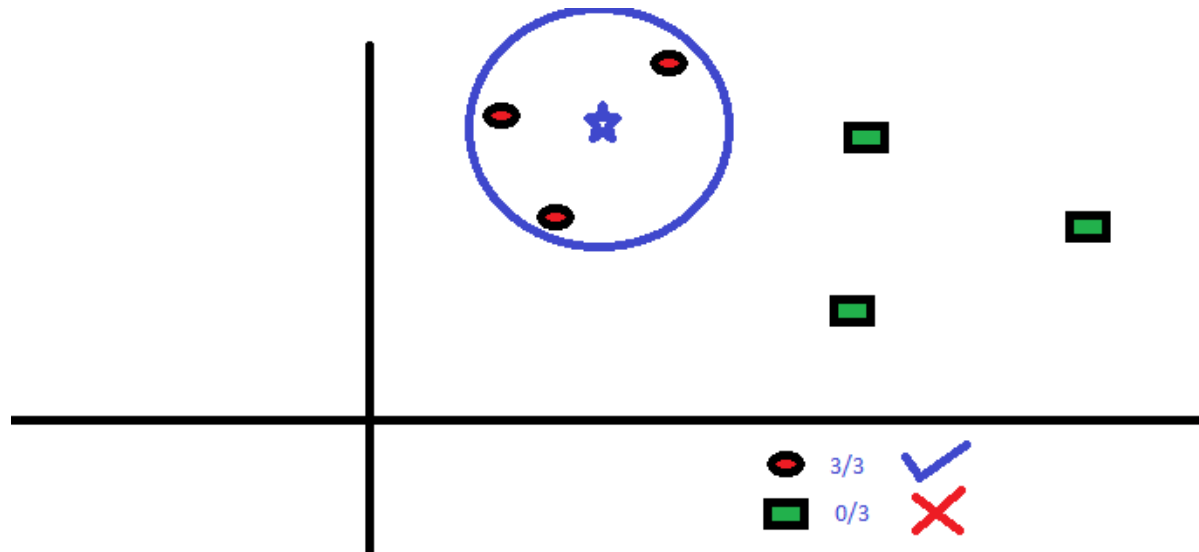


Στο παραπάνω παράδειγμα, η γραμμή που χωρίζει τα δεδομένα σε δύο διαφορετικά διαβαθμισμένες ομάδες είναι η *μαύρη* γραμμή, δεδομένου ότι οι δύο πλησιέστερα σημεία είναι τα πιο μακρινά από τη γραμμή. Αυτή η γραμμή είναι ο ταξινομητής μας.

### KNN (K- Nearest Neighbors)

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για προβλήματα ταξινόμησης και για παλινδρόμησης. Ωστόσο, χρησιμοποιείται ευρύτερα σε προβλήματα ταξινόμησης στον κλάδο. K πλησιέστεροι γείτονες είναι ένας απλός αλγόριθμος που αποθηκεύει όλες τις διαθέσιμες περιπτώσεις και ταξινομεί νέες περιπτώσεις από την πλειοψηφία των k γειτόνων της. Η υπόθεση που έχει ανατεθεί στην τάξη είναι πιο συχνή μεταξύ των K κοντινότερους γείτονες του που μετράται από μια συνάρτηση απόστασης.

Αυτές οι συναρτήσεις απόστασης μπορεί να είναι Ευκλείδεια, Μανχάταν, Minkowski και απόσταση Hamming. Οι τρεις πρώτες χρησιμοποιούνται για συνεχείς συναρτήσεις και η τέταρτη (Hamming) για τις κατηγορικές μεταβλητές. Αν  $K = 1$ , τότε η περίπτωση απλά κατατάσσεται στην κατηγορία του πλησιέστερου γείτονά της. Κατά καιρούς, επιλέγοντας  $K$  αποδεικνύεται ότι είναι μια πρόκληση κατά την εκτέλεση KNN μοντελοποίησης.

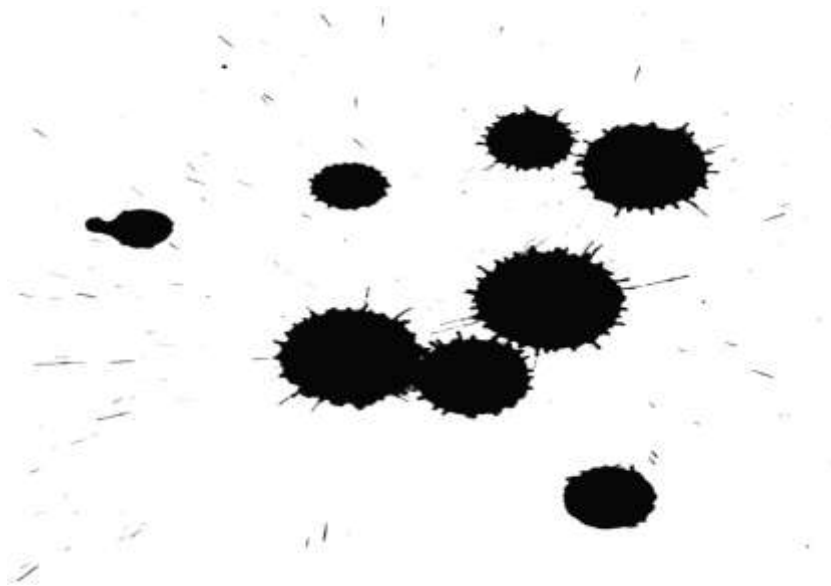


Ο KNN μπορεί εύκολα να αντιστοιχίζεται στην πραγματική ζωή μας. Αν θέλετε να μάθετε για ένα άτομο, για τον οποίο δεν έχετε καμία πληροφορία, ίσως θα θέλατε να μάθετε για τους στενούς φίλους του και τους κύκλους που κινείται μέσα και να αποκτήσετε με αυτόν τον τρόπο πρόσβαση σε πληροφορίες του / της όπως φαίνεται σχηματικά και στην εικόνα παραπάνω.

### K-Means

Είναι ένας τύπος αλγορίθμου χωρίς επίβλεψη που λύνει το πρόβλημα ομαδοποίησης. Η Διαδικασία του ακολουθεί έναν απλό και εύκολο τρόπο για να χαρακτηρίσει ένα σύνολο δεδομένων μέσα από ένα ορισμένο αριθμό συστάδων (υποθέτουμε  $k$  clusters). Τα σημεία των δεδομένων μέσα σε ένα σύμπλεγμα είναι ομοιογενείς και ετερογενείς σε peer ομάδες.

Θυμηθείτε όταν προσπαθείτε να εντοπίσετε σχήματα από κηλίδες μελανιού. K means είναι κάπως παρόμοιο με αυτήν την δραστηριότητα. Κοιτάς το σχήμα και την εξάπλωση του για να ορίσεις πόσες διαφορετικές συστάδες / πληθυσμοί είναι παρόντες όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



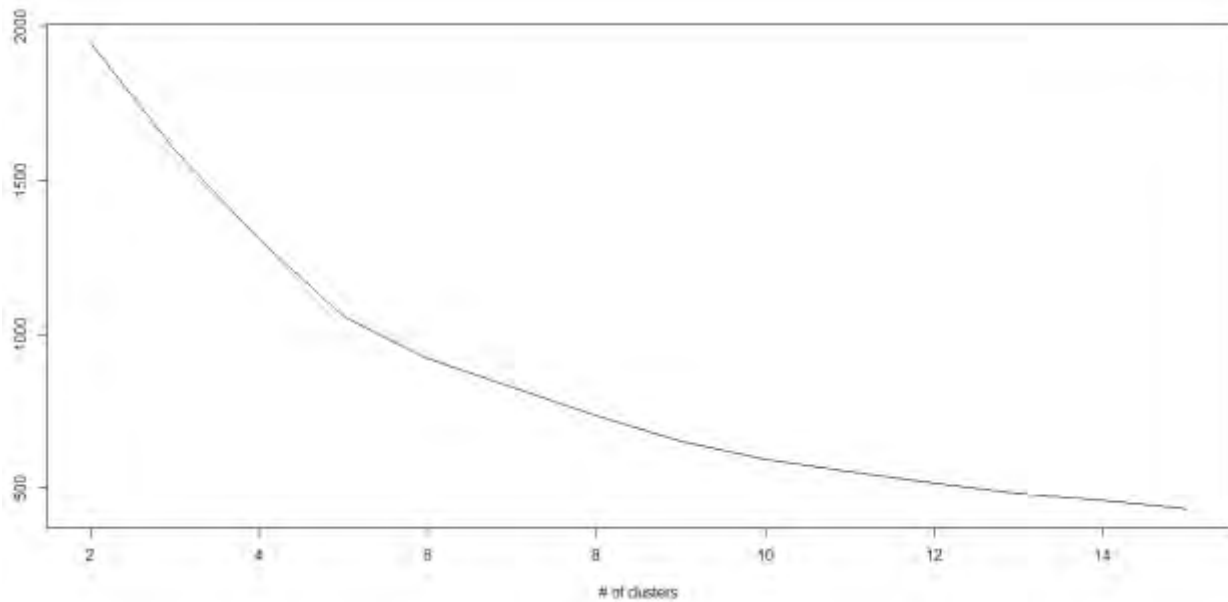
Πώς ο K-means δημιουργεί συστάδες:

1. Ο K-means παίρνει τον αριθμό  $k$  των σημείων για κάθε συστάδα που είναι γνωστή ως κέντρα βάρους.
2. Κάθε σημείο δεδομένων σχηματίζει ένα σύμπλεγμα με τα πλησιέστερα κέντρα βάρους, δηλαδή  $k$  clusters.
3. Βρίσκει το κέντρο βάρους της κάθε ομάδας με βάση τα υπάρχοντα μέλη του cluster. Εδώ έχουμε νέα κέντρα βάρους.
4. Αφού έχουμε νέα κέντρα βάρους, επαναλάβετε το βήμα 2 και 3. Βρείτε την πλησιέστερη απόσταση για κάθε σημείο δεδομένων από τα νέα κέντρα βάρους.

**Πώς καθορίζεται η αξία του  $K$ :**

Στον K-means, έχουμε συστάδες και κάθε συστάδα έχει το δικό του κέντρο βάρους. Άθροισμα των τετραγωνικών της διαφοράς μεταξύ του κέντρου βάρους και των σημείων δεδομένων μέσα σε ένα σύμπλεγμα αποτελεί εσωτερικό άθροισμα των τετραγωνικών αξίας για το εν λόγω σύμπλεγμα.

Γνωρίζουμε ότι καθώς ο αυξάνεται ο αριθμός των συμπλεγμάτων, αυτή η τιμή συνεχίζει να μειώνεται, αλλά αν σχεδιάσετε το αποτέλεσμα μπορεί να δείτε ότι το άθροισμα των τετραγώνων των αποστάσεων μειώνεται απότομα μέχρι κάποια τιμή του  $k$ , και στη συνέχεια πολύ πιο αργά μετά από αυτό. Εδώ, μπορούμε να βρούμε το βέλτιστο αριθμό των συστάδων.



### Random Forest

Τυχαίο Δάσος είναι ένας όρος για ένα σύνολο δέντρων απόφασης. Στο Τυχαίο Δάσος, έχουμε συλλογή από δέντρα απόφασης (έτσι είναι γνωστός ως "Δάσος"). Για να χαρακτηρίσει ένα νέο αντικείμενο βασισμένο σε χαρακτηριστικά, κάθε δέντρο δίνει μια ταξινόμηση και λέμε ότι Το δέντρο "ψηφίζει" υπέρ αυτής της κατηγορίας. Το δάσος επιλέγει την ταξινόμηση που έχει τις περισσότερες ψήφους.

Κάθε δέντρο φυτεύεται και καλλιεργείται ως εξής:

1. Εάν ο αριθμός των περιπτώσεων στο σύνολο εκπαίδευσης είναι  $N$ , τότε το δείγμα των  $N$  περιπτώσεων λαμβάνεται τυχαία, αλλά με αντικατάσταση. Το δείγμα αυτό θα είναι η εκπαίδευση για την καλλιέργεια του δέντρου.
2. Εάν υπάρχουν μεταβλητές εισόδου  $M$ , ένας αριθμός  $m \ll M$  καθορίζεται έτσι ώστε σε κάθε κόμβο, οι μεταβλητές  $m$  επιλέγονται τυχαία από το  $M$  και το καλύτερο διαχωριστικό σε αυτά  $m$  χρησιμοποιείται για να χωρίσει το κόμβο. Η τιμή του  $m$  διατηρείται σταθερή κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας των δασών.
3. Κάθε δέντρο καλλιεργείται στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό. Δεν υπάρχει κλάδεμα.

## Dimensionality Reduction Algorithms

Κατά τα τελευταία 4-5 χρόνια, έχει υπάρξει μια εκθετική αύξηση στην καταγραφή των δεδομένων σε κάθε δυνατό στάδιο. Επιχειρήσεις / Κυβερνητικά Γραφεία / ερευνητικοί οργανισμοί δεν έρχονται μόνο με νέες πηγές, αλλά επίσης συλλέγουν δεδομένα με μεγάλη λεπτομέρεια.

Για παράδειγμα: οι εταιρείες ηλεκτρονικού εμπορίου λαμβάνουν περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τον πελάτη, όπως τα δημογραφικά στοιχεία τους, την ιστορία του web crawling, τι τους αρέσει ή τι αντιπαθούν, ιστορικό αγορών.

## Gradient Boosting & AdaBoost

GBM & AdaBoost είναι αλγόριθμοι boosting που χρησιμοποιούνται όταν έχουμε να κάνουμε με πολλά στοιχεία για να κάνει μια πρόβλεψη με υψηλή προγνωστική ισχύ. Ενίσχυση της είναι ένα σύνολο αλγόριθμο μάθησης που συνδυάζει την πρόβλεψη πολλών εκτιμητές βάσης, προκειμένου να βελτιωθεί η αντοχή πάνω από ένα εκτιμητή. Συνδυάζει πολλαπλά αδύναμους ή μέτριους προγνωστικούς παράγοντες για να δημιουργήσει έναν ισχυρό προγνωστικό παράγοντα. Αυτοί οι boosting αλγόριθμοι πάντα λειτουργούν πολύ καλά σε διαγωνισμούς επιστημονικών δεδομένων όπως Kaggle, AV Hackathon, CrowdAnalytix.

## **O Machine Learning Αλγόριθμος Naïve Bayes**

Ο Naïve Bayes αποτελεί έναν από τους πιο αποτελεσματικούς και αποδοτικούς επαγωγικούς ταξινομητές μηχανικής μάθησης. Η ανταγωνιστική του παρουσία είναι απροσδόκητη εξαιτίας των απλουστευμένων παραδοχών στις οποίες στηρίζεται. Είναι μια τεχνική ταξινόμησης με βάση το θεώρημα του Bayes με την υπόθεση της ανεξαρτησίας μεταξύ των προγνωστικών. Με απλά λόγια, μια Naïve Bayes ταξινομητής υποθέτει ότι η παρουσία ενός ιδιαίτερου χαρακτηριστικού σε μια τάξη είναι άσχετη με την παρουσία οποιουδήποτε άλλου χαρακτηριστικού. Για παράδειγμα, ένα φρούτο μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι ένα μήλο αν είναι κόκκινο, στρογγυλό, και περίπου 3 ίντσες σε διάμετρο. Ακόμη και αν αυτά τα χαρακτηριστικά εξαρτώνται μεταξύ τους ή από την ύπαρξη των άλλων χαρακτηριστικών, όλες αυτές οι ιδιότητες συμβάλλουν ανεξάρτητα στην πιθανότητα ότι αυτό το φρούτο είναι ένα μήλο και γι 'αυτό είναι γνωστό ως «Naïve».

Το Naïve Bayes μοντέλο είναι εύκολο να δημιουργηθεί και ιδιαίτερα χρήσιμο για τα πολύ μεγάλα σύνολα δεδομένων. Μαζί με την απλότητα, ο Naïve Bayes είναι γνωστός να ξεπερνάει ακόμη και πολύ εξελιγμένες μεθόδους ταξινόμησης.

Το θεώρημα Bayes παρέχει έναν τρόπο υπολογισμού μεταγενέστερης πιθανότητας  $P(C | x)$   $P(c)$ ,  $P(x)$  και  $P(x | c)$ . Κοιτάμε την παρακάτω εξίσωση:



$$P(c|x) = \frac{P(x|c)P(c)}{P(x)}$$

Likelihood
Class Prior Probability  
Posterior Probability
Predictor Prior Probability

$$P(c|X) = P(x_1|c) \times P(x_2|c) \times \dots \times P(x_n|c) \times P(c)$$

Από πάνω:

- $P(c|x)$  είναι η μεταγενέστερη πιθανότητα κλάσης ( $c$ , στόχος) που δίνεται προγνωστικός ( $x$ , χαρακτηριστικά).
- $P(c)$  είναι η προηγούμενη πιθανότητα της κλάσης.
- $P(x)$  είναι η προηγούμενη πιθανότητα του *predictor*.

### **Ο τρόπος που λειτουργεί ο Naïve Bayes Αλγόριθμος**

Ας το καταλάβουμε, χρησιμοποιώντας ένα παράδειγμα. Παρακάτω έχω ένα σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης του καιρού και αντίστοιχη μεταβλητή στόχου «Play» (που υποδηλώνει δυνατότητες να παίξει). Τώρα, χρειαζόμαστε να χαρακτηρίσουμε το αν οι παίκτες θα παίξουν ή όχι με βάση τις καιρικές συνθήκες. Ας ακολουθήσουμε τα παρακάτω βήματα για να το εκτελέσει.

Βήμα 1: Μετατροπή των δεδομένων σε έναν πίνακα συχνότητας

Βήμα 2: Δημιουργία πίνακα Πιθανότητας από την εύρεση των πιθανοτήτων, όπως πιθανότητα Συννεφιάς = 0,29 και την πιθανότητα του παιχνιδιού να είναι 0,64.

Weather	Play
Sunny	No
Overcast	Yes
Rainy	Yes
Sunny	Yes
Sunny	Yes
Overcast	Yes
Rainy	No
Rainy	No
Sunny	Yes
Rainy	Yes
Sunny	No
Overcast	Yes
Overcast	Yes
Rainy	No

Frequency Table		
Weather	No	Yes
Overcast		4
Rainy	3	2
Sunny	2	3
Grand Total	5	9

Likelihood table				
Weather	No	Yes		
Overcast		4	=4/14	0.29
Rainy	3	2	=5/14	0.36
Sunny	2	3	=5/14	0.36
All	5	9		
	=5/14	=9/14		
	0.36	0.64		

Βήμα 3: Τώρα, χρησιμοποιούμε τη Naive Bayesian εξίσωση για τον υπολογισμό της προηγούμενης πιθανότητας για κάθε κατηγορία. Η κλάση με την υψηλότερη προηγούμενη πιθανότητα είναι το αποτέλεσμα της πρόβλεψης.

**Πρόβλημα:** Οι παίκτες θα παίξουν, αν ο καιρός είναι ηλιόλουστος. Είναι αυτή η δήλωση σωστή;

Μπορούμε να το λύσουμε χρησιμοποιώντας την μέθοδο της προηγούμενης πιθανότητας που συζητήσαμε παραπάνω.

$$P(\text{Ναι} | \text{Ήλιος}) = P(\text{Ήλιος} | \text{Ναι}) * P(\text{Ναι}) / P(\text{Ήλιος})$$

$$\text{Εδώ έχουμε } P(\text{Ήλιος} | \text{Ναι}) = 3/9 = 0,33, P(\text{Ήλιος}) = 5/14 = 0,36, P(\text{Ναι}) = 9/14 = 0,64$$

Τώρα,  $P(\text{Ναι} | \text{Ήλιος}) = 0,33 * 0,64 / 0,36 = 0,60$ , το οποίο έχει μεγαλύτερη πιθανότητα.

Ο Naive Bayes χρησιμοποιεί μια παρόμοια μέθοδο για να προβλέψει την πιθανότητα διαφορετικής κατηγορίας, με βάση διάφορες ιδιότητες.

## Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα του Αλγορίθμου Naïve Bayes

### Πλεονεκτήματα:

- Είναι εύκολο και γρήγορο να προβλέψουμε κατηγορία από το σύνολο δεδομένων δοκιμής. Επίσης, έχουν καλές επιδόσεις στην πρόβλεψη πολλαπλών κλάσεων.

- Όταν η υπόθεση της ανεξαρτησίας είναι σε αναμονή, ο Naïve Bayes ταξινομητής αποδίδει καλύτερα σε σύγκριση με άλλα μοντέλα, όπως logistic regression καθώς χρειάζεται λιγότερα δεδομένα εκπαίδευσης.
- Λειτουργεί με μεγάλη επιτυχία σε περίπτωση σύγκρισης κατηγορικών μεταβλητών εισόδου με αριθμητικές μεταβλητές. Για αριθμητική μεταβλητή, θεωρείται κανονική κατανομή.

#### Μειονεκτήματα:

- Αν μια κατηγορική μεταβλητή έχει μια κατηγορία (στο σύνολο δεδομένων δοκιμής), η οποία δεν παρατηρήθηκε στο σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης, τότε το μοντέλο θα ορίσει μια 0 (μηδενική) πιθανότητα και δε θα είναι σε θέση να κάνει μια πρόβλεψη. Αυτή είναι συχνά γνωστή ως «μηδενική συχνότητα». Για να λυθεί αυτό, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την τεχνική εξομάλυνσης. Μια από τις απλούστερες τεχνικές εξομάλυνσης ονομάζεται εκτίμηση Laplace.
- Ένας άλλος περιορισμός του Naïve Bayes είναι η υπόθεση των ανεξάρτητων προγνωστικών. Στην πραγματικότητα, είναι σχεδόν αδύνατο να έχουμε μια σειρά από παράγοντες πρόβλεψης οι οποίοι είναι εντελώς ανεξάρτητοι μεταξύ τους.

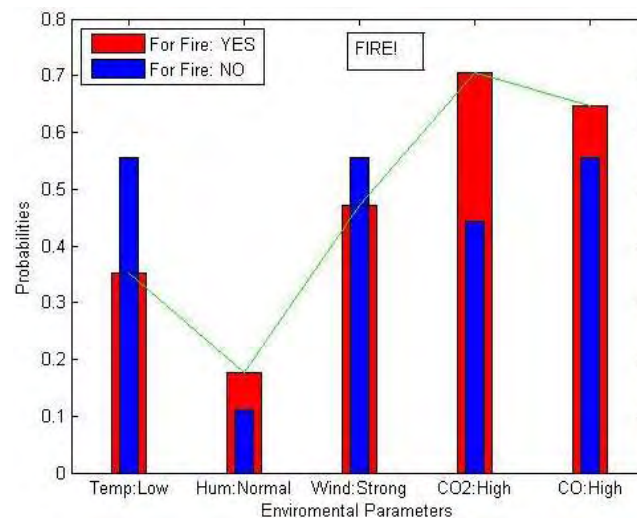
#### Τέσσερις Εφαρμογές του Αλγορίθμου Naïve Bayes

- **Πρόβλεψη σε πραγματικό Χρόνο:** Ο Naïve Bayes είναι ταξινομητής πρόθυμος για εκμάθηση και είναι σίγουρα πολύ γρήγορος. Έτσι, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την πραγματοποίηση προβλέψεων σε πραγματικό χρόνο.
- **Πρόβλεψη πολλαπλών Κλάσεων:** Ο αλγόριθμος αυτός είναι επίσης γνωστός για το χαρακτηριστικό της πρόβλεψης πολλαπλών κλάσεων. Εδώ μπορούμε να προβλέψουμε την πιθανότητα πολλαπλών κλάσεων των μεταβλητών στόχου.
- **Ταξινόμηση κειμένου / Spam Filtering / Sentiment Analysis:** Ο Naïve Bayes ταξινομητής χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον στην ταξινόμηση κειμένου, στο φιλτράρισμα Spam αλληλογραφίας, καθώς επίσης και στην ανάλυση συναισθήματος (στην ανάλυση των κοινωνικών μέσων μαζικής ενημέρωσης, για την αναγνώριση των θετικών και αρνητικών συναισθημάτων του πελάτη). Αυτό όμως δεν συνεπάγεται ότι δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μεγάλη επιτυχία και σε διαφορετικού είδους προβλήματα.
- **Σύστημα Σύστασης:** Ο Naïve Bayes ταξινομητής και ο Collaborative Filtering μαζί χτίζουν ένα σύστημα σύστασης που χρησιμοποιεί τεχνικές μηχανικής μάθησης και εξόρυξης δεδομένων για να φιλτράρονται πληροφορίες που δεν έχουμε ξαναεντοπίσει και για να προβλέψει αν ένας χρήστης θα ήθελε ένα συγκεκριμένο πόρο ή όχι.

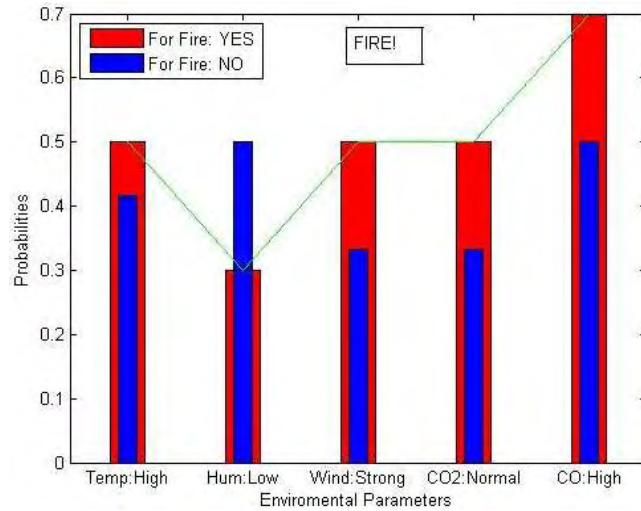
## Παλαιότερη Χρήση του Αλγορίθμου σε εργασία

Καθώς λοιπόν όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως ο Naïve Bayes αλγόριθμος είναι πολύ διαδεδομένος και έχει πολλά πλεονεκτήματα θα ήθελα να παρουσιάσω εν συντομία μια εφαρμογή του που έχω κάνει σε μία εργασία.

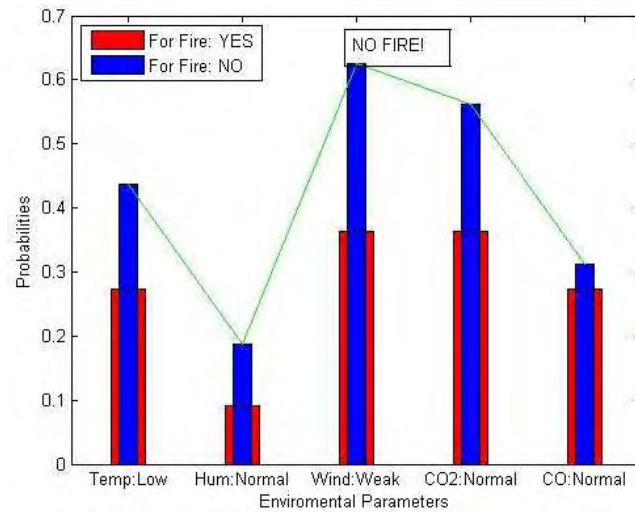
Ο τρόπος χρήσης του ήταν να έχουμε διάφορους ασύρματους σένσορες διασκορπισμένους μέσα σε ένα δάσος δημιουργώντας έτσι ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων, το οποίο έχουμε ήδη παρουσιάσει προηγουμένως για το πώς λειτουργεί. Έτσι λοιπόν αυτοί οι σένσορες οι οποίοι λαμβάνουν τιμές για την Θερμοκρασία, την Υγρασία, τον Άνεμο, το CO<sub>2</sub> καθώς και το CO και οι οποίες αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων με ταξινομημένο τρόπο ανά κάποιο χρονικό διάστημα το οποίο είχαμε ορίσει εμείς για παράδειγμα κάθε 1 λεπτό. Το αποτέλεσμα που θέλαμε να προβλέψουμε ήταν αν υπό τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν τη συγκεκριμένη στιγμή σύμφωνα με τον πίνακα εκπαίδευσης που είχαμε ήδη δημιουργήσει από προηγούμενες καιρικές συνθήκες, θα υπάρξει φωτιά στο δάσος ανά πάσα στιγμή. Αυτή η εφαρμογή είχε ως στόχο να προλαμβάνει τυχόν πυρκαγιές στα δάση έτσι ώστε να στέλνεται αυτόματα κάποιου είδους ειδοποίησης στη Πυροσβεστική και να είναι σε επιφυλακή για πυρκαγιά στο συγκεκριμένο δάσος, γιατί όχι και να κινητοποιηθούν πριν καν υπάρξει φωτιά. Αυτό βέβαια θα μπορούσε να γίνει ύστερα από λίγο καιρό και εφόσον είχε αποδειχθεί ότι ο αλγόριθμος έχει αποκτήσει την ανάλογη εκπαίδευση που πλέον μπορεί να προβλέψει με φοβερή ακρίβεια το αποτέλεσμα που θέλουμε. Παρακάτω παρατίθενται ορισμένες φωτογραφίες γραφικών παραστάσεων όπως είχαν δημιουργηθεί σε Matlab.



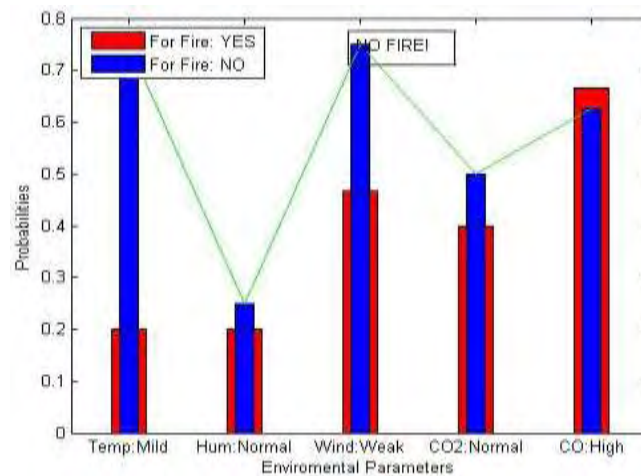
**Fig 10.** Probabilities diagram for fire (1).



**Fig11.** Probabilities diagram for fire (2).



**Fig 12.** Probabilities diagram for no fire (1).



**Fig 13.** Probabilities diagram for no fire (2).

Έτσι λοιπόν θα προτείνουμε παρακάτω έναν τρόπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας τέτοιος machine learning αλγόριθμος για την καλύτερη και εξυπνότερη διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας.

## Πρόταση Λειτουργίας του Naïve Bayes Αλγορίθμου για έξυπνη διαχείριση της Ηλεκτρικής Ενέργειας και ασφάλεια του ΣΗΕ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια πρόταση για το πώς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις τεχνολογίες που αναφέρθηκαν λεπτομερώς παραπάνω σε μια προσπάθεια να καταφέρουμε να διαχειριζόμαστε την ηλεκτρική ενέργεια καλύτερα και ασφαλέστερα. Πιο συγκεκριμένα θα δούμε πώς γίνεται να ενσωματώσουμε τις τεχνολογίες των smart grids και smart meters με ασύρματα δίκτυα αισθητήρων τα οποία έχοντας άμεση πρόσβαση στο διαδίκτυο να μπορούν να ανταλλάζουν πληροφορίες και τιμές σε πραγματικό χρόνο έτσι ώστε να μπορεί ο αλγόριθμος που θα τρέχει πάνω στο σύστημα να μπορεί να παίρνει αποφάσεις για την πιο αποτελεσματική και ασφαλή λειτουργία του.

Η πρόταση έχει να κάνει με το πώς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον machine learning αλγόριθμο Naïve Bayes, σε ένα διασυνδεδεμένο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων σε έκταση μιας πόλης για παράδειγμα το οποίο θα έχει άμεση πρόσβαση στο Διαδίκτυο έτσι ώστε να μπορεί να κάνει σωστές προβλέψεις ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν ανά πάσα στιγμή. Από τις προβλέψεις αυτές θα επωφελείται πάρα πολύ το σύστημα για το οποίο θα γνωρίζουμε εκ των προτέρων αν θα υπάρξει μια ενδεχόμενη υπερφόρτωση του στο εγγύς μέλλον έτσι ώστε να μπορέσουμε να το αντιμετωπίσουμε σωστά και έγκαιρα.

Η πρόταση έχει ως εξής. Θα υπάρχουν εγκατεστημένοι αισθητήρες διάσπαρτοι μέσα στο σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας όπως θερμοκρασίας, ισχύος ρεύματος των οποίων οι τιμές θα αποθηκεύονται μέσα σε μία βάση δεδομένων. Αυτό το σύστημα έχοντας άμεση πρόσβαση στο διαδίκτυο θα λαμβάνει συνεχώς τις τιμές της δυναμικής τιμολόγησης του ηλεκτρικού ρεύματος από την αγορά έτσι ώστε να είναι μόνιμα ενημερωμένο. Σύμφωνα λοιπόν με αυτό το σύστημα θα λαμβάνει τις καταναλώσεις των κτιρίων ενός smart city μέσω των smart grids και κυριότερα με τη βοήθεια των smart meters που θα είναι εγκατεστημένα. Με αυτόν τον τρόπο θα βγαίνει ένας μέσος όρος κατανάλωσης κάθε λίγα δευτερόλεπτα μιας περιοχής της πόλης σύμφωνα με το πώς κυμαίνεται η αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας την κάθε στιγμή. Παίρνοντας λοιπόν αυτές τις τιμές και αποθηκεύοντας τις σε μια online βάση δεδομένων θα μπορούμε να έχουμε μια άποψη για το πώς επηρεάζονται μεταξύ τους αυτοί οι ανεξάρτητοι παράγοντες και κατά συνέπεια πώς επηρεάζεται ολόκληρο το σύστημα από αυτούς.

Πάνω σε αυτό το σύστημα θα χρησιμοποιήσουμε τον Naïve Bayes αλγόριθμο έτσι ως εξής. Ύστερα από λίγο καιρό που θα λαμβάνουμε δεδομένα και θα τα επεξεργαζόμαστε θα έχουμε δημιουργήσει το λεγόμενο training table στο οποίο θα έχουμε για κάθε χρονική στιγμή τις τιμές των μεταβλητών που αναφέραμε παραπάνω και το αποτέλεσμα για το αν με τις συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας, ισχύος, τιμής ηλεκτρικού ρεύματος, κατανάλωσης οικιών υπήρξε υπερφόρτωση ακόμα και κατάρρευση του συγκεκριμένου Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας. Στην συνέχεια και όσο ο αλγόριθμος τρέχει και λαμβάνει τιμές θα κάνει πρόβλεψη για τις νέες τιμές που μπορεί να παρουσιαστούν. Αν η πρόβλεψη τελικά αποδειχθεί αληθής τότε την αφήνουμε ως έχει αν τυχόν δεν βγει αληθής τότε την αλλάζουμε. Με αυτόν τον τρόπο ο αλγόριθμος γίνεται

ολοένα και εξυπνότερος και πιο αποτελεσματικός καθώς όσο περνάει ο καιρός θα δίνει ολοένα και πιο σωστές προβλέψεις.

Αυτό λοιπόν όπως μπορούμε να καταλάβουμε έχει πολύ μεγάλη αξία στην σημερινή εποχή που γνωρίζουμε το πόσο σημαντικό είναι να υπάρχει ευστάθεια στο σύστημά μας. Γι αυτό και είναι καλό με τη χρήση της τεχνολογίας να μπορούμε όσο γίνεται να προσπαθούμε να αποτρέπουμε τυχόν κατάρρευση του συστήματος. Αυτός λοιπόν είναι ένας τρόπος που θα μπορούσε να βρει εφαρμογή έτσι ώστε να μπορούμε να κάνουμε σωστές προβλέψεις και κατά συνέπεια να λαμβάνουμε τις σωστές αποφάσεις για να αντιμετωπίσουμε τα τυχόν προβλήματα μας παρουσιαστούν.



## Συμπεράσματα και μελλοντικές προτάσεις

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μια προσπάθεια να δώσουμε στον αναγνώστη μια γενική ιδέα για την ηλεκτρική ενέργεια, τους τρόπους που παράγεται, μεταφέρεται, κοστολογείται, μιλήσαμε επίσης για τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και για το πώς χρησιμοποιούνται και γιατί καθώς επίσης για τους αλγορίθμους μηχανικής μάθησης οι οποίοι είναι πλέον πολύ διαδεδομένοι και χρήσιμοι. Τέλος κάναμε μια πρόταση για το πώς θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε όλα τα παραπάνω μέσα που αναφέραμε δημιουργώντας ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων σε συνδυασμό με τα smart grids και smart meters έχοντας παράλληλα πρόσβαση στο Διαδίκτυο, για την γνώση της κοστολόγησης του ηλεκτρικού ρεύματος σε πραγματικό χρόνο, το οποίο δίκτυο θα τρέχει τον machine learning αλγόριθμο Naïve Bayes έτσι ώστε να μπορεί να κάνει τις κατάλληλες προβλέψεις. Αυτές οι προβλέψεις θα επηρεάζονται από την τιμή του ρεύματος, την ζήτηση του κάθε πελάτη καθώς και τις ανάγκες του ίδιου του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για να μπορεί να γίνει όσο το δυνατόν καλύτερη πρόβλεψη για το αν θα υπάρχει υπερφόρτωση στο σύστημα ή όχι έτσι ώστε να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισής της.

Φυσικά ο τρόπος αυτός ενδέχεται βελτιώσες οι οποίες θα μπορούσαν να είναι η χρήση ενός πιο αποτελεσματικού machine learning αλγορίθμου ή ακόμη και η χρήση διαφορετικών ειδών αισθητήρων καθώς επίσης και η αύξηση του αριθμού τους για πιο εμπειρισταωμένα αποτελέσματα.

## Αναφορές

1. “Electric power distribution” from Wikipedia, the free encyclopedia
2. Πηγή: Ιστοσελίδα ΑΔΜΗΕ ([www.admie.gr](http://www.admie.gr))
3. “Electric power transmission” from Wikipedia, the free encyclopedia
4. Πηγή: Ιστοσελίδα ΛΑΓΗΕ ([www.lagie.gr](http://www.lagie.gr))
5. Πηγή: Ιστοσελίδα ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ (<http://www.ypeka.gr>)
6. Βικιπέδια – Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
7. Πηγή: Ιστοσελίδες ΑΔΜΗΕ [8], ΛΑΓΗΕ [9], ΔΕΔΔΗΕ [10].
8. Ευάγγελος Μπουλμέτης: Διπλωματική Εργασία με θέμα «Μελέτη της συμπεριφοράς διεσπαρμένης παραγωγής από σταθμό με κυψέλες καυσίμου που συνδέεται σε ένα μικροδίκτυο»
9. Βαγγελόγλου Αθανάσιος, Κύργιας Χρήστος: Διπλωματική Εργασία με θέμα «Κατασκευή εργαστηριακού μοντέλου δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας»
10. Ανδρέας Κατεργανάκης: Διπλωματική Εργασία με θέμα «Δυναμική τιμολόγηση και μελέτη περίπτωσης / προσομοίωσης της ωριαίας ανάλυσης καταναλώσεων και τιμών ενέργειας σε δίχωρο διαμέρισμα»
11. Δ. Παπαντώνης: «Τεχνολογικές Επιλογές και Τεχνολογικοί Περιορισμοί του Εξοπλισμού της Μονάδας Αντλησιοταμίευσης Υβριδικών Σταθμών Παραγωγής», ΤΕΕ Χανιά 2009
12. Λιάνα Αριστείδη: Διπλωματική Εργασία με θέμα «Μελέτη της συμπεριφοράς ενός ρυθμιστή τάσης που βασίζεται σε στατικό αντισταθμιστή STATCOM και χρησιμοποιείται σε αυτοδιεγερόμενες επαγωγικές γεννήτριες που τροφοδοτούν μη γραμμικά φορτία.»
13. ΔΕΔΔΗΕ: Διακήρυξη Δημοπρασίας Έργου: «Πιλοτικό σύστημα Διαμέτρησης και Διαχείρισης της ζήτησης Παροχών Ηλεκτρικής ενέργειας
14. Xi Fang, Satyajayant Misra, Guoliang Xue and Dejun Yang: Smart Grid Survey – “The New and Improved Power Grid”
15. Βασίλης Σούλιος: Ερευνητική εργασία «Ευφυή συστήματα ηλεκτροδότησης με την χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας»
16. Χριστοφορίδη Ευγενία: Οικονομοτεχνική Αξιολόγηση Συνεισφοράς Υδροηλεκτρικών Σταθμών (ΥΗΣ) Αναστρέψιμης Λειτουργίας στο ΣΗΕ Κρήτης
17. Τσικαλάκης Α., «Συμβολή στον προγραμματισμό λειτουργίας Δικτύων Διανομής Ηλεκτρικής Ηλεκτρικής Ενέργειας με μεγάλη Διείσδυση διεσπαρμένης παραγωγής και συσκευών αποθήκευσης», Διδακτορική Διατριβή, Ιούλιος 2008
18. Ιωάννης Βούλγαρης Διπλωματική Εργασία 2007
19. Κασμάς Σ., «Η επίδραση των συστημάτων διεσπαρμένης παραγωγής με τεχνολογίες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού – θερμότητας και αποθήκευσης καθώς και της φορολογίας άνθρακα σε ένα μικροδίκτυο βάσει του μοντέλου DER-CAM», Διπλωματική Εργασία, 2009
20. Γεώργιος Κορρές, CHAPTER 1 - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΚΕΝΤΡΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
21. Πηγή: FANG et al.: SMART GRID – THE NEW AND IMPROVED POWER GRID: A SURVEY

- A. Bose. Smart transmission grid applications and their supporting infrastructure. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 1(1):11–19, 2010.
22. P. Zhang, F. Li, and N. Bhatt. Next-generation monitoring, analysis, and control for the future smart control center. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 1(2):186–192, 2010.
- A. Ipakchi. Implementing the smart grid: Enterprise information integration. *GridWise Grid-Interop Forum*, pages 121.122–1 – 121.122–7, 2007.
23. S. Little. Is microwave backhaul up to the 4G task. *IEEE microwave magazine*, 10(5):67–74, 2009.
24. S. Galli, A. Scaglione, and Z. Wang. Power line communications and the smart grid. *IEEE SmartGridComm'10*, pages 303–308, 2010.
25. A.-H. Mohsenian-Rad, V. W. S. Wong, J. Jatskevich, R. Schober, and A. Leon-Garcia. Autonomous demand-side management based on game-theoretic energy consumption scheduling for the future smart grid. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 1(3):320–331, 2010.
26. North American Electric Reliability Corporation. <http://www.nerc.com/?lez/blackout.html>
27. Y. Liu, P. Ning, and M. Reiter. False data injection attacks against state estimation in electric power grids. *ACM CCS*, pages 21–32, 2009.
28. Dargie, W. and Poellabauer, C., "Fundamentals of wireless sensor networks: theory and practice", John Wiley and Sons, 2010 ISBN 978-0-470-99765-9, pp. 168–183, 191–192
29. Sohrawy, K., Minoli, D., Znati, T. "Wireless sensor networks: technology, protocols, and applications, John Wiley and Sons", 2007 ISBN 978-0-471-74300-2, pp. 203–209
30. Hart, J. K. and Martinez, K. (2006) Environmental Sensor Networks: A revolution in the earth system science? *Earth-Science Reviews*, 78 . pp. 177-191.
31. G. Werner-Allen, K. Lorincz, M. Welsh, O. Marcillo, J. Johnson, M. Ruiz, J. Lees, "Deploying a Wireless Sensor Network on an Active Volcano," *IEEE Internet Computing*, vol. 10, no. 2, pp. 18-25, 2006
32. Martinez, K, Hart, J. K. and Ong, R (2009) Deploying a Wireless Sensor Network in Iceland. *Lecture Notes in Computer Science, Proc. Geosensor Networks*, 5659, 131-137.
33. Willden, B.A. Abbott, A.P. Morris, R.N. McGinnis, and D.A. Ferrill, "Precise Positioning with Wireless Sensor Nodes: Monitoring Natural Hazards in All Terrains", 2009 *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, San Antonio, TX, USA, Oct. 2009.
34. T.L. Dinh, W. Hu, P. Sikka, P. Corke, L. Overs and S. Brosnan, "Design and Deployment of a Remote Robust Sensor Network: Experiences from an Outdoor Water Quality Monitoring Network", 2007 *32nd IEEE Conference on Local Computer Networks*
35. R. Maticsek: *Real-Time Communication MAC Protocols for Wireless Sensor Networks*, 2012, ISBN 978-3-8300-6349-0.
36. F. Viani, P. Rocca, M. Benedetti, G. Oliveri, A. Massa , "Electromagnetic passive localization and tracking of moving targets in a WSN-structured environment " in *Inverse Problems*, vol. 26, (2010), p. 1-15. - DOI: 10.1088/0266-5611/26/7/074003
37. Debnath, Ashmita; Singaravelu, Pradheepkumar; Verma, Shekhar (19 December 2012). «Efficient spatial privacy preserving scheme for sensor network». *Central European Journal of Engineering* **3** (1): 1–10. doi:10.2478/s13531-012-0048-7.

38. Surie, D., Laguionie, O., Pederson, T.: "Wireless Sensor Networking of Everyday Objects in a Smart Home Environment". In Proceedings of the 4th International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing, Sydney, Australia, pp. 189-194, (2008)
39. *TinyOS Programming*, Philip Levis, Cambridge University Press, 2009
40. Oliver Hahm, Emmanuel Baccelli, Mesut Günes, Matthias Wählich, Thomas C. Schmidt, *RIOT OS: Towards an OS for the Internet of Things*, In: Proc. of the 32nd IEEE INFOCOM. Poster Session, Piscataway, NJ, USA:IEEE Press, 2013.
41. Muaz Niazi, Amir Hussain (2011). A Novel Agent-Based Simulation Framework for Sensing in Complex Adaptive Environments. IEEE Sensors Journal, Vol.11 No. 2, 404–412. Paper
42. Phil Simon (March 18, 2013). Too Big to Ignore: The Business Case for Big Data. Wiley. ISBN 978-1118638170.
43. Tom M. Mitchell (1997). Machine Learning. σελ. 2. ISBN 0-07-042807-7.
44. John Wang (2003). Data mining: opportunities and challenges. Idea Group Pub. σελ. 261.
45. Bishop, C. M. (1995). Neural Networks for Pattern Recognition, Oxford University Press.
46. MacKay, D. J. C. (2003). Information Theory, Inference, and Learning Algorithms, Cambridge University Press.
47. Mitchell, T. (1997). Machine Learning, McGraw Hill. ISBN 0-07-042807-7