



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Σχολή Γεωπονικών Επιστημών
Τμήμα Γεωπονίας

Πτυχιακή εργασία
«Εφαρμογές της Πληροφορικής στην Πράσινη Ενέργεια»



Στάμος Ιωάννης, Α.Μ 12220 - Μαντούβαλος Δημήτριος, Α.Μ 11723

Καυγά Αγγελική, Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Αμαλιάδα, 2021

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	- 4 -
Abstract	- 4 -
1. Εισαγωγή	- 5 -
1.1. Κλιματική Αλλαγή	- 5 -
1.2. Πράσινη Ενέργεια	- 6 -
2. Η Πληροφορική στον Τομέα της Ενέργειας	- 9 -
2.1. Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών – ΤΠΕ	- 9 -
2.2. Internet of Things	- 12 -
2.3. Green Data Centers	- 14 -
2.4. Cloud Computing	- 16 -
2.5. Smart Grids	- 18 -
2.6. Smart Meters	- 22 -
2.7. Smart Home	- 24 -
2.8. Smart Building	- 28 -
2.9. Smart City	- 32 -
3. Η Πληροφορική στον Τομέα της Γεωργίας	- 37 -
3.1. Smart Farming	- 37 -
3.2. Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture)	- 37 -
3.3. Smart Greenhouse	- 42 -
4. Βιβλιογραφία	- 45 -

Περίληψη

Η αύξηση των εκπομπών του CO₂ και άλλων αερίων του θερμοκηπίου έχουν οδηγήσει το κλίμα να υποστεί μία μεταβολή που προκαλεί έντονα καιρικά φαινόμενα και ακραίες καταστάσεις. Οι επιπτώσεις, εκτός από περιβαλλοντικό τομέα αφορούν τόσο τον τομέα της υγείας, αλλά και τον οικονομικό. Η στροφή στην Πράσινη Ενέργεια και τις Ανανεώσιμες Πηγές, όπως η ηλιακή, δεν είναι πλέον προαιρετική, αλλά αναγκαία, προκειμένου να εξομαλυνθεί η κατάσταση, πριν να είναι πια μη αναστρέψιμη. Σε αυτό μεγάλη βοήθεια προσφέρεται μέσω της Πληροφορικής, η οποία τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει μεγάλη ανάπτυξη. Η Ενεργειακή Πληροφορική είναι ένας κλάδος που κάνει χρήση πληροφοριακών συστημάτων και αξιοποιεί στο έπακρο τις Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών – ΤΠΕ (Information and Communication Technology), καθώς και τις εφαρμογές τους στους τομείς της βιώσιμης ανάπτυξης. Μέσω των ΤΠΕ και της ανάπτυξης του Internet of Things, υπάρχει η δυνατότητα για εξοικονόμηση ενέργειας, μεγαλύτερη απόδοση των συστημάτων και μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Τα συστήματα έξυπνων συσκευών, οι έξυπνοι μετρητές, οι έξυπνες πόλεις, το Cloud Computing κ.ά. μπορούν να προσφέρουν δυνατότητες για την επίτευξη των παραπάνω στόχων. Παράλληλα, ο τομέας της Πληροφορικής συνδυάζεται με τον τομέα της Γεωργίας προκειμένου να υπάρξει μεγαλύτερη και πιο ποιοτική παραγωγή για την κάλυψη των αναγκών, λόγω της επερχόμενης αύξησης του πληθυσμού. Μεγάλη είναι η συνεισφορά και των έξυπνων θερμοκηπίων, που μπορούν να βελτιστοποιήσουν την παραγωγή δημιουργώντας ένα πιο ευνοϊκό κλίμα από το τοπικό, με τον έλεγχο του κλίματος μέσα στο θερμοκήπιο να είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη των φυτών.

Abstract

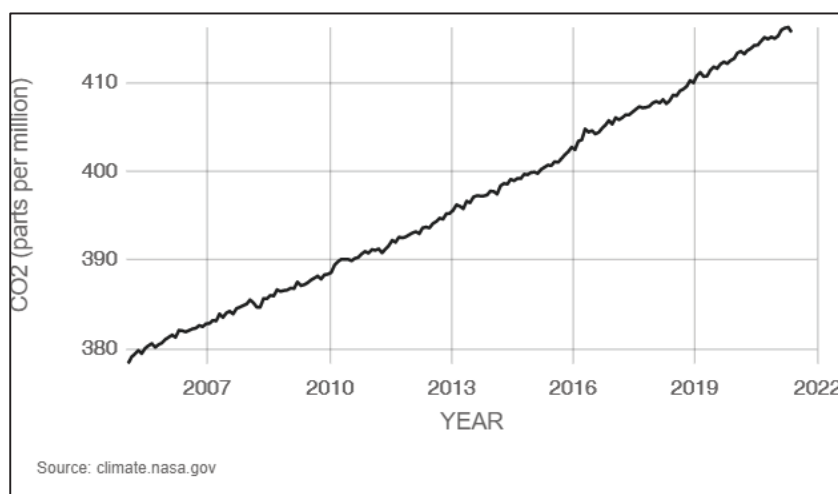
The increase of emissions of CO₂ and other greenhouse gases has led the climate to undergo a change that causes severe weather phenomena and extreme conditions. The effects, apart from the environmental sector, concern both the health sector and the economic sector. The shift to Green Energy and Renewable Sources such as solar is no longer optional, but necessary in order to normalize the situation before it is irreversible. Great help in this is offered through Informatics, which in recent years has shown great growth. Energy Informatics is a branch that makes use of information systems and makes the most of Information and Communication Technologies - ICT (Information and Communication Technology), as well as their applications in the fields of sustainable development. Through ICT and the development of the Internet of Things, there is the potential for energy savings, greater system efficiency, and a reduction in greenhouse gas emissions. Smart appliances systems, smart meters, smart cities, Cloud Computing, etc. can offer opportunities to achieve the above goals. At the same time, the IT sector is combined with the Agriculture sector in order to have larger and higher quality production to meet the needs, due to the upcoming population growth. The contribution of smart greenhouses is also great, which can optimize the production by creating a more favorable climate than the local one, with the control of the climate inside the greenhouse being vital for the growth of the plants.

1. Εισαγωγή

1.1. Κλιματική Αλλαγή

Αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και των ωκεανών, ακραία καιρικά φαινόμενα, τήξη των πάγων στους πόλους της Γης, αύξηση της στάθμης της θάλασσας, πλημμύρες και έντονες ξηρασίες. Τα παραπάνω είναι μόνο ένα μικρό τμήμα των αποτελεσμάτων της κλιματικής αλλαγής. Είναι πλέον επιστημονικά αποδεδειγμένο, αλλά και εύκολα παρατηρήσιμο από τους περισσότερους ανθρώπους ότι το κλίμα αλλάζει, με την παγκόσμια υπερθέρμανση (κύριο συστατικό) να αποτελεί μείζον ζήτημα που καθιστά την ανατροπή του παραπάνω από σημαντική. Οι επιπτώσεις πολλές και εξαιρετικά κρίσιμες για πολλούς τομείς, όπως το περιβάλλον, η υγεία των ανθρώπων, η οικονομία κ.α.

Κύρια αιτία της κλιματικής αλλαγής είναι οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4), οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs), το τροποσφαιρικό όζον (O_3) και τα οξείδια του αζώτου (NO_x), με τα παραπάνω συστατικά να παρουσιάζουν έντονη αύξηση της συγκέντρωσής τους στην ατμόσφαιρα κατά κύριο λόγο από ανθρωπογενείς παράγοντες. Μέσα από την λίστα αυτή, το διοξείδιο του άνθρακα φαίνεται να καταλαμβάνει τον κυρίαρχο ρόλο, καθώς αποτελεί το 75% των παγκόσμιων εκπομπών. Αν και οι κύριες πηγές του διοξειδίου του άνθρακα παρουσιάζονται σε περιοχές με ανεπτυγμένη βιομηχανία και έντονη αστικοποίηση, η χρονική διάρκεια παραμονής του στην ατμόσφαιρα (από χρόνια έως αιώνες) σε συνδυασμό με την γρήγορη μεταφορά των ρύπων σε κάθε ημισφαίριο (1 – 2 μήνες, ανάλογα με τις μετεωρολογικές συνθήκες) το καθιστούν εξαιρετικά σημαντικό, καθώς απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία και την επανεκπέμπει αυξάνοντας έτσι την θερμοκρασία. [1] [2] Αυτή την στιγμή, σύμφωνα με την NASA, η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα ξεπερνά τα 410 ppm (Εικόνα 1), ενώ η αύξησή του τα τελευταία 171 χρόνια προσεγγίζει το 48%, μόνο από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. [3] Σημαντική είναι και η συνεισφορά του μεθανίου που, ωστόσο, παραμένει στην ατμόσφαιρα λιγότερο (~ 9 έτη), καθώς οξειδώνεται από το διοξείδιο του άνθρακα με την βοήθεια του νερού. [4]



Μία από τις πιο σημαντικές δραστηριότητες του ανθρώπου που προκαλούν εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου, και πιο συγκεκριμένα, διοξειδίου του άνθρακα, είναι δραστηριότητες που αφορούν την παραγωγή ενέργειας. Σύμφωνα με το πρόγραμμα “Our World in Data”, το 75% των εκπομπών, αποτελεί προϊόν της καύσης ορυκτών καυσίμων, όπως το κάρβουνο, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, για την παραγωγή ενέργειας, ενώ το υπόλοιπο 25% προέρχεται από τις βιομηχανίες, την γεωργία κ.α. Το ποσοστό της ενέργειας που προέρχεται από πηγές χαμηλών εκπομπών αγγίζει μόλις το 15,7%, με το 11,4% να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και το υπόλοιπο να είναι αποτέλεσμα της πυρηνικής ενέργειας. [5] Είναι σαφές, λοιπόν, πως για την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η πράσινη ενέργεια αποτελεί ένα πολύ σημαντικό εργαλείο.

1.2. Πράσινη Ενέργεια

Η Πράσινη Ενέργεια είναι ένας τύπος ενέργειας που παράγεται με μέσα και μεθόδους οι οποίες προκαλούν ελάχιστη ή καθόλου ζημία στο περιβάλλον. Πράσινη Ενέργεια παράγεται κυρίως από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, όπως η ηλιακή ακτινοβολία ή ο άνεμος, με σκοπό την ελαχιστοποίηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αλλά και την διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος.

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας καλούνται οι πηγές που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας και έχουν την ικανότητα να ανανεώνονται φυσικά μέσα σε πολύ σύντομη χρονική περίοδο (ηλιακή ακτινοβολία, άνεμος, νερό). Το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο έχουν εξίσου την δυνατότητα να αναπληρώνονται με φυσικό τρόπο, ωστόσο η χρονική περίοδος κατά την οποία η Γη έχει την ικανότητα να παράγει τέτοιες πηγές ενέργειας, και σε ποσότητες ικανές για την κάλυψη των ανθρωπίνων αναγκών, είναι απαγορευτική. Έτσι, τέτοιες πηγές χαρακτηρίζονται ως Μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Παράλληλα, δεν μπορούν να χαρακτηριστούν όλες οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ως Πράσινες. Για παράδειγμα, η βιομάζα μπορεί να χαρακτηριστεί ως ανανεώσιμη πηγή, ωστόσο η καύση της προκαλεί την απελευθέρωση αερίων του θερμοκηπίου, όπως διοξείδιο του άνθρακα, σε πολύ μικρότερο, βέβαια, βαθμό από την καύση ορυκτών καυσίμων.

Τα οφέλη της Πράσινης Ενέργειας δεν περιορίζονται στον τομέα του περιβάλλοντος με την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η Πράσινη Ενέργεια αποκτά πλεονέκτημα έναντι της ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, ακόμη και σε κοινωνικούς τομείς, όπως η υγεία και η οικονομία. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αλλά και σωματιδίων (π.χ. PM_{2.5}) από την καύση ορυκτών καυσίμων για παραγωγή ενέργειας, μετακίνησης κ.α., αποτελούν αιτίες για ασθένειες όπως η ισχαιμική καρδιακή νόσος, η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια, ο καρκίνος του πνεύμονα κ.α., με τις εκτιμήσεις να δείχνουν πως αν σταματήσουν οι εκπομπές από την καύση των ορυκτών καυσίμων, μπορούν να αποφευχθούν 3,61 εκατομμύρια θάνατοι ετησίως. [6] Παράλληλα, σύμφωνα με την τελευταία έκθεση του Διεθνή Οργανισμού Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (International Renewable Energy Agency – IRENA) τα οικονομικά οφέλη λόγω Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι σημαντικά. Η σταθερή βελτίωση των τεχνολογιών, των ανταγωνιστικών αλυσίδων εφοδιασμού, αλλά και της εμπειρίας των προγραμματιστών, είχε ως

αποτέλεσμα την μεγάλη μείωση του κόστους παραγωγής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με την μείωση για τα φωτοβολταϊκά να φτάνει το 85% την τελευταία δεκαετία, ενώ η επιπλέον παραγωγή ενέργειας θα μειώσει το κόστος της ενέργειας, σε επίπεδα χαμηλότερα της παραγωγής από ορυκτά καύσιμα. [7]

Ανάλογα με το είδος της ανανεώσιμης πηγής, προκύπτει και το αντίστοιχο είδος ενέργειας. Οι βασικές μορφές της Πράσινης Ενέργειας είναι:

- η ηλιακή,
- η αιολική,
- η υδροηλεκτρική,
- η γεωθερμική,
- η βιομάζα, και
- τα βιοκαύσιμα.

Ηλιακή Ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι αποτέλεσμα της εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας, μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων για την άμεση παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μεγάλη ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία διαφορετικών τέτοιων συστημάτων, από απλά φωτοβολταϊκά πάνελ μέχρι και φωτοβολταϊκά συστήματα ενσωματωμένα σε κτήρια (Building-integrated photovoltaics – BIPV) προς αντικατάσταση των κλασικών οικοδομικών υλικών. Η χρήση της ηλιακής ενέργειας δεν περιορίζεται μόνο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά για την θέρμανση του νερού σε κτήρια, τον φωτισμό κ.α., ενώ η μεγάλη μείωση του κόστους οδήγησε σε ευρεία οικιακή χρήση.

Αιολική Ενέργεια

Από την χρήση ανεμόμυλων τον 1 αιώνα μ.Χ. έως τις σύγχρονες ανεμογεννήτριες, ο άνεμος και η ενέργεια που παράγεται από αυτόν, έχει χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη καθημερινών ενεργειακών αναγκών. Η αιολική ενέργεια, μαζί με την ηλιακή, είναι από τις πιο διαδεδομένες μορφές καθαρής ενέργειας, με την ροή του ανέμου να προκαλεί την λειτουργία της τουρμπίνας της ανεμογεννήτριας προς παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ανεμογεννήτριες συνήθως τοποθετούνται σε μεγάλο υψόμετρο, όπου υπάρχει επαρκές αιολικό δυναμικό, ωστόσο, η μεγάλη ισχύς των ανέμων εντός της θάλασσας, οδήγησε στην τοποθέτηση ανεμογεννητριών και την δημιουργία υπεράκτιων αιολικών πάρκων.

Υδροηλεκτρική ενέργεια

Μία από τις αρχαιότερες μορφές ενέργειας που εκμεταλλεύτηκε ο άνθρωπος, είναι αυτή που παράγεται από την κίνηση του νερού. Η δημιουργία τεχνητών λιμνών είναι μία από τις συνηθέστερες τεχνικές για την παραγωγή αυτού του τύπου ενέργειας. Το νερό αποθηκεύεται σε μεγάλου ύψους “δεξαμενές” αποκτώντας επαρκή δυναμική ενέργεια. Με το άνοιγμα της θύρας ή

βαλβίδας, η δυναμική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε κινητική κι έτσι θέτει σε λειτουργία μία τουρμπίνα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, η Πράσινη Ενέργεια είναι συνυφασμένη με την διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος, επομένως η δημιουργία τεχνητών λιμνών θα μπορούσε να αντιτίθεται σε αυτόν τον κανόνα. Μια άλλη και πιο αποδεκτή τεχνική είναι η εκμετάλλευση της φυσικής κίνησης του νερού, όπως, για παράδειγμα, αυτό ρέει σε έναν ποταμό. Παράλληλα, για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί η κίνηση του νερού στις σωληνώσεις ενός σπιτιού, η εξάτμιση, η βροχόπτωση αλλά και οι παλίρροιες στους ωκεανούς. [8] [9]

Γεωθερμική ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια είναι αποτέλεσμα της θερμότητας που διατηρείται κάτω από τον φλοιό της Γης. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, η θερμοκρασία του πυρήνα της Γης είναι περίπου 5200 K, ενώ σε βάθος 35 km, η θερμοκρασία εκτιμάται στους 800 ± 200 K. [10] Η υπάρχουσα αυτή θερμότητα μεταφέρεται στο νερό και στα πετρώματα και είναι εκμεταλλεύσιμη τόσο για την θέρμανση του νερού και των κτηρίων, αλλά και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Από την άλλη, οι απαραίτητες γεωτρήσεις για την προσέγγιση της θερμότητας αυτής, δημιουργούν ερωτήματα για τον βαθμό της ζημιάς που δημιουργείται στο φυσικό περιβάλλον.

Βιομάζα

Η ενέργεια από αυτή την ανανεώσιμη πηγή προέρχεται από την καύση υπολειμμάτων ξυλείας, πριονιδιού, αλλά και εύφλεκτων γεωργικών αποβλήτων. Λόγω, όμως, της απελευθέρωσης αερίων του θερμοκηπίου κατά την καύση, η συγκεκριμένη ανανεώσιμη πηγή απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή.

Βιοκαύσιμα

Τα βιοκαύσιμα αποτελούν μία εναλλακτική χρήση της βιομάζας. Η παραγωγή ενέργειας από αυτά, απαιτεί την μετατροπή της βιομάζας σε υγρή ή αέρια καύσιμη ύλη. Τα δύο κυριότερα βιοκαύσιμα είναι η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ και χρησιμοποιούνται είτε αυτούσια, είτε μετά από ανάμιξη με συμβατικά καύσιμα, όπως η βενζίνη και το πετρέλαιο. Το πλεονέκτημα των βιοκαυσίμων είναι πως μπορούν να χρησιμοποιηθούν από ήδη υπάρχουσες μηχανές πετρελαίου ή βενζίνης, χωρίς μετατροπή, για χρήση στην μετακίνηση ή την θέρμανση. [11]

2. Η Πληροφορική στον Τομέα της Ενέργειας

Τις τελευταίες δεκαετίες η Πληροφορική έχει αφήσει το αποτύπωμά της σε πολλούς τομείς, όπως αυτόν της υγείας, της οικονομίας, του περιβάλλοντος κ.ά.. Συνεπώς, η εισαγωγή της στον τομέα της ενέργειας δεν θα μπορούσε να απουσιάζει. Με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, την καλύτερη απόδοση των ενεργειακών συστημάτων και την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, δημιουργήθηκε ένας νέος κλάδος, αυτός της Ενεργειακής Πληροφορικής (Energy Informatics). Η Ενεργειακή Πληροφορική είναι ένας κλάδος που επιχειρεί την εκπλήρωση των παραπάνω στόχων με χρήση πληροφοριακών συστημάτων και την αξιοποίηση στο έπακρο των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών – ΤΠΕ (Information and Communication Technology) και τις εφαρμογές τους στους τομείς της αιεφόρου ανάπτυξης. Με έμφαση στην προσφορά και την ζήτηση στον τομέα της ενέργειας, η Ενεργειακή Πληροφορική δεν θα μπορούσε να περιοριστεί μόνο σε μία κατηγορία ενδιαφερομένων. Έτσι, η εμπλοκή και η αλληλεπίδραση προμηθευτών, καταναλωτών και κυβερνήσεων δεν αποτελεί μονάχα στόχο, αλλά και ανάγκη. [12]

2.1. Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών – ΤΠΕ

Οι Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών αποτελούν έναν ευρύ σύνολο ψηφιακών τεχνολογιών που τίθενται στην ευχέρεια απλών χρηστών, επιχειρήσεων και οργανισμών. Η ενασχόληση τους αφορά την αποθήκευση, την ανάκτηση, τον χειρισμό, την μετάδοση και την λήψη ψηφιακών δεδομένων, ενώ κύριο μέλημα των τεχνολογιών αυτών είναι η αλληλεπίδρασή τους. Η κατηγοριοποίηση των ΤΠΕ γίνεται μεταξύ δύο ευρέων τύπων προϊόντων:

- των τεχνολογιών που βασίζονται σε προσωπικούς υπολογιστές, και
- των τεχνολογιών ψηφιακής επικοινωνίας, που επιδιώκουν την επικοινωνία και την κοινή χρήση πληροφοριών μεταξύ ατόμων και φορέων [13]

Σημαντικός είναι ο ρόλος των ΤΠΕ στην πράσινη ενέργεια. Για την μείωση των εκπομπών αερίων βλαβερών για το περιβάλλον, αλλά και την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης με τους ελάχιστους δυνατούς φυσικούς πόρους, οι ΤΠΕ μπορούν να προτείνουν τεχνολογίες για προσομοιώσεις, μοντελοποιήσεις, αναλύσεις και εργαλεία παρακολούθησης και οπτικοποίησης προσφέροντας λύσεις βάσει και της δυναμικής ζήτησης για παροχή ενέργειας. [14]

Μοντελοποίηση και προσομοίωση (Modeling and simulation)

Μοντελοποίηση είναι η διαδικασία δημιουργίας μιας αναπαράστασης ενός συστήματος ή κατάστασης σε πραγματικές συνθήκες, ενώ ακολουθείται από την προσομοίωση, κατά την οποία γίνεται χρήση ενός μοντέλου για την μελέτη ενός πραγματικού ή υποθετικού ζητήματος. Η χρήση υπολογιστών σε αυτόν τον τομέα είναι απαραίτητη, καθώς η μελέτη μαθηματικών, φυσικών ή ενεργειακών συστημάτων απαιτεί μία πληθώρα μεταβλητών και εξισώσεων για την περιγραφή διαφόρων διεργασιών. Η σημασία των υπολογιστών είναι εμφανής και στην διαδικασία την προσομοίωσης, καθώς συνήθως τίθεται συνδυασμός παραμέτρων με πολύπλοκα αποτελέσματα.

Μέσω της δημιουργίας μοντέλων και προσομοιώσεων είναι δυνατόν να γίνουν προβλέψεις που βοηθούν στην έγκαιρη πρόγνωση περιστατικών, όπως, για παράδειγμα, καιρικών φαινομένων, με αποτέλεσμα την διασφάλιση της υγείας, του περιβάλλοντος και της οικονομίας. [15] [16]

Η ανάγκη για διερεύνηση ενεργειακών ζητημάτων σε αντίστοιχα συστήματα, έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ενεργειακών μοντέλων. Τέτοια μοντέλα έχουν σκοπό την μελέτη πάνω σε θέματα όπως η σύνθεση (εισαγωγή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, διαχείριση του χώρου αποθήκευσης της ενέργειας, πιθανή χρήση εναλλακτικής πηγής ενέργειας για ζητήματα ασφάλειας), ο σχεδιασμός (μέγεθος και αριθμός των κατασκευαστικών στοιχείων, το κόστος και η αλληλεπίδραση αυτών), η λειτουργία (διερεύνηση των προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν κατά την λειτουργία, όπως η απόκλιση της απόδοσης). Παράλληλα, κρίσιμη και ένα υπό μελέτη ζήτημα είναι η βελτιστοποίηση ενός ενεργειακού συστήματος, η οποία καθορίζεται από μία σειρά παραγόντων που αφορούν το κέρδος, τα έξοδα, την απόδοση και την ποσότητα παραγόμενης ενέργειας. Τέλος, σημαντικές μεταβλητές για ένα ενεργειακό μοντέλο μπορεί να είναι η προσφορά, η ζήτηση, οι θέσεις εργασίας και η διαθέσιμες πηγές ενέργειας. [17]

Ένα ακόμα είδος ενεργειακού μοντέλου είναι τα μοντέλα μακροπρόθεσμου ενεργειακού συστήματος, δίνοντας έμφαση στην ηλεκτρική ενέργεια. Τέτοια μοντέλα χρησιμοποιούνται για να κάνουν προβλέψεις σε μελλοντικές χρονικές περιόδους ημερών έως αρκετών ετών, ενώ λαμβάνουν δεδομένα για ανεξάρτητες μικρές χρονικές περιόδους μέσα στο έτος, τα time slices. Τέτοια χρονικά τμήματα επιλέγονται βάσει χαρακτηριστικών όπως το φορτίο και η τροφοδοσία. [18]

Αναλύσεις δεδομένων

Ένα σημαντικό κομμάτι των ΤΠΕ είναι οι αναλύσεις δεδομένων. Ο τεράστιος όγκος πληροφοριών που προέρχονται από διάφορες πηγές της καθημερινότητας, είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την αξιολόγηση μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού με σκοπό την ανίχνευση ζητημάτων και την εύρεση λύσεων για τις διάφορες ανάγκες. Λόγω της συνεχούς αύξησης των πληροφοριών και δεδομένων, η χρήση μοντέλων και άλλων εφαρμογών ΤΠΕ από τους αναλυτές καθίσταται ολοένα και περισσότερο αναγκαία, για να έχουν την δυνατότητα να προτείνουν λύσεις για την αύξηση της αποδοτικότητας μιας επιχείρησης.

Ο τομέας των ΤΠΕ που αφορά τους επιχειρηματικούς αναλυτές έχει ως σκοπό την ανάπτυξη νέων σχεδίων συστήματος ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών μιας επιχείρησης, ενώ συμμετέχουν βάσει αξιολογήσεων σε υπάρχοντα συστήματα, στην αναθεώρηση και τροποποίηση αυτών. Ένας αναλυτής εκτελεί εργασίες που αφορούν την διαχείριση πόρων των επιχειρήσεων, τις αναπτυσσόμενες τεχνολογίες, τον σχεδιασμό συστήματος που διαχειρίζεται τους εργαζομένους της επιχείρησης, ενώ έχει ευθύνη για την ποιότητα και την ακεραιότητα των διαφόρων συστημάτων μέσω δοκιμών. [19]

Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση δεδομένων περιλαμβάνει την χρήση μοντέλων για εξαγωγή των απαραίτητων δεδομένων, την απομάκρυνση μη έγκυρων δεδομένων, την ανάλυση των δεδομένων

για την αξιολόγηση της ποιότητας και της σημασίας τους, την τελική ανάλυση των δεδομένων για την περαιτέρω ταξινόμησή τους και την παρουσίαση των αναφορών που προέκυψαν από τις παραπάνω αναλύσεις. [20]

Παρακολούθηση (Monitoring)

Στην βάση του “Δεν μπορείς να διαχειριστείς ό,τι δεν μπορείς να μετρήσεις”, η διαδικασία της παρακολούθησης αποτελεί ένα πολύ σημαντικό εργαλείο. Από την παραγωγή έως την κατανάλωση, ο τομέας της ενέργειας αποτελείται από μεγάλη και πολύπλοκη σειρά συνιστωσών. Για την εύρεση δεδομένων, έτσι ώστε με την βοήθεια αναλύσεων να βρεθούν τρόποι για μεγαλύτερη αποδοτικότητα με το χαμηλότερο δυνατό κόστος και τις χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, απαιτούνται καταγραφές και μετρήσεις από την παραγωγή της ενέργειας, την μεταφορά της και τον τρόπο που αυτή καταναλώνεται από τους τελικούς χρήστες. Η χρήση μετρητών και αισθητήρων σε κάθε μία συνιστώσα του τομέα της ενέργειας είναι κρίσιμη για μία πλήρη και ολοκληρωμένη εικόνα. [21] Ιδιαίτερα για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, οι οποίες παρουσιάζουν μεγάλη εξάρτηση από τοπογραφικούς, περιβαλλοντικούς και κλιματικούς παράγοντες, η παρακολούθηση όλων αυτών θα μπορέσει να δώσει πρόσβαση σε δεδομένα για την καλύτερη διαχείρισή τους. Πιο συγκεκριμένα, και φέρνοντας ως παράδειγμα, τα συστήματα παραγωγής ενέργειας από ηλιακή ακτινοβολία, είναι αναγκαία η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο παραγόντων όπως η ηλιακή ακτινοβολία, η υγρασία, η θερμοκρασία, καθώς παρουσιάζουν έντονη εποχική μεταβλητότητα, αλλά ταυτόχρονα η ύπαρξη αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Η χρήση εφαρμογών των ΤΠΕ σε συνδυασμό με την αμεσότητα μέσω διαδικτύου έχουν την δυνατότητα παροχής δεδομένων για την παραγόμενη ενέργεια, σφάλματα στο σύστημα, αλλά την εύρεση κατεστραμμένων στοιχείων. [22]

Παράλληλα, η αντιμετώπιση του τελικού προϊόντος αποτελεί πρόκληση, ενώ με την σωστή διαχείριση της ενέργειας από τους καταναλωτές θα μπορέσουν να αναδεικνύονται όλο και περισσότερα οικονομικά οφέλη. Καθώς η συμπεριφορά των καταναλωτών ως προς την χρήση της ενέργειας (φωτισμός, θέρμανση, κ.ά.) ποικίλει, απαιτείται η χαρτογράφηση για το πως η ενέργεια διανέμεται και χρησιμοποιείται, έτσι ώστε να γίνει καλύτερη αξιοποίησή της. Η χαρτογράφηση αυτή έχει την δυνατότητα να γίνει μέσα από ένα σύνολο αισθητήρων όπως ασύρματα δίκτυα, ετικέτες ταυτοποίησης μέσω ραδιοσυχνοτήτων (RFID), κάμερες και αισθητήρες laser, ενώ για την ανίχνευση της παρουσίας και της κίνησης εντός ενός χώρου, χαμηλού κόστους, πραγματικού χρόνου και εύκολα τοποθετήσιμες προτάσεις, αποτελούν οι αισθητήρες CO₂, που λειτουργούν βάσει βιολογικών διεργασιών που μεταβάλλονται σε κάθε άνθρωπο ανάλογα με τις κινήσεις του, και οι Παθητικοί Αισθητήρες Υπερύθρων (Passive Infrared Sensors – PIR). [23]

Οπτικοποίηση

Η τεχνική της οπτικοποίησης αφορά την δημιουργία εικόνων, διαγραμμάτων ή κινουμένων σχεδίων. Ζώντας στην εποχή της εικόνας, η πληροφορία έχει την δυνατότητα να διαδίδεται ευκολότερα και να γίνεται περισσότερο κατανοητή για τους χρήστες εκτός του εκάστοτε πεδίου.

Παράλληλα, ο μεγάλος όγκος δεδομένων που προκύπτει είτε μέσω μοντέλων και προσομοιώσεων, είτε μέσω μετρήσεων, μπορεί να αναλυθεί και να παρουσιαστεί ευκολότερα μέσω γραφικών. Εκτός της παρουσίας δεδομένων, η απεικόνιση μίας διεργασίας έχει καλύτερα αποτελέσματα ως προς την κατανόησή της. Σημαντική, ωστόσο, είναι και η επιλογή της κατάλληλης οπτικοποίησης και παρουσίασης. Σύμφωνα με εργαστηριακό πείραμα με θέμα την κατανόηση της ενεργειακής καθημερινής κατανάλωσης από διάφορους συμμετέχοντες, αποδείχθηκε πως μία ομαλοποιημένη με βάση των χρόνο αναλυτική παρουσίαση είναι πιο εύκολο να γίνει κατανοητή από ένα απλό χρήστη, σε σχέση με διαφορετικές απεικονίσεις (συγκεντρωτικά αποτελέσματα κατανάλωσης, μη συγκεντρωτικά αποτελέσματα κατανάλωσης) [24] Συνεπώς, οι διαφορετικές τεχνικές οπτικοποίησης θα πρέπει να ελέγχονται και να δίνεται βάση στην κατανόηση των αποτελεσμάτων από τους τελικούς χρήστες χωρίς τις απαραίτητες γνώσεις στο εκάστοτε επιστημονικό αντικείμενο.

2.2. Internet of Things

Το Internet of Things ή Διαδίκτυο των Πραγμάτων είναι ένα δίκτυο στο οποίο θα μπορεί να είναι συνδεδεμένη κάθε συσκευή που λειτουργεί με την παροχή ρεύματος. Το διαδίκτυο που όλοι γνωρίζουμε, η σύνδεση δηλαδή των υπολογιστών σε ένα δίκτυο παγκόσμιας εμβέλειας με σκοπό την ανταλλαγή πληροφοριών, αποτελεί την ραχοκοκαλιά του Internet of Things, καθώς θα μπορούν να συνδεθούν επιπλέον συσκευές σε τοπικά ή παγκόσμια δίκτυα. [25] Η βασική ιδέα πίσω από το IoT, είναι η ενσωμάτωση διαφόρων πραγμάτων, όπως ετικέτες αναγνώρισης ραδιοσυχνότητας (Radio – Frequency Identification – RFID), αισθητήρες, κινητά τηλέφωνα κτλ., σε ένα σύστημα με μοναδική διεύθυνση αναγνώρισης, μέσα στο οποίο θα μπορούν να ανταλλάζουν πληροφορίες, και γενικώς να αλληλεπιδρούν. [26]

Τα οφέλη μιας τέτοιας ιδέας, είναι σημαντικά τόσο σε ατομικό επίπεδο, με την εισαγωγή της πληροφορικής για ένα “έξυπνο” σπίτι και μία επιπλέον βοήθεια στην καθημερινότητα, την ηλεκτρονική υγεία (e-Health), την τεχνολογικά βελτιωμένη μάθηση κ.α., όσο και σε επιχειρησιακό επίπεδο, με την εισαγωγή αυτοματοποιήσεων στην βιομηχανία και στις μεταφορές, ενώ η διαχείριση των επιχειρήσεων θα γίνει πιο εύκολη και πιο αποδοτική. Ωστόσο, μαζί με τα οφέλη παρουσιάζονται και κάποια ζητήματα που θα μπορούσαν να δώσουν αρνητική τροπή στο όλο εγχείρημα. Η εισαγωγή επιπλέον αντικειμένων σε ένα δίκτυο θα μπορούσε να ανοίξει και επιπλέον πόρτες για την διαρροή πληροφοριών. Η “εισβολή” κάποιου σε ένα μόνο αντικείμενο του δικτύου θα μπορούσε να επιτρέψει την εισαγωγή του σε όλο το υπόλοιπο σύστημα, με τις συνέπειες, ιδιαίτερα για ευαίσθητα ζητήματα όπως η υγεία, να είναι δραματικές. Παράλληλα, ο τεράστιος όγκος δεδομένων που προκύπτει από τους αισθητήρες και τους μετρητές που περιέχονται στο δίκτυο, και η μεταφορά αυτών στις βάσεις δεδομένων θα κοστίζει τόσο οικονομικά, όσο και ενεργειακά, με τις συνέπειες αυτού του τομέα να αφορούν, από την μία τους χρήστες, ως άτομα και ως επιχειρήσεις, και από την άλλη το περιβάλλον. Συνεπώς, η ασφάλεια των δικτύων και η εξοικονόμηση πόρων και ενέργειας, θα πρέπει να αποτελέσουν κάποια από τα κύρια σημεία του IoT. [26] [27]

Ετικέτες Αναγνώρισης Ραδιοσυχνότητων (Radio – Frequency Identification – RFID)

Από την οπτική πλευρά των «Πραγμάτων», ένα βασικό σημείο για την ανάπτυξη του IoT είναι η ανίχνευση και η γνώση της κατάστασης ενός αντικειμένου του δικτύου, η θέση του κ.α. [26] Η τεχνολογία RFID, βοηθάει στον αυτόματο εντοπισμό ενός αντικειμένου, την καταγραφή δεδομένων και τον χειρισμό του, σε πραγματικό χρόνο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Ένα σύστημα RFID αποτελείται από τρεις διαφορετικές συνιστώσες, την ετικέτα (RFID tag), τον αναγνώστη (reader) και ένα σύστημα εφαρμογών. Μία ετικέτα RFID είναι ένα μικροτσιπ το οποίο λειτουργεί ως πομπός – δέκτης και επικοινωνεί με τον αναγνώστη μέσω ραδιοκυμάτων.

Οι ετικέτες RFID, γνωστές και ως αναμεταδότες είναι τοποθετημένοι επάνω σε κάθε αντικείμενο με σκοπό την αποθήκευση δεδομένων. Ανάλογα με την ύπαρξη μπαταρίας σε αυτούς διαχωρίζονται σε ενεργούς (ύπαρξη μπαταρίας) και σε παθητικούς, με τον κάθε έναν να έχει διαφορετικές δυνατότητες. Ένας ενεργός αναμεταδότης έχει την δυνατότητα επικοινωνίας με άλλους ενεργούς αναμεταδότες και τον αναγνώστη. Από την άλλη πλευρά, ένα παθητικός αναμεταδότης ρυθμίζεται πλήρως από τον αναγνώστη. Η δεύτερη συνιστώσα ενός RFID συστήματος είναι ο αναγνώστης, γνωστός και ως πομποδέκτης. Ένας πομποδέκτης αποτελείται από μία κεραία και μία μονάδα ελέγχου και έχει ως σκοπό την ενεργοποίηση των ετικετών, την δομή της επικοινωνίας με τις ετικέτες, καθώς και την μεταφορά δεδομένων μεταξύ ετικέτας και λογισμικού. Η τρίτη και καίρια συνιστώσα είναι το σύστημα επεξεργασίας δεδομένων, μέσω της οποίας οι αναγνώστες παίρνουν την εντολή για να ενεργοποιήσουν τις ετικέτες. Τα δεδομένα που καταγράφουν οι ετικέτες, με έναν μοναδικό κωδικό αναγνώρισης, αποστέλλονται είτε απευθείας στον κεντρικό υπολογιστή, είτε αποθηκεύονται για μελλοντική επεξεργασία. Το σύστημα RFID, προσφέρει μία αυτοματοποιημένη αναγνώριση και καταγραφή δεδομένων, ενώ ταυτόχρονα παρέχει ταχύτητα, ευελιξία και αξιοπιστία. [28]

Τα οφέλη, ωστόσο, ακολουθούνται και από μία σειρά προβλημάτων. Η ύπαρξη πολλών ετικετών και αναγνοστών στο ίδιο ασύρματο σύστημα συχνά προκαλεί παρεμβολές, καθώς όλες λειτουργούν βάσει ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα βρίσκεται στην δημιουργία πρωτοκόλλων, όπως το query tree – QT, το binary tree – BT και το frame slotted ALOHA – FSA, για την ανίχνευση πολλαπλών ετικετών. Παράλληλα, υπάρχουν τα συνήθη προβλήματα ασφάλειας, με τις μη προστατευμένες ετικέτες να είναι σχετικά ευάλωτες σε υποκλοπές, πλαστογραφήσεις, διακοπή των διαφόρων λειτουργιών, τα οποία λόγω του ήδη υψηλού κόστους του συστήματος, είναι δύσκολο να επιλυθούν. [28]

Δίκτυα Ασύρματων Αισθητήρων (Wireless Sensor Networks – WSN)

Ένα Δίκτυο Ασύρματων Αισθητήρων αποτελείται από αυτόνομες συσκευές με αισθητήρες, οι οποίες έχουν την ικανότητα να καταγράφουν μετρήσεις, να τις αποθηκεύουν, να χειρίζονται τα κατεγγραφήντα δεδομένα, αλλά και να επικοινωνούν μεταξύ τους. [29] Η ικανότητα του δικτύου των αισθητήρων να αναπτύσσεται εντός ή εκτός του επιθυμητού φαινομένου καταγραφής, το καθιστά ευέλικτο καθώς δεν είναι ανάγκη να προκαθοριστεί η θέση του με τις απρόσιτες περιοχές

να αποκτούν πλεονέκτημα. Συγχρόνως, η δυνατότητα της μεταξύ τους επικοινωνίας αλλά και η επεξεργασία των δεδομένων, τα καθιστούν ικανά αποστολής μόνο των απαραίτητων, αλλά και επεξεργασμένων δεδομένων στον κεντρικό υπολογιστή, παραλείποντας δεδομένα ενδιάμεσων διαδικασιών. Σημαντικό πλεονέκτημα ενός Δικτύου Ασύρματων Αισθητήρων, το οποίο έχει γίνει και ο κύριος σκοπός τέτοιων δικτύων, είναι τα χαμηλά επίπεδα απαραίτητης ισχύος. Λόγω της ύπαρξης πολλαπλών αισθητήρων, δημιουργούνται ταυτόχρονα πολλοί κόμβοι επικοινωνίας με αποτέλεσμα η πληροφορία να “ταξιδεύει” για μικρότερες αποστάσεις μέσα από διαφορετικούς διαδρόμους. Το γεγονός αυτό είναι σημαντικό για εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και την παράταση της διάρκειας ζωής του δικτύου.

Λόγω του μεγάλου αριθμού των αισθητήρων, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής αισθητήρων διαφορετικού τύπου, όπως θερμικού, οπτικού και υπέρυθρου, σεισμικού κ.α., με αποτέλεσμα την παρακολούθηση διαφόρων φαινομένων, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η πίεση, η κίνηση οχημάτων, η κάλυψη του εδάφους κ.α., ενώ η συνεχής ανίχνευση συμβάντων και αντικειμένων, η ταυτοποίησή τους και ο έλεγχός τους, προσδίδουν στα Δίκτυα Ασύρματων Αισθητήρων την δυνατότητα για πολλαπλές εφαρμογές, όπως η λειτουργία και η διαχείριση μιας «έξυπνης» πόλης, η ανίχνευση πυρκαγιών και πλημμυρών, αλλά και εφαρμογές στην υγεία. [29] [30]

2.3. Green Data Centers

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και διαφόρων εφαρμογών που έχουν ως βάση το Internet, έχει ως αποτέλεσμα την συσσώρευση πολλών δεδομένων και πληροφορίας. Τα δεδομένα αυτά αποθηκεύονται σε κτήρια, με την ύπαρξη υπολογιστών, τηλεπικοινωνιών και συσκευών αποθήκευσης να είναι έντονη σε αυτά. Με τα δεδομένα και τις πληροφορίες σήμερα να περιέχονται είτε σε φυσικούς servers, είτε σε υπολογιστικά νέφη (clouds), δημόσια ή ιδιωτικά, ένα Data Center, πρέπει να μπορεί να έχει πρόσβαση και να επικοινωνεί με όλα τα επιμέρους κέντρα δεδομένων. Ένα Data Center αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για απλές καθημερινές εφαρμογές, όπως η ηλεκτρονική αλληλογραφία και η ανταλλαγή πληροφοριών, η διαχείριση διαφόρων επιχειρήσεων, έως τα μαζικά δεδομένα (Big Data) και η τεχνητή νοημοσύνη.

Τα κύρια στοιχεία ενός Data Center είναι τα router, οι διακόπτες, τα τείχη προστασίας, οι servers, οι συσκευές αποθήκευσης και διάφορες υπολογιστικές εφαρμογές. Η αποθήκευση και η διαχείριση δεδομένων για ένα Data Center είναι ο κύριος στόχος, επομένως η ασφάλεια αυτών είναι κρίσιμη. Ένα Data Center παράλληλα, παρέχει την *υποδομή του δικτύου*, για την επικοινωνία μεταξύ των διακομιστών, τις διάφορες υπηρεσίες και την σύνδεση με τους τελικούς χρήστες, *την υποδομή για αποθήκευση*, που είναι και ο λόγος ύπαρξης ενός Data Center, και *τους υπολογιστικούς πόρους*, για την επεξεργασία, την μνήμη, την αποθήκευση και την σύνδεση του δικτύου με άλλες εφαρμογές. [31]

Οι ενεργειακές ανάγκες ενός Data Center είναι πολύ υψηλές λόγω της διατήρησης του εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία) σε επιθυμητά επίπεδα, αλλά και της λειτουργίας των server, της αποθήκευσης και της ασφαλείας. Η ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζονται τα Data

Centers υπολογίζεται ως το 1% της παγκόσμιας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ σημαντική είναι η συνεισφορά τους στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που είναι συγκρίσιμες με την εμπορική αεροπορική βιομηχανία. [32]

Ενοποίηση Διακομιστών (Server Consolidation)

Η Ενοποίηση Διακομιστών ή Server Consolidation είναι μία διαδικασία, κατά την οποία υπηρεσίες και εφαρμογές μεταφέρονται από πολλούς υπολογιστές σε μία μόνο μονάδα. Οι υπολογιστές αυτοί μπορούν να είναι είτε φυσικοί (desktops, laptops κτλ.), είτε εικονικοί (Virtual Machines – VMs). Με την Ενοποίηση Διακομιστών υπάρχει η δυνατότητα να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας σε ένα Data Center, τόσο από πλευράς λειτουργίας του συστήματος, όσο και ανάγκης διατήρησης του (η ανάγκη για ψύξη του συστήματος θα είναι μικρότερη), με οφέλη τόσο για το περιβάλλον (χρήση λιγότερων πόρων για παραγωγή ενέργειας), όσο και για την οικονομία. [33]

Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence - AI)

Καθώς ο όγκος των δεδομένων αυξάνεται, αυξάνεται παράλληλα και η δυσκολία διαχείρισής τους. Η ανάγκη αυτή έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης για να φέρουν σε πέρας αυτή τη δουλειά. Οι έξυπνες συσκευές του IoT λειτουργούν βάσει της τροφοδότησής τους με δεδομένα που λαμβάνονται, με αναλύσεις στοιχείων, αλλά και βάσει της συνδεσιμότητάς τους. Τέτοια πολύπλοκα συστήματα απαιτούν και πολύπλοκες αποφάσεις, με τα παραδοσιακά μοντέλα να αδυνατούν να τις φέρουν εις πέρας, ή η διαδικασία λήψης αποφάσεων να κρίνεται ιδιαίτερα χρονοβόρα. Οι αλγόριθμοι της Τεχνητής Νοημοσύνης έχουν την δυνατότητα να απορροφούν τα δεδομένα που καταγράφονται και να δημιουργούν βάσει αυτών πιο ακριβή μοντέλα στον τομέα της ενέργειας, και όχι μόνο. Με την συλλογή ιστορικών δεδομένων για θερμοκρασία, υγρασία, παροχή ενέργειας κ.α. από μετρητές και αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι σε ένα Data Center, υπάρχει δυνατότητα μέσω Τεχνητής Νοημοσύνης να γίνει πρόβλεψη των συνθηκών σε μελλοντικές χρονικές περιόδους με σκοπό την παροχή συστάσεων για την λειτουργία του συστήματος ψύξης για παράδειγμα. Έτσι, θα μπορέσουν να εξοικονομηθούν αρκετοί πόροι και ενέργεια. [32] [34]

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

Η ανάγκη για παραγωγή ενέργειας με λιγότερο κόστος και την μικρότερη ζημία για το περιβάλλον έχει οδηγήσει πολλές εταιρείες και οργανισμούς στην χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας για τις ανάγκες ενός Data Center (ψύξη κτλ.). Οι ενεργειακές ανάγκες ενός Data Center μπορούν να καλύπτονται πλήρως ή μερικώς από ανανεώσιμες πηγές, ενέργεια την οποία είτε παράγουν τα ίδια (self-generation), είτε την λαμβάνουν από παραπλήσια εργοστάσια (co-location). Ωστόσο, η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (π.χ. ηλιακή ακτινοβολία, άνεμος) καθορίζεται κυρίως από περιβαλλοντικούς παράγοντες, με αποτέλεσμα οι ενεργειακές ανάγκες να μην καλύπτονται πλήρως για μικρές ή μεγάλες χρονικές περιόδους. Η αβεβαιότητα αυτή είναι ένα

μεγάλο ζήτημα για τα Data Centers, καθώς η λειτουργία των συστημάτων και η ανταλλαγή δεδομένων είναι συνεχής. Ένας τρόπος για την αποφυγή τέτοιων προβλημάτων είναι η παροχή ενέργειας από μπαταρίες, είτε από το κεντρικό δίκτυο. Συγχρόνως, μεγάλο όφελος θα μπορούσε να προσφέρει η διαχείριση του φόρτου εργασίας, έτσι ώστε υψηλός φόρτος εργασίας να συμπίπτει με την σχεδόν μέγιστη παροχή ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές. Σε περίπτωση, για παράδειγμα, που κάποιες λειτουργίες του συστήματος μπορούν να αναβληθούν, θα ήταν προτιμότερο η παραγόμενη ενέργεια να αποθηκευτεί, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί την κατάλληλη στιγμή. Σε αυτό θα μπορούσε να φανεί πολύ χρήσιμη η τεχνητή νοημοσύνη, για την διαχείριση και επεξεργασία των δεδομένων και τον καθορισμό της παροχής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους. [35]

Σημαντική, ταυτόχρονα, στην ψύξη των συστημάτων ενός Data Center, είναι η επίδραση του φυσικού περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται αυτό. Η εγκατάσταση των δομών σε περιοχές με χαμηλές θερμοκρασίες θα οδηγούσε στην φυσική ψύξη των συστημάτων. Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η Φιλανδία, η οποία λόγω του ψυχρού κλίματός της, διαθέτει Data Centers με το χαμηλότερο κόστος ενέργειας για τους σκοπούς αυτούς. Συγχρόνως, η Microsoft πειραματίζεται στην εγκατάσταση υποθαλάσσιων Data Center, για την εκμετάλλευση της χαμηλής θερμοκρασίας της θάλασσας, αλλά και την ενέργεια που προέρχεται από τις παλίρροιες και τα κύματα. [32]

2.4. Cloud Computing

Το Cloud Computing είναι η εισαγωγή διαφόρων υπολογιστικών υπηρεσιών, όπως διακομιστές, χώροι αποθήκευσης, βάσεις δεδομένων, λογισμικών κ.α., στο διαδίκτυο. [36]

Μέσω του Cloud Computing υπάρχει η δυνατότητα μείωσης του κόστους για διαχείριση και συντήρηση των υπολογιστικών συστημάτων. Η χρήση των απαραίτητων υπηρεσιών μέσω Cloud, μπορεί επίσης, να λειτουργήσει ως παράγοντας για αποφυγή αγοράς επιπλέον εξοπλισμού, η αναζήτηση για τεχνική βοήθεια με φυσικά πρόσωπα μπορεί να σταματήσει, ενώ η ενεργειακή κατανάλωση ελαχιστοποιείται με αποτέλεσμα την μείωση του κόστους, ατομικά ή επιχειρησιακά. Παράλληλα, υπάρχει η δυνατότητα για διαχείριση των εξόδων ανάλογα με το μέγεθος των πληροφοριών που λαμβάνονται από το Cloud. Ακόμη, οι πάροχοι υπηρεσιών Cloud, προσφέρουν ενημέρωση σχετικά με τις ανάγκες του χρήστη όσον αφορά τις αναβαθμίσεις, τον χώρο αποθήκευσης κτλ., επιτρέποντας ευελιξία αλλά και εξοικονόμηση χρόνου. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι ο χρήστης έχει την δυνατότητα διατήρησης αντιγράφων ασφαλείας δεδομένων και διεργασιών, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει φόβος για την διαγραφή σημαντικών αρχείων κατά την διάρκεια πτώσης της τάσης, ακραίων καιρικών φαινομένων κτλ. Με την χρήση του Cloud Computing δίνεται ακόμη η δυνατότητα της εξ αποστάσεως εργασίας. Αρκεί η πρόσβαση στο διαδίκτυο για την εργασία από οποιαδήποτε τοποθεσία, καθώς όλα τα δεδομένα είναι διαθέσιμα να ανακτηθούν εύκολα και γρήγορα. Συγχρόνως, οι εργαζόμενοι μιας επιχείρησης δεν είναι ανάγκη να βρίσκονται στην ίδια τοποθεσία, αλλά μπορούν να επικοινωνούν και να αλληλεπιδρούν ανά πάσα στιγμή και να διαχειρίζονται τα ίδια αρχεία. [37]

Ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη υπάρχουν και διαφορετικοί τύποι Cloud Computing που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Το Infrastructure as a Service – IaaS – είναι η πιο βασική κατηγορία, όπου ένας χρήστης πληρώνει για όσο επιθυμεί την παροχή υποδομής, όπως διακομιστές, εικονικές μηχανές (VMs), αποθηκευτικό χώρο και λειτουργικά συστήματα. Το Platform as a Service – PaaS – είναι μία υπηρεσία του Cloud Computing, που αναφέρεται κυρίως σε προγραμματιστές εφαρμογών. Μέσω αυτού δίνεται η δυνατότητα για ανάπτυξη, δοκιμή και διαχείριση διάφορων εφαρμογών, χωρίς να απασχολεί τον χρήστη το δίκτυο, ο χώρος αποθήκευσης και οι βάσεις δεδομένων. Στην ίδια βάση με το PaaS, υπάρχει το Serverless Computing, μία υπηρεσία στην οποία ο χρήστης σχεδιάζει εφαρμογές, ενώ ο πάροχος του Cloud χειρίζεται την εγκατάσταση, την διαχείριση του χώρου αποθήκευσης και του διακομιστή. Η χρήση των πόρων σε αυτή την υπηρεσία γίνεται μόνο όταν τεθεί σε λειτουργία μία συγκεκριμένη εφαρμογή. Τέλος, το Software as a Service – SaaS – είναι μία υπηρεσία κατά την οποία ένας χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει μία σειρά από εφαρμογές που παρέχονται μέσω διαδικτύου. Όλη η συντήρηση και αναβάθμιση του λογισμικού είναι υπό την ευθύνη του παρόχου του Cloud. [36]

Το Cloud Computing θα μπορούσε να γίνει ένα πολύ σημαντικό εργαλείο για την γεωργία. Η σύγχρονη γεωργία ακολουθεί συστήματα τα οποία βασίζονται σε δεδομένα που λαμβάνονται συνεχώς μέσω δικτύων αισθητήρων και σχετικών IoT εφαρμογών. Ο όγκος των δεδομένων αυτών είναι αρκετά μεγάλος, έτσι ώστε τα συμβατικά συστήματα να μην μπορούν να τον διαχειριστούν. Μία προτεινόμενη υπηρεσία που βασίζεται στο Cloud Computing είναι το Agriculture as a Service – AaaS. Η υπηρεσία αυτή θα πρέπει να μπορεί να διαχειριστεί διαφορετικού τύπου δεδομένα για τομείς όπως η καλλιέργεια, ο καιρός, το έδαφος, οι ασθένειες και τα παράσιτα, η παραγωγικότητα, η άρδευση, ο εξοπλισμός κ.α.. Με την βοήθεια του Cloud θα πρέπει να γίνεται συλλογή δεδομένων από αισθητήρες και προκαθορισμένες συσκευές, ταξινόμηση των ληφθέντων δεδομένων σε συγκεκριμένες κατηγορίες μέσω ανάλυσης, αποθήκευση των δεδομένων αυτών στο Cloud για ενδεχόμενη μελλοντική χρήση και διάγνωση της εκάστοτε γεωργικής κατάστασης για λήψη αποφάσεων αυτόματα. [38]

Ένα Cloud, ανάλογα με την τοποθεσία που βρίσκεται και τον κάτοχό του, μπορεί να διαχωριστεί σε τρεις κατηγορίες: το Δημόσιο (Public Cloud), το Ιδιωτικό (Private Cloud) και το Υβριδικό (Hybrid Cloud). Τα Public Clouds είναι περιβάλλοντα τα οποία έχουν δημιουργηθεί από υποδομές πληροφορικής και δεν κατέχονται από τον τελικό χρήστη. Ο διαχωρισμός ως προς την τοποθεσία έχει ξεπεραστεί, καθώς τα περισσότερα Public Clouds πλέον παρέχουν τις υπηρεσίες τους εντός εγκαταστάσεων, γεγονός που δεν συνηθιζόταν πριν. Όταν ένα Cloud διαχωρίζεται και χρησιμοποιείται από πολλούς χρήστες, τότε γίνεται δημόσιο. Μία ακόμα διαφοροποίηση σχετικά με παλιότερα είναι ότι οι υπηρεσίες πολλών Public Clouds διατίθενται πλέον δωρεάν. Στον αντίποδα, τα Private Clouds ορίζονται σαν τα περιβάλλοντα τα οποία ανήκουν σε έναν μοναδικό χρήστη ή ομάδα χρηστών. Τέτοια Cloud συνήθως προστατεύονται από ένα τείχος προστασίας (firewall), ενώ μπορούν να διαχωριστούν σε δύο επιμέρους κατηγορίες, τα Managed Private Clouds, τα οποία διαχειρίζονται οι προμηθευτές για λογαριασμό μιας εταιρείας ή οργανισμού, και

τα Dedicated Clouds, τα οποία ουσιαστικά διαμορφώνονται εντός ενός ιδιωτικού cloud, για ένα συγκεκριμένο μόνο σκοπό. Τέλος, τα Hybrid Clouds είναι περιβάλλοντα τα οποία συνδυάζουν τοπικά δίκτυα (LAN), δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN) και εικονικών ιδιωτικών δικτύων (VPN) ή/και διεπαφών προγραμματισμού εφαρμογών (API). Τα χαρακτηριστικά ενός Hybrid Cloud μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τέτοιων περιβαλλόντων, ωστόσο, ένα cloud γίνεται υβριδικό, όταν οι εφαρμογές έχουν την δυνατότητα να μετακινούνται εντός ή εκτός πολλαπλών ξεχωριστών cloud. Τα ξεχωριστά αυτά περιβάλλοντα μπορούν να κλιμακωθούν κατά παραγγελία, αλλά όλα βρίσκονται υπό μία ολοκληρωμένη πλατφόρμα διαχείρισης. [39]

2.5. Smart Grids

Ένα Έξυπνο Δίκτυο (Smart Grid) είναι ένα δίκτυο ηλεκτρισμού διπλής κατεύθυνσης του ηλεκτρισμού και δεδομένων, με ψηφιακές τεχνολογίες να επιτρέπουν την ανίχνευση, την δράση και την αντίδραση στην χρήση και άλλα ζητήματα. Τα Έξυπνα Δίκτυα έχουν δυνατότητες αυτό-διάγνωσης, ενώ σε σχέση με τα κλασικά δίκτυα οι τελικοί χρήστες είναι ενεργοί, χωρίς ο ρόλος τους να επαφίεται σε αυτόν του τελικού καταναλωτή. [40] Σε ένα Έξυπνο Δίκτυο οι συσκευές έχουν την δυνατότητα να επικοινωνούν τόσο με τους παρόχους, όσο και με τους καταναλωτές με σκοπό την διαχείριση της ζήτησης, την προστασία του δικτύου από βλάβες, την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και συνεπώς την συνολική μείωση του κόστους. Συγχρόνως, εκτός των πλεονεκτημάτων κατά την παραγωγή και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, προσφέρει αποθήκευση της ενέργειας. Η λήψη πληροφοριών σχετικά με την “ενεργειακή” συμπεριφορά στην παραγωγή και την κατανάλωση είναι ένας τρόπος για μεγαλύτερη απόδοση, αξιοπιστία, οικονομία, ενώ δείχνει τον δρόμο για την βιωσιμότητα της παραγωγής και της διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Η σχέση των έξυπνων δικτύων με τις ΑΠΕ, παράλληλα, μπορεί να μειώσει σε σημαντικό βαθμό τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. [41] [42]

Ένα σημαντικό ζήτημα είναι οι απώλειες ενέργειας κατά την διανομή της. Σε ένα παραδοσιακό δίκτυο, η ενέργεια παράγεται από λίγες κεντρικές μονάδες παραγωγής και μεταφέρεται με καλώδια υψηλής τάσης στους καταναλωτές. Οι αποστάσεις αυτές μπορεί να είναι τεράστιες με αποτέλεσμα λόγω των αντιστάσεων των καλωδίων και της παραγωγής θερμότητας, μεγάλο μέρος της ενέργειας να χάνεται και να χρειάζεται αύξηση της παραγωγής ενέργειας προς αντικατάστασή της. Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη το 2016, σε χώρες όπως το Ιράκ, την Αϊτή και το Κονγκό οι απώλειες ενέργειας αγγίζουν το 50%, ενώ αυτό το ποσοστό είναι μικρότερο για πιο ανεπτυγμένες χώρες με το ποσοστό αυτό για τις ΗΠΑ να είναι 6%, 5% για την Γερμανία και 2% για την Σιγκαπούρη. Οι αντίστοιχες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως, ισοδυναμούν με 1 δισεκατομμύριο τόνους διοξειδίου του άνθρακα, ποσότητα συγκρίσιμη με τις ετήσιες ποσοτήτων εκπομπών από βαρέα οχήματα. [43]

Distributed Generation

Για την αντιμετώπιση τέτοιων ζητημάτων, δημιουργήθηκε η Κατανεμημένη Παραγωγή (Distributed Generation ή On-site Generation ή Decentralized Generation). Σύμφωνα με το αυτόν

τον όρο, η παραγωγή ενέργειας γίνεται επί τόπου χωρίς να χρειάζεται η διανομή της για μεγάλες αποστάσεις. Καθώς η παραγωγή ενέργειας γίνεται σε μικρότερες ποσότητες και χωρικά πιο κοντά στους τελικούς καταναλωτές, αυξάνεται σε μεγάλο βαθμό η ενεργειακή απόδοση, μειώνεται η ρύπανση από εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και παρέχονται οικονομικά οφέλη από την μείωση των αναγκών για μεταφορά της ενέργειας. Παράλληλα, λόγω των κατανεμηθέντων δικτύων, σε περίπτωση βλάβης αποφεύγεται το γεγονός να μην υπάρχει παροχή ρεύματος σε πολλούς καταναλωτές. Οι μικρότερες μονάδες, παράγουν ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές (ηλιακή και αιολική ενέργεια), μέσω της εκμετάλλευσης αποβλήτων, ενώ κάνουν χρήση της θερμότητας που παράγεται από συμβατικές πηγές για την θέρμανση κτηρίων ή νερού. [44] Συγχρόνως, οι δυνατότητες των Έξυπνων Δικτύων, ως προς τις αυτοματοποιήσεις και την αμφίδρομη επικοινωνία, επιτρέπουν την παρακολούθηση πολλών επιμέρους εγκαταστάσεων παραγωγής, την λήψη αποφάσεων και την εφαρμογή στρατηγικών ταυτόχρονα και σε πολύ σύντομα χρονικά διαστήματα. [45]

Παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας

Ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας ενός Smart Grid προέρχεται από κατανεμημένες στο δίκτυο μονάδες παραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, όπως ηλιακή, αιολική κτλ. Κάνοντας χρήση του Internet of Things, συλλέγονται δεδομένα στο δίκτυο και με βάση υπηρεσιών γίνεται συνεχής αυτό-αξιολόγηση. Έτσι, δεν χρειάζεται πλέον η βοήθεια των καταναλωτών με αναφορές για βλάβες στο σύστημα, αλλά η διάγνωση γίνεται από το ίδιο το δίκτυο. Η δυνατότητα αυτή “αυτό-θεραπείας” (self-healing) αποτελεί καίρια συνιστώσα για τα έξυπνα δίκτυα. Η συλλογή δεδομένων είναι ο συνδετικός κρίκος μεταξύ έξυπνου δικτύου και ΑΠΕ. Η εισαγωγή πολλών αισθητήρων, που ανιχνεύουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες, επιτρέπει την άμεση αποστολή πληροφοριών, προειδοποιώντας για ζητήματα που απαιτούν άμεση επίλυση.

Η εισαγωγή ημι-αγώγιμων υλικών, όπως το πυρίτιο, υποστηρίζουν τον συνδυασμό πράσινης ενέργειας και έξυπνων δικτύων. Λόγω της δυνατότητας τοποθέτησης σε αυτά πολλών τρανζίστορ, επιτεύχθηκε η ανάπτυξη του IoT στα έξυπνα δίκτυα, με την σύνδεση στο δίκτυο πολλών συσκευών, για την ομοιόμορφη κατανομή και την εξασφάλιση της συνέπειας μεταξύ παροχής και ζήτησης. Με την ενσωμάτωση τέτοιων υλικών η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια μειώνεται καθώς ορίζονται διαφορετικές χρονικές στιγμές για την εκτέλεση διαφόρων διεργασιών, όπως η φόρτιση ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου την νύχτα, όπου η ενέργεια που καταναλώνεται για άλλους σκοπούς είναι μικρή. Παράλληλα, μπορούν να λειτουργούν αυτόματα διάφορες συσκευές, όπως τα φώτα, ανάλογα με τις ανάγκες. [46]

Σημαντικό ζήτημα είναι η εισαγωγή της ενέργειας από ΑΠΕ στο δίκτυο. Για την παραγωγή ενέργειας, όπως αιολική, υδροηλεκτρική κ.α., χρησιμοποιούνται τουρμπίνες μεταβλητής ταχύτητας. Στις τουρμπίνες αυτές, γενικά, γίνεται μετατροπή ισχύος AC – DC – AC, δηλαδή από εναλλασσόμενο σε συνεχές και από εκεί ξανά σε εναλλασσόμενο, με τον στρόβιλο να περιστρέφεται έτσι ώστε να εξάγει την μέγιστη ισχύ ή να ελαχιστοποιεί τα μηχανικά φορτία στην τουρμπίνα. Στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών συστημάτων όπου παράγεται συνεχές ρεύμα, για

την εισαγωγή της παραγόμενης ενέργειας στο δίκτυο είναι απαραίτητη η μετατροπή του σε εναλλασσόμενο. [47] Μέχρι τώρα τα καταναμημένα δίκτυα λειτουργούσαν με εναλλασσόμενο ρεύμα, αλλά σήμερα οι περισσότερες συσκευές λειτουργούν με συνεχές ρεύμα, το οποίο και παράγεται από τις περισσότερες ΑΠΕ. Παράλληλα, με λειτουργίες συνεχούς ρεύματος συνδέονται και οι μπαταρίες.

Τα έξυπνα δίκτυα (SG) χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τα SG εναλλασσόμενου ρεύματος (AC SG) και τα SG συνεχούς ρεύματος (DC SG). Τα περισσότερα τωρινά δίκτυα είναι εναρμονίζονται με τεχνολογίες εναλλασσόμενου ρεύματος, καθώς είναι ο τύπος ρεύματος που παράγεται από τις περισσότερες μονάδες, καθώς η παραγωγή του έχει μικρότερο κόστος, όπως και μεταφορά του έχει μικρότερες απώλειες για μεγάλες αποστάσεις. [51] Ωστόσο, σε ένα τέτοιο δίκτυο παρουσιάζονται πολλά μειονεκτήματα, όπως η σταθερότητα και η ανάγκη για άεργη ισχύ. Παράλληλα, σε συστήματα χαμηλής τάσης με συσκευές μετατροπής AC/DC, η προσθήκη πολλών συσκευών μπορεί να δημιουργήσει παραμορφώσεις στις κυματομορφές. Από την άλλη, ένα DC SG, φαίνεται να κερδίζει έδαφος, καθώς όπως είπαμε οι περισσότερες τουρμπίνες ανανεώσιμων πηγών παράγουν απευθείας συνεχές ρεύμα, ενώ οι περισσότερες καινούργιες συσκευές μπορούν να τροφοδοτηθούν με συνεχές ρεύμα. Τέλος, ένα DC SG μπορεί να εγγυηθεί την συνέχεια στην λειτουργία, καθώς έχει την δυνατότητα λειτουργίας σε island mode, που σχετίζεται με την παραγωγή ενέργειας εκτός δικτύου. Ωστόσο, παρουσία AC φορτίων θα χρειαζόταν την ύπαρξη μετασχηματιστών DC/AC στο δίκτυο. Μία καλή περίπτωση για την αποφυγή προβλημάτων που δημιουργούνται από τα δίκτυα εναλλασσόμενου ρεύματος είναι ο συνδυασμός των δυο τύπων δικτύου και η χρήση ενός υβριδικού έξυπνου δικτύου (Hybrid Smart Grid), δηλαδή ενός δικτύου που θα περιλαμβάνει τόσο πλέγματα συνεχούς, όσο και εναλλασσόμενου. Η συσχέτιση αυτή μπορεί να γίνει με απλές συσκευές που συνδέουν καταναμημένες μονάδες παραγωγής με τα δίκτυα. Σε ένα τέτοιο δίκτυο, η ύπαρξη συνεχούς ρεύματος μπορεί να αποτρέψει την χρήση κυκλωμάτων Διόρθωσης Συντελεστή Ισχύος (PFC) για την σύνδεση συσκευών, μειώνοντας τις απώλειες ισχύος και αυξάνοντας την ποιότητα, ενώ η δυνατότητα λειτουργίας σε island mode του δικτύου συνεχούς ρεύματος αποτρέπει τα σφάλματα που προκύπτουν από την πλευρά του AC. [49]

State estimation

Το State Estimation – SE – είναι μία βασική λειτουργία για την παρακολούθηση και τον σχεδιασμό δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας, εξασφαλίζοντας την ομαλή και ασφαλή λειτουργία των δικτύων. Το SE επιτρέπει σε συστήματα διαχείρισης ενέργειας (EMS) και τμήματα αυτών, όπως το Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA), σε συνδυασμό με υπάρχουσες γνώσεις πάνω στην τοπολογία και τις σύνθετες αντιστάσεις του δικτύου, την παρακολούθηση μέσω μοντέλων σε πραγματικό χρόνο, τον έλεγχο και την βελτιστοποίηση της απόδοσης αυτού. Μία ακόμη χρήση του SE, είναι οι εκτιμήσεις βασισμένες στο SE για την αξιοπιστία και την ασφάλεια του δικτύου, που αναπτύχθηκαν για την ανάλυση και την επίλυση απρόβλεπτων καταστάσεων, όπως πτώσεις τάσης. [50]

Ένα από τα σημεία που βασίζεται η λειτουργία του SE είναι οι Μονάδες Μέτρησης Φάσης (Phasor Measurement Units – PMUs). Τα όργανα αυτά χρησιμοποιούν συσκευές GPS για τον συγχρονισμό των μετρήσεων των φάσεων τάσης θετικής ακολουθίας σε διαύλους του δικτύου και των φάσεων ρεύματος θετικής ακολουθίας που συνδέονται με τους διαύλους αυτούς. Οι μετρήσεις που λαμβάνονται βάσει PMU είναι περίπου 30 ανά δευτερόλεπτο, επομένως παρέχονται στιγμιότυπα σε πραγματικό χρόνο για την ανίχνευση της κατάστασης του δικτύου. [51] Ο στόχος των έξυπνων δικτύων για μεγάλη κατανομή των δικτύων, απαιτεί το σύστημα Παρακολούθησης, Προστασίας και Ελέγχου Ευρείας Περιοχής (Wide-area Monitoring, Protection And Control – WAMPAC). Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει την χρήση πληροφοριών όλου του συστήματος σε μία μεγάλη περιοχή και την επικοινωνία με απομακρυσμένες μονάδες για την αντιμετώπιση εξάπλωσης διαταραχών. Με την χρήση τέτοιων συστημάτων μπορούν να αποφευχθούν μελλοντικές διακοπές, που επιφέρουν μεγάλα κόστη επιδιόρθωσης, αλλά αυξάνεται και η αξιοπιστία κατά την διανομή της ενέργειας. Ένα σημαντικό σημείο ενός συστήματος WAMPAC που πρέπει να τονιστεί είναι η ανάγκη για την ελάχιστη δυνατή καθυστέρηση επικοινωνίας (latency), που βάσει αυτού προχωράει ολόκληρος ο σχεδιασμός του συστήματος. [52]

Ηλεκτρικά οχήματα σε ένα Smart Grid

Η ανάπτυξη ενός έξυπνου δικτύου μπορεί ενσωματώσει μία νέα γενιά αυτοκίνησης, τα Plug-in Hybrid Vehicles – PEVs. Ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο μπορεί να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε αυτόν τον τομέα, αλλά και να βοηθήσει στην μείωση κατανάλωσης μη ανανεώσιμων πηγών, όπως το πετρέλαιο. Ωστόσο, με την σύνδεση του οχήματος στο δίκτυο προς φόρτιση παρέχεται ενέργεια από σταθμούς που λειτουργούν με τέτοιες πηγές. [53] Παράλληλα, με την φόρτιση ενός τέτοιου οχήματος από οποιοδήποτε σημείο του δικτύου, αυξάνεται το φορτίο που μπορεί να επηρεάσει την σταθερότητα, αλλά και την δυναμική ισχύ του. Για την αποφυγή τέτοιων προβλημάτων εξετάζονται μέθοδοι, όπως η προσέγγιση του Valley Filling (Valley Filling Approach), του Vehicle to Grid (Vehicle to Grid Approach – V2G) και του Advanced Metering Infrastructure.

Valley Filling Approach

Η προσέγγιση αυτή δημιουργήθηκε πρώτη φορά από το Pacific Northwest National Laboratory, με σκοπό την βελτιστοποίηση της χρήσης του δικτύου των ΗΠΑ, για την αντικατάσταση του 75% των οχημάτων με ηλεκτρικά. Η βασική ιδέα της προσέγγισης Valley Filling είναι η εύρεση διαθέσιμης χωρητικότητας μιας περιοχής, βασιζόμενη στο όριο μεταξύ της πλήρους χωρητικότητας μιας μονάδας και του παραγόμενου φορτίου. [54] Πιο συγκεκριμένα, έχει προταθεί η συντονισμένη φόρτιση εντός του έξυπνου δικτύου, με σκοπό οι μεγάλες απαιτήσεις που υφίστανται σε ώρες αιχμής να μετατοπιστούν σε ώρες εκτός αιχμής. Το κλειδί σε αυτή την περίπτωση είναι η ρύθμιση των συσσωρευτών των ηλεκτρικών οχημάτων, ώστε να κατανέμουν τα φορτία για την κάλυψη της “κοιλιάς” που δημιουργείται στο φορτίο του δικτύου τις ώρες εκτός αιχμής. Έτσι, θα μπορούσε να αξιοποιηθεί η πλεονάζουσα ισχύς τις ώρες αυτές, αλλά ταυτόχρονα και να αποσυμφορηθεί το δίκτυο σε ώρες υψηλής κατανάλωσης. Παραδείγματος

χάριν, η φόρτιση ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου θα μπορούσε να ρυθμιστεί να γίνεται τις νυχτερινές ώρες, όπου η κατανάλωση για άλλους σκοπούς είναι χαμηλή. [55]

Vehicle to Grid Approach

Σε αυτή την προσέγγιση τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να μετατραπούν σε Μονάδες Αποθήκευσης Ενέργειας (Energy Storage Units – ESUs). Οι μονάδες αυτές είναι ουσιαστικά γεννήτριες, οι οποίες έχουν την ικανότητα παροχής σταθερής ισχύος σε ώρες αιχμής, όποτε είναι και απαραίτητο, ενώ ταυτόχρονα αποθηκεύουν την πλεονάζουσα ενέργεια σε ώρες που η κατανάλωση είναι χαμηλή. Παράλληλα, οι μονάδες ESU μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για αποθήκευση ενέργειας από ΑΠΕ, ένα πρόβλημα των ανανεώσιμων πηγών, καθώς αυτές παράγουν ενέργεια οποιαδήποτε στιγμή υπάρχει το κατάλληλο δυναμικό (ηλιακό, αιολικό) και όχι απαραίτητα σε ώρες αιχμής. Τέτοιες μονάδες είναι μπαταρίες ή υπερπυκνωτές, ενώ ένα ηλεκτρικό όχημα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως τέτοια μονάδα.

Ο σχεδιασμός της μπαταρίας ενός ηλεκτρικού οχήματος αφορά την αύξηση της χωρητικότητας αυτής με σκοπό την ικανότητα για περισσότερα χιλιόμετρα οδήγησης και την ικανότητα για γρήγορη εκφόρτιση με σκοπό την πιο γρήγορη επιτάχυνση. Τα δύο αυτά στοιχεία μπορούν να κάνουν ένα σταθμευμένο όχημα μία ικανή μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, με σκοπό την επίλυση πολλών προβλημάτων υπερφόρτωσης του δικτύου. Παράλληλα, η ικανότητα της μπαταρίας ενός τέτοιου οχήματος να φορτίζεται όταν ο οδηγός πατάει φρένο, η παραγόμενη αυτή ενέργεια μπορεί να μεταφερθεί στο δίκτυο, όταν το όχημα είναι σταθμευμένο. [54]

2.6. Smart Meters

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας της πληροφορικής έχει φτάσει σε τέτοιο επίπεδο ώστε να παρέχονται υποδομές για την εφαρμογή διαφόρων υπηρεσιών, πέρα από την απλή κατανάλωση της ενέργειας. Μερικές τέτοιες υπηρεσίες είναι η Αυτοματοποιημένη Ανάγνωση Μετρητών (Automated Meter Reading – AMR), η Αυτοματοποιημένη Διαχείριση Μετρητών (Automated Meter Management – AMM), η Προηγμένη Υποδομή Μέτρησης (Advanced Meter Infrastructure – AMI), η διαχείριση ζήτησης – ανταπόκρισης και η τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο. [56]

Οι έξυπνοι μετρητές είναι προηγμένοι μετρητές ενέργειας, οι οποίοι έχουν την ικανότητα να μετρούν την ενεργειακή κατανάλωση και να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με αυτή τόσο στον καταναλωτή, όσο και στον πάροχο ενέργειας. Ένα από τα πλεονεκτήματα ενός έξυπνου μετρητή είναι η ικανότητα καταγραφής δεδομένων, όπως η τιμή της τάσης, σε πραγματικό χρόνο, ενώ η ικανότητά του για αμφίδρομη επικοινωνία δίνει την δυνατότητα καταγραφής και του ηλεκτρικού ρεύματος που παρέχει ο καταναλωτής, μέσω π.χ. ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στο δίκτυο. Ένα τέτοιο σύστημα περιέχει έναν έξυπνο μετρητή, μία υποδομή επικοινωνίας και συσκευές ελέγχου. Οι πληροφορίες που μπορεί να καταγράψει ένας έξυπνος μετρητής αφορούν το δίκτυο παροχής ενέργειας, όλες τις οικιακές συσκευές ενός σπιτιού, ενώ του επιτρέπεται και ο έλεγχος αυτών, καθώς και η επικοινωνία με άλλους έξυπνους μετρητές με την κατάλληλη άδεια. Ο καταναλωτής χρεώνεται ανάλογα με τα δεδομένα που έχει συλλέξει ο μετρητής μετά τις μετρήσεις που έχει

λάβει σχετικά με την κατανάλωση από το δίκτυο, την κατανάλωση από κατανεμημένες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) και την αποθηκευμένη σε συσκευές ενέργεια. Με τον διαχωρισμό που έχει την ικανότητα να κάνει ο μετρητής, σχετικά με την κατανάλωση, ο ιδιοκτήτης πληρώνει μόνο για την ενέργεια που παρέχεται από το δίκτυο και όχι από πιθανών υπάρχουσες ιδιόκτητες πηγές ενέργειας. Οι δυνατότητες ελέγχου που μπορεί να δώσει ο μετρητής είναι ο περιορισμός της κατανάλωσης όταν αυτή βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, ενώ μπορεί να διακόψει ή να επανασυνδέσει την παροχή ρεύματος, ανάλογα με τις επιθυμίες του πελάτη, τόσο από κοντά, όσο και από απόσταση.

Με βάση τις πληροφορίες συστημάτων έξυπνων μετρητών οι εταιρείες παροχής ενέργειας έχουν την δυνατότητα ελέγχου την κατανάλωσης, διαμορφώνοντας καλύτερα την παραγωγή της, ενώ μπορούν να προτείνουν στους καταναλωτές διάφορα προγράμματα, ανάλογα με την εκάστοτε χρήση της ενέργειας για περισσότερη οικονομία και απόδοση των συσκευών τους. Παράλληλα, σημαντικό πλεονέκτημα είναι η αυτόματη διαχείριση του φωτισμού, της θέρμανσης ή του κλιματισμού σε ένα σπίτι βάσει χρονοδιαγραμμάτων που προκύπτουν από τα καταγεγραμμένα δεδομένα. Τέλος, οι εταιρείες παραγωγής θα έχουν την δυνατότητα ανίχνευσης για κλοπές ρεύματος.

Όπως είπαμε κύρια λειτουργία ενός έξυπνου μετρητή είναι η καταγραφή δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά λόγω του ότι καθορίζουν πολλές λειτουργίες είναι άκρως ευαίσθητα και πρέπει να υπάρχουν εγγυήσεις σχετικά με την μη διαρροή τους. Είναι εξίσου σημαντικό πως τα δεδομένα αυτά δεν πρέπει να περιέχουν λανθασμένες ή παραποιημένες πληροφορίες σχετικά με την κατανάλωση και την κατάσταση του δικτύου. Συνεπώς, ο σχεδιασμός του συστήματος επικοινωνίας των έξυπνων μετρητών αποτελεί κύριο μέλημα. Ένα τέτοιο σύστημα επικοινωνίας, αποτελείται από τον τομέα μετάδοσης, όπου διασφαλίζεται η προβλεπόμενη μετάδοση και η συνέχεια της παραγόμενης ενέργειας, τον τομέα διανομής, στον οποίο γίνεται παρακολούθηση και έλεγχος για σφάλματα, τις συσκευές επικοινωνίας, όπως θύρες πρωτοκόλλου, συλλέκτες δεδομένων και repeaters, τις λειτουργίες δικτύου, με τις οποίες συντονίζονται δεδομένα και σήματα ελέγχου μεταξύ καταναλωτών, παρόχων και συσκευών. Η ανάγκη για ασφάλεια έφερε ως αποτέλεσμα την δημιουργία μοναδικών αναγνωριστικών ταυτοτήτων για κάθε μετρητή, με τις ταυτότητες αυτές να δίνονται σε όλες τις συνιστώσες του συστήματος και να διασφαλίζονται μέσω τεχνικών κρυπτογράφησης.

Τα συστήματα επικοινωνίας πρέπει να επιλέγονται με βάση συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως το κόστος, το εύρος μετάδοσης, την διαθέσιμη ασφάλεια των δεδομένων, τον μέγιστο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων (bandwidth), την ποιότητα ισχύος και τον ελάχιστο δυνατό αριθμό επαναλήψεων. Τέτοια συστήματα, για την μεταφορά δεδομένων, μπορεί να βασίζονται σε Bluetooth τεχνολογία ή σε επικοινωνίες όπως την Επικοινωνία Γραμμής Ρεύματος (Power Line Carrier – PLC), όπου γίνεται χρήση του υπάρχοντος ηλεκτρικού δικτύου, του δικτύου κινητής τηλεφωνίας, ασύρματων μόντεμ κτλ., ή την Ευρυζωνική Σύνδεση μέσω γραμμών ισχύος (Broadband Power Line – BPL). Άλλοι τρόποι επικοινωνίας είναι το Session Initiation Protocol – SIP – που επιτρέπει την μεταφορά πολυμεσικών πληροφοριών, είτε μέσω του τοπικού δικτύου,

είτε μέσω διαδικτύου, το δίκτυο βάσει Peer to Peer (P2P) και η τεχνολογία GPRS, μέσω της οποίας μπορούν να μεταφέρονται τόσο δεδομένα, όσο και σήματα για μεγάλες αποστάσεις. [57]

Advanced Metering Infrastructure – AMI (Smart meters and Plug-in Hybrid Vehicles – PEVs)

Το περιβάλλον αυτό αποτελείται από μετρητές που συνδέονται τόσο με το όχημα, όσο και με το έξυπνο δίκτυο. Αυτοί οι μετρητές έχουν διπλή δουλειά, από την μία μετρούν την ηλεκτρική ενέργεια που λαμβάνει το όχημα από το δίκτυο, αλλά και την αντίστοιχη ενέργεια που μεταφέρεται από το όχημα στο δίκτυο. Στο περιβάλλον αυτό παράλληλα, υπάρχει δυνατότητα παροχής πληροφοριών για την SoC (State of Charge), αλλά και τον χρόνο στάθμευσης του οχήματος και συνεπώς την ανταλλαγή της ενέργειας μεταξύ αυτού και του δικτύου. Το περιβάλλον αυτό περιλαμβάνει την Ενσωματωμένη Μονάδα Διαχείρισης Ενέργειας και αποτελείται από το Τμήμα Επικοινωνίας, με την ύπαρξη μιας συσκευής GPS για την αναφορά της SoC και της ταυτότητας του οχήματος, το Τμήμα Πρόβλεψης, το οποίο κάνει εκτιμήσεις σχετικά με την εν κινήσει SoC του οχήματος και το Τμήμα Μέτρησης το οποίο μετράει την SoC του οχήματος. [54]

2.7. Smart Home

Το Έξυπνο Σπίτι ως έννοια, είναι ένα σπίτι εξοπλισμένο με έξυπνα αντικείμενα, τα οποία είναι όλα συνδεδεμένα σε ένα ενιαίο δίκτυο επιτρέποντάς τους την επικοινωνία μέσω μεταφοράς πληροφοριών. Παράλληλα, η ύπαρξη μίας οικιακής πύλης επιτρέπει την σύνδεση του έξυπνου σπιτιού με το διαδίκτυο, μέσω του οποίου ο πάροχος είναι υπεύθυνος για νέες χρήσιμες υπηρεσίες. Το σχέδιο για ένα έξυπνο σπίτι, ξεκινώντας από απλές λειτουργίες, όπως ο φωτισμός ή η θέρμανση, έφτασε σε επίπεδο να συμπεριλαμβάνει όλες τις ηλεκτρικές συσκευές, όπως ψυγεία και πλυντήρια, με σκοπό, όχι απλώς τον έλεγχο αυτών, αλλά και την παρακολούθηση του περιβάλλοντος στο εσωτερικό και των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα εντός του σπιτιού.

Η τεχνολογία Busline, βάσει της οποίας όλες οι συσκευές από όλα τα δωμάτια του σπιτιού, επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ενός καλωδίου, είναι από τις πρωτοπόρες για την δημιουργία ενός δικτύου συσκευών, ωστόσο έχουν αναπτυχθεί πολλές ακόμη, δίνοντας την ευκαιρία για την μετάβαση από απλές διαδικασίες, όπως η πρόσβαση σε πολυμέσα και η θέρμανση, σε πιο πολύπλοκες, όπως η απλούστευση της ζωής των νοικοκυριών, η εξοικονόμηση ενέργειας και η παροχή λύσεων για μεγαλύτερη άνεση και ασφάλεια. [58]

Η ανάπτυξη στον τομέα της τεχνολογίας δεν αρκείται μόνο στην επικοινωνία εντός του σπιτιού, αλλά και εκτός αυτού. Έτσι, υπάρχουν πέντε διαφορετικές τεχνολογίες ανάλογα με το εύρος περιοχής κάλυψης. Ξεκινώντας με την τεχνολογία που περιλαμβάνει το μεγαλύτερο εύρος κάλυψης, το Δίκτυο Ευρείας Περιοχής (Wide Area Network – WAN) βασίζεται σε δορυφόρους ή κεραίες εγκατεστημένες σε πύργους ή κτήρια. Ένα WAN προσφέρει τρόπους επικοινωνίας και ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ συσκευών, που ικανοποιούν κάθε ατομική ή επιχειρησιακή ανάγκη σε όλο τον κόσμο, με το Διαδίκτυο να είναι το πιο γνωστό Δίκτυο Ευρείας Περιοχής. Θα μπορούσε να χαρακτηριστεί η σύνδεση πολλών επιμέρους μικρότερων δικτύων. [58] [59] Συνεχίζοντας υπάρχει το Μητροπολιτικό Δίκτυο (Metropolitan Area Network – MAN), το οποίο

μπορεί να καλύψει την περιοχή μιας μεγάλης πόλης. Η επικοινωνία γίνεται όπως σε ένα WAN, ωστόσο ένα τέτοιο δίκτυο είναι πιο αποδοτικό λόγω των μικρότερων αποστάσεων που καλύπτεται για την μεταφορά δεδομένων. [60] Το αμέσως επόμενο, και ευρέως γνωστό είναι το Τοπικό Δίκτυο (Local Area Network – LAN), το οποίο μπορεί να δημιουργηθεί και να χρησιμοποιηθεί ατομικά ή από μικρές ομάδες χρηστών. Ένα LAN επιτρέπει παράλληλα, την σύνδεση σε μεγαλύτερα δίκτυα, ενώ χρησιμεύει στον διαχωρισμό και τον έλεγχο επιμέρους δικτύων χωρίς σημαντικές αλλαγές στην υποδομή, όπως ένα κτήριο. [61] Τέλος, για ένα μικρό εύρος περιοχής γύρω από τον χρήστη υπάρχει το Δίκτυο Προσωπικού Χώρου (Personal Area Network – PAN) και η υποκατηγορία του με ακόμα μικρότερο εύρος το Δίκτυο Περιοχής Σώματος (Body Area Network – BAN). Τα περισσότερα PAN είναι ασύρματα δίκτυα (WPAN), τα οποία επιτρέπουν την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ συσκευών, όπως smartphones, laptop, tablet κτλ. Παράλληλα, υπάρχει η δυνατότητα, εκτός της μεταξύ τους επικοινωνίας, και της σύνδεσης αυτών στο Διαδίκτυο. Από την άλλη, το BAN αφορά συσκευές που βρίσκονται πάρα πολύ κοντά στον χρήστη ή πάνω του. Σε κάποιες περιπτώσεις, κυρίως για ιατρικούς σκοπούς, μπορεί η συνδεδεμένη συσκευή να είναι εμφυτευμένη στο σώμα του χρήστη, με τέτοια συστήματα να βασίζονται στην επικοινωνία μέσω ραδιοσυχνοτήτων. [62]

Από τα παραπάνω δίκτυα, για την επικοινωνία εντός ενός έξυπνου σπιτιού χρησιμοποιούνται τα δίκτυα LAN, PAN και το λιγότερο ανεπτυγμένο BAN. Οι συσκευές ενός Τοπικού Δικτύου μπορούν να επικοινωνούν ασύρματα κυρίως μέσω Wi-Fi, ή ενσύρματα μέσω Ethernet. Στα δίκτυα PAN και BAN, οι πιο διαδεδομένες τεχνολογίες επικοινωνίας είναι αυτή του Bluetooth, μέσω του οποίου ο χρήστης μπορεί να χειρίζεται π.χ. έναν εκτυπωτή, και αυτή του RFID. Άλλες τεχνολογίες είναι η ασύρματη επικοινωνία ZigBee, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως για την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών και έχει ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας, και η UWB, παρόμοια με το USB, αλλά με την σύνδεση να γίνεται ασύρματα. Για την σύνδεση του σπιτιού με το εξωτερικό περιβάλλον, χρησιμοποιούνται τα WAN και MAN, με τις κυριότερες τεχνολογίες εδώ να είναι οι UMTS, EDGE, GPRS, οι δορυφόροι και το σύστημα WiMAX, με το τελευταίο να μπορεί να γίνει ανταλλαγή πληροφοριών σε ένα εύρος περίπου 20 km. [58]

Smart home in IoT

Με την ανάπτυξη του IoT και την ενσωμάτωση του έξυπνου σπιτιού σε αυτό, αυξάνεται και το εύρος των δυνατοτήτων που αποκτά ο χρήστης. Αρχικά, η σύνδεση συσκευών, όπως κάμερες ασφαλείας, ανιχνευτές υπερύθρων, ανιχνευτές καπνού κ.α., στο διαδίκτυο επιτρέπουν στον χρήστη την επαφή του με το σπίτι ανά πάσα στιγμή και από οποιοδήποτε σημείο, διατηρώντας έτσι την ασφάλεια σε υψηλά επίπεδα. Η ασφάλεια, παράλληλα, αυξάνεται με την εξ αποστάσεως παρακολούθηση μικρών παιδιών ή υπερηλίκων που διαμένουν σε ένα έξυπνο σπίτι. Με την τοποθέτηση καμερών σε κατάλληλα σημεία και την σύνδεση, παραδείγματος χάρη, ενός σφυγμομέτρου στο διαδίκτυο, η επικοινωνία με το δίκτυο ενός νοσοκομείου είναι άμεση, με τους γιατρούς να έχουν γνώση της κατάστασης των ασθενών, που βοηθά στην γρήγορη ανταπόκριση διαφόρων περιστατικών. Ακόμη, γίνεται πιο εύκολος ο έλεγχος δεδομένων που λαμβάνονται,

όπως ταινίες ή μουσική, καθώς αποθηκεύονται σε χώρους του δικτύου, ενώ κοινές πληροφορίες, όπως η πρόγνωση του καιρού, που αφορούν τους χρήστες του οικιακού δικτύου έχουν την δυνατότητα να ενημερώνονται αυτομάτως. Τέλος, καθημερινές συναλλαγές μπορούν επίσης να γίνονται αυτομάτως εξοικονομώντας χρόνο. [63]

Πιο συγκεκριμένα, οι λειτουργίες ενός έξυπνου σπιτιού ενσωματωμένου το IoT, μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες συνυφασμένες μεταξύ τους, την ειδοποίηση, την παρακολούθηση, τον έλεγχο και την νοημοσύνη. Η ικανότητα ενός έξυπνου σπιτιού να ανιχνεύει το περιβάλλον του, καταγράφοντας πληροφορίες σχετικά με την συγκέντρωση αερίων, την θερμοκρασία, την υγρασία, την φωτεινότητα κ.α., του επιτρέπει να στέλνει ειδοποιήσεις στον κάτοχο μέσω email ή μηνυμάτων σχετικά με την κατάσταση του σπιτιού, ανά προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα. Οι ειδοποιήσεις αυτές προέρχονται μέσω της παρακολούθησης του σπιτιού μέσω αισθητήρων ή καμερών. Παράλληλα, μέσω της παρακολούθησης των δραστηριοτήτων εντός του σπιτιού, μπορούν να ληφθούν αποφάσεις και να γίνουν κάποιες απαραίτητες διεργασίες. Για παράδειγμα, αν η θερμοκρασία ανιχνευθεί πάνω ή κάτω από ένα προκαθορισμένο επίπεδο, αποστέλλεται ειδοποίηση, έτσι ώστε να ενεργοποιηθεί ο κλιματισμός. Μέσω των ειδοποιήσεων και της παρακολούθησης, ο χρήστης λαμβάνει τα απαραίτητα μηνύματα και του δίνεται η δυνατότητα να αποκτήσει τον έλεγχο από κοντά είτε από απόσταση μέσω διαδικτύου, αυτόματα ή χειροκίνητα. Ο χρήστης μπορεί να ελέγξει δραστηριότητες όπως το άνοιγμα ή το κλείσιμο του φωτισμού, του κλιματισμού και άλλων συσκευών, καθώς και το κλείδωμα ή το άνοιγμα θυρών και παραθύρων. Τέλος, η ικανότητα για νοημοσύνη σε ένα έξυπνο σπίτι, ή αλλιώς το Home Intelligence (HI) αποτελεί την πιο σημαντική λειτουργία. Μέσω της ύπαρξης ενός μηχανισμού Τεχνητής Νοημοσύνης, τα πάντα μπορούν να αυτοματοποιηθούν με σημαντικότερο σημείο την λήψη αποφάσεων σχετικά με την εμφάνιση διαφόρων συμβάντων, όπως η ενεργοποίηση συσκευών σε καταστάσεις μη φυσιολογικών καταστάσεων. Έτσι, όχι μόνο απλουστεύεται η καθημερινότητα των ενοίκων, αλλά βελτιστοποιείται και η ασφάλεια καθώς αποφεύγονται πιθανά ανθρώπινα λάθη. [64]

Smart lighting

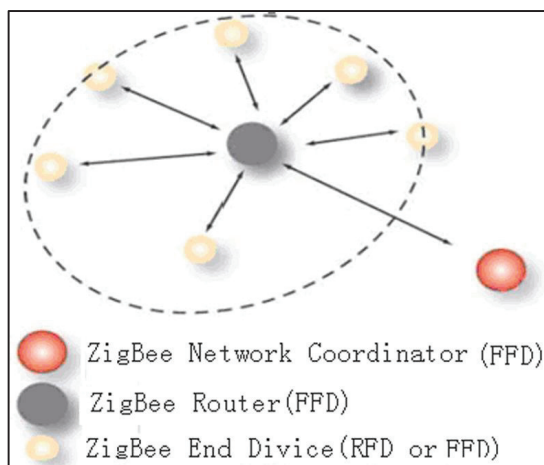
Μια εφαρμογή του έξυπνου σπιτιού για εξοικονόμηση ενέργειας και καλύτερη διαχείριση αυτής, είναι ο έλεγχος του φωτισμού, που μπορεί να συνδυαστεί με τα συστήματα LED. Με την βοήθεια αισθητήρων κίνησης και πληρότητας μπορεί να τίθεται σε λειτουργία το σύστημα φωτισμού, όταν ανιχνεύεται κίνηση σε έναν συγκεκριμένο χώρο, καθώς κάποιος εισέρχεται, ενώ το σύστημα τίθεται εκτός λειτουργίας αυτόματα σε αντίθετη περίπτωση και αφού έχει αδειάσει ο χώρος. Παράλληλα, με χρήση αισθητήρων φωτισμού σε εξωτερικούς χώρους, τα φώτα μπορούν να ανάβουν αυτόματα κατά την διάρκεια της νύχτας ή σε συνθήκες έλλειψης επαρκούς φωτισμού. Για την πλήρη διαχείριση της ενέργειας, το σύστημα φωτισμού θα πρέπει να επικοινωνεί με άλλα συστήματα σε ένα έξυπνο σπίτι, όπως αυτό της θέρμανσης, με την τεχνολογία ZigBee να αποτελεί ένα αξιόπιστο εργαλείο για τον σκοπό αυτό. [65]

ZigBee technology

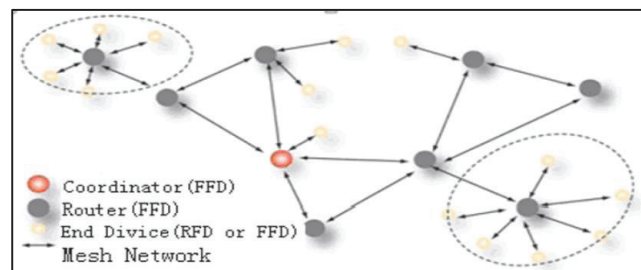
Η τεχνολογία ZigBee λόγω των χαμηλών ενεργειακών αναγκών, της απλότητας, της αξιοπιστίας επικοινωνίας και της χωρητικότητας του δικτύου, αποτελεί μία λύση που συνδέεται εύκολα με ένα σύστημα LED. Λόγω της ισχυρής δικτύωσης υποστηρίζει τρεις διαφορετικούς τύπους ασύρματων δικτύων αυτό-οργάνωσης, το star structure, το mesh structure και το Cluster tree.

Το star structure είναι κατάλληλο για επικοινωνία μεταξύ σημείων (point-to-point communication) και μεταξύ σημείων και ενός πολλαπλού σημείου (point-to-multipoint communication). Ο κεντρικός κόμβος είναι ο συντονιστής ZigBee, με τον οποίο συνδέονται όλα τα επιμέρους στοιχεία. Από εκεί περνούν όλα τα δεδομένα για να είναι κατάλληλα για κυκλικά συστήματα, με διάσπαρτα και σε μικρές αποστάσεις μέρη.

Το δίκτυο πλέγματος (mesh network structure) λόγω του multi-hop routing που χρησιμοποιεί για επικοινωνία, έχει μεγάλη χωρητικότητα, κι έτσι έχει την δυνατότητα κάλυψης ευρείας περιοχής. Η ισχύς σε αυτές τις δομές είναι πολύ μεγάλη, με όλα τα στοιχεία να επικοινωνούν μεταξύ τους. Αν δεν υπάρχει διαθέσιμη διαδρομή αυτά επικοινωνούν μέσω multi-hop, δηλαδή να γίνει χρήση ενός διαφορετικού κόμβου σύνδεσης. Τέλος, η τεχνολογία ZigBee έχει δυνατότητες αυτό-οργάνωσης και αυτό-διόρθωσης. [66]



ZigBee star network structure



ZigBee mesh network structure

Smart Appliances

Οι έξυπνες συσκευές είναι ένα από τα κύρια συστατικά ενός έξυπνου σπιτιού. Οι συσκευές αυτές διαθέτουν την απαραίτητη νοημοσύνη και με την ικανότητα να επικοινωνούν επιτρέπουν στον χρήστη τον αυτόματο ή τον εξ αποστάσεως χειρισμό. Ο χειρισμός των συσκευών μπορεί επίσης, να γίνει και από εξουσιοδοτημένο εξωτερικό βοηθητικό φορέα ή τον πάροχο της ενέργειας. Μέσω του οικιακού δικτύου οι έξυπνες συσκευές έχουν την ικανότητα της μεταξύ τους επικοινωνίας. [67] Οι έξυπνες συσκευές παράλληλα, χρησιμοποιούνται για την συλλογή πληροφοριών, όσον αφορά την κατάστασή τους, ενώ καθιστούν την μέτρηση της ενέργειας που καταναλώνεται

βιώσιμη για τους ενοίκους. Έτσι, μπορούν να εξοικονομηθούν σημαντικά ποσά ενέργειας μέσω της μείωσης της κατανάλωσης, ενώ ταυτόχρονα ενδυναμώνεται η συμπεριφορά των καταναλωτών σε ενεργειακά θέματα. Ακόμη οι έξυπνες συσκευές μπορούν να λειτουργούν σε προκαθορισμένες χρονικές στιγμές εξοικονομώντας και χρόνο. [64] [68]

Στις ΗΠΑ, οι έξυπνες συσκευές αποτελούν ένα ολόκληρο σύστημα με εισόδους, εξόδους, διεργασίες, οδηγούς και άλλους παράγοντες. Σε αυτό το σύστημα οι είσοδοι είναι οι έξυπνες συσκευές, συλλέγοντας δεδομένα, τα οποία μέσω των διεργασιών οδηγούν στην καλύτερη χρήση της διαθέσιμης ενέργειας. Διεργασίες όπως, η ενσωμάτωση των έξυπνων συσκευών στην υποδομή του σπιτιού και εργαλεία βελτιστοποίησης της χρήσης της ενέργειας, δίνουν στους ιδιοκτήτες χρήσιμες πληροφορίες βάσει των καταναλωτικών τους συνηθειών και οδηγούν στις εξόδους που είναι η μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση, η μείωση των ενεργειακών αποβλήτων και η μείωση του κόστους. Οι οδηγοί του συστήματος περιλαμβάνουν διάφορα πρότυπα συμμόρφωσης και τους απαραίτητους κωδικούς για το ηλεκτρικό ρεύμα, την στέγαση, το νερό κ.α. Τέλος, το σύστημα περιλαμβάνει τις οδηγίες για κάθε συσκευή, καθώς και έναν δείκτη συστήματος αξιολόγησης οικιακής ενέργειας (Home Energy Rating System - HERS), ο οποίος καθορίζεται βάσει μετρήσεων κατανάλωσης ενέργειας τοπικού χαρακτήρα. [68]

2.8. Smart Building

Ένα έξυπνο κτήριο ως υποδομή δεν διαφέρει σε τίποτα από τα συνηθισμένα κτήρια που υπάρχουν εδώ και δεκαετίες. Ωστόσο, με την σύνδεσή του στο δίκτυο, όλες οι λειτουργίες του κτηρίου, όπως η θέρμανση, ο εξαερισμός, ο κλιματισμός, ο φωτισμός και η ασφάλεια, ενεργοποιούνται και ελέγχονται αυτόματα. Ένα έξυπνο κτήριο είναι εμπλουτισμένο με αισθητήρες, ενεργοποιητές και άλλες συσκευές, με σκοπό την λήψη και διαχείριση δεδομένων που βοηθούν τους ιδιοκτήτες και τους διαχειριστές των υποδομών αυτών να αυξήσουν την αξιοπιστία και την απόδοση, με αποτέλεσμα την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, την βελτιστοποίηση του τρόπου χρήσης των χώρων του κτηρίου, ενώ παράλληλα μειώνονται και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των κτηρίων. [69]

Ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα ενός κτηρίου είναι η κατανάλωση ενέργειας. Σημαντικά ποσά καταναλώνονται σε συστήματα Θέρμανσης, Εξαερισμού και Κλιματισμού (Heating, Validation and Air Conditioning – HVAC), συστήματα φωτισμού, αλλά και από τις πολλές συσκευές που είναι συνδεδεμένες στο ηλεκτρικό δίκτυο. Στόχος των έξυπνων κτηρίων είναι να κάνουν τα συνηθισμένα κτήρια πιο ευφυή, χρησιμοποιώντας διαφορετικούς τύπους αισθητήρων για την παρακολούθηση, την μείωση και την διαχείριση της ενέργειας, χωρίς να επηρεάσουν την άνεση και την απόδοση των ενοίκων. [70]

Η επίτευξη των στόχων ενός έξυπνου κτηρίου βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην, όπως ορίζεται, ενεργοποίηση του κτηρίου. Η ενεργοποίηση του κτηρίου είναι η ικανότητα να ελέγχεται η λειτουργία διαφόρων συστημάτων του κτηρίου, όπως για παράδειγμα το κλείσιμο του συστήματος HVAC ή άλλων ηλεκτρονικών συσκευών όταν αυτά δεν είναι απαραίτητα, εξοικονομώντας

μεγάλα ποσά ενέργειας, τα οποία θα χάνοντας χωρίς λόγο, αλλά παράλληλα σε ώρες αιχμής, η μείωση της ζήτησης θα οδηγήσει και αυτή σε μείωση του κόστους. Επομένως, η δημιουργία υποσυστημάτων στο κεντρικό σύστημα έχει μεγάλα οφέλη. Ωστόσο, η σωστή ενεργοποίηση του κτηρίου απαιτεί γνώσεις σχετικά με την κατάσταση του κτηρίου, τόσο χρονικά, όσο και χωρικά. Σε αυτό βοηθάει η ανίχνευση της πληρότητας του κτηρίου, η περιβαλλοντική κατάσταση στο εσωτερικό και το εξωτερικό του κτηρίου και η χρήση της διαθέσιμης ενέργειας, μέσω τεχνολογιών όπως η ZigBee, μέσω της οποίας οι πληροφορίες που ανιχνεύονται από τους διάφορους “υποσταθμούς” του κτηρίου συγκεντρώνονται μέσω του δικτύου στον κεντρικό server. [71]

Για την παρακολούθηση της πληρότητας των χώρων του κτηρίου και του περιβάλλοντος των χρηστών έχει γίνει προσπάθεια χρήσης δύο διαφορετικών αισθητήρων για την ελαχιστοποίηση των λαθών κατά την ανίχνευση, ενός διακόπτη (reed switch) που ανιχνεύει αν η πόρτα είναι ανοιχτή ή κλειστή και ενός Παθητικού Αισθητήρα Υπερύθρων (Passive Infrared Sensor – PIR). Σε αυτή την προσπάθεια, τέθηκε ως δεδομένων ότι αν ο αισθητήρας δώσει σήμα για ανοιχτή πόρτα, το δωμάτιο είναι κατειλημμένο. Ωστόσο, λόγω ύπαρξης πιθανότητας, η πόρτα να είναι κλειστή, αλλά κάποιος να βρίσκεται εντός αυτού γίνεται χρήση του αισθητήρα PIR. Αν ο αισθητήρας δώσει ένδειξη κίνησης, τότε στο δωμάτιο όντως υπάρχει κάποιος. Η προσθήκη του διακόπτη στην πόρτα, προστέθηκε καθώς οι αισθητήρες PIR λαμβάνουν λάθος ενδείξεις, ενώ λόγω της ανίχνευσης ακόμη και ρευμάτων αέρα που προκαλούνται κατά την κίνηση, έχει προστεθεί αλγόριθμος, βάσει του οποίου αγνοούνται τα πρώτα δευτερόλεπτα. Επομένως, ο συνδυασμός αισθητήρων δίνει καλύτερα αποτελέσματα. [72] Μεγαλύτερη ακρίβεια δίνει και η παρακολούθηση του περιβάλλοντος των χρηστών με λογισμικά τα οποία μπορούν να παρακολουθούν τις κινήσεις στην δουλειά του χρήστη, με αποτέλεσμα διάφορες συσκευές που χρησιμοποιούνται ή όχι να προσθέτουν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την πληρότητα. Η χρήση, τέλος, καμερών μπορούν να καταγράψουν τις μετακινήσεις των ανθρώπων που γίνονται στους διαδρόμους ενός κτηρίου, και μέσω στατιστικών μοντέλων να δημιουργηθεί ένα σχεδιάγραμμα σχετικά με την πληρότητα. [71]

Ένας ακόμη τρόπος παρακολούθησης της πληρότητας ενός κτηρίου, αλλά και σημαντικός παράγοντας για την υγεία των ανθρώπων, είναι η ανίχνευση των επιπέδων του CO₂. Με βάση την συγκέντρωση του αερίου, το σύστημα HVAC θα μπορέσει να λειτουργήσει την κατάλληλη στιγμή, έτσι ώστε να τροφοδοτήσει το κτήριο με καθαρό αέρα. Το CO₂ μετριέται κυρίως με χρήση μη διασκορπισμένη υπέρυθρης ακτινοβολίας (NDIR) ή βάσει ηλεκτροχημικής τεχνολογίας. Οι αισθητήρες NDIR CO₂ εκμεταλλεύονται την ζώνη απορρόφησης του CO₂. Το μήκος κύματος έχει οριστεί στα 4,26μm, καθώς σε αυτό το μήκος κύματος δεν υπάρχει απορρόφηση από άλλα αέρια ή υδρατμούς. Ένας τέτοιος αισθητήρας αποτελείται από μία πηγή υπέρυθρων ακτίνων, έναν σωλήνα φωτός, ένα φίλτρο ζώνης διέλευσης και έναν ανιχνευτή. Με την διάχυση του αερίου στον σωλήνα απορροφάται ποσότητα ακτινοβολίας με συγκεκριμένο μήκος κύματος, με τον ανιχνευτή που βρίσκεται στο άλλο άκρο να μετρά την ποσότητα του φωτός σε μήκη κύματος διαφορετικά των 4,26μm. Έτσι, μετριέται η διαφορά της ποσότητας του φωτός που ακτινοβολείται από την

λάμπα και η ποσότητα που φτάνει στον ανιχνευτή, με την διαφορά αυτή να είναι ευθέως ανάλογη του αριθμού των μορίων του CO₂ που περιέχονται στον σωλήνα. [73] [74]

Σημαντική, παράλληλα, και πολύ χρήσιμη για τα συστήματα HVAC είναι οι προσθήκη αισθητήρων για παρακολούθηση κλιματικών παραγόντων εντός ενός κτηρίου, όπως η θερμοκρασία. Η σύνδεση των διακομιστών των έξυπνων κτηρίων με τα ήδη υπάρχοντα συστήματα διαχείρισης κτηρίων (Building Management System – BMS) τα οποία χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των συνθηκών αυτών, επιτρέπει την ανάκτηση πληροφοριών μέσω τυποποιημένων πρωτοκόλλων, όπως το BACnet. Το πρωτόκολλο BACnet σχεδιάστηκε για την επικοινωνία των συστημάτων αυτοματισμού και ελέγχου των κτηρίων και παρέχει μηχανισμούς για την ανταλλαγή πληροφοριών ανεξαρτήτως της υπηρεσίας κάθε συστήματος. Μέσω της παραπάνω διαδικασίας μπορούμε να έχουμε πρόσβαση σε πληροφορίες για την θερμοκρασίας, την ροή του αέρα μέσω της θέσης των αποσβεστήρων, την ταχύτητα των ανεμιστήρων κ.α. [71]

Η ανίχνευση των περιβαλλοντικών συνθηκών δεν αρκείται στο εσωτερικό των κτηρίων. Με την προσθήκη αισθητήρων φωτός στα παράθυρα των γραφείων ενός κτηρίου μπορεί να επιτευχθεί σταθερός φωτισμός με τον έλεγχο της διαφάνειας των παραθύρων βελτιώνοντας έτσι την ενεργειακή απόδοση. Το σύστημα αρχικά μελετά τον προσανατολισμό των παραθύρων και εκτιμά μέσω των δεδομένων των αισθητήρων, τον μέγιστο διαθέσιμο φωτισμό που μπορεί να δεχθεί ένας χώρος μέσω του παραθύρου. Στην συνέχεια, γίνονται προβλέψεις για τις διακυμάνσεις του φωτός λόγω παραγόντων όπως η νέφωση, όπου με βάσει τις μετρήσεις των αισθητήρων γίνεται μία ταξινόμηση της νέφωσης. Λόγω της πιθανής οπτικής δυσφορίας, λόγω φωτισμού, ο χρήστης μπορεί να καθορίσει την μέγιστη ποσότητα φωτός από το παράθυρο, και ανάλογα να ρυθμίσει τον τεχνητό φωτισμό, που μπορεί να διορθώσει τις διακυμάνσεις του φυσικού φωτός. Συνολικά, ο έλεγχος βάσει προγνωστικών εξοικονομεί ενέργεια με χρήση φυσικού φωτός κατά την διάρκεια της ημέρας, αλλά διατηρεί παράλληλα σταθερά τα επίπεδα φωτισμού στον χώρο. [75]

Η ανάγκη για ανίχνευση της καταναλισκόμενης ενέργειας είναι επίσης ένα ζήτημα για τα έξυπνα κτήρια. Σύμφωνα με μελέτες ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας παρέχεται για τις συσκευές που είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο. Η μετρήσεις για την ενέργεια που καταναλώνουν οι συσκευές αυτές παρέχονται, είτε άμεσα, είτε έμμεσα. Στις άμεσες μεθόδους μέτρησης, η ανίχνευση γίνεται απευθείας, με την σύνδεση ενός μετρητή εσωτερικά με την συσκευή. Μία πρόταση για τέτοιου είδους μέτρηση είναι το σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου ACme, το οποίο αποτελείται από τρία στοιχεία: τους τελικούς κόμβους, το δίκτυο και έναν διακομιστή. Το λογισμικό του ACme παρέχει εντολές όπως την *read_energy()*, για την ανάγνωση της ενέργειας εκείνη την χρονική στιγμή, την *read_power()*, για την ανάγνωση της ισχύος, την *switch(state)*, για την ρύθμιση του ρελέ και την *report(state)*, για την αποστολή αναφοράς. Το δίκτυο του ACme είναι ένα ασύρματο δίκτυο IPv6/6LoWPAN, το οποίο χρησιμοποιεί μια συσκευή διπλής διεπαφής βασισμένη στο Linux για την δρομολόγηση πακέτων μεταξύ των κόμβων του ACme και άλλων δικτύων. Η εφαρμογή που χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο σύστημα είναι μία εφαρμογή που αλληλεπιδρά με το δίκτυο του ACme μέσω του API της. [76] Από την άλλη, στις έμμεσες μεθόδους

παρακολούθησης την κατανάλωσης, γίνεται μέτρηση ολόκληρου του φορτίου, με τις πρώτες προσπάθειες να ξεχωρίζουν τα ενεργειακά φορτία. Η ανάπτυξη, ωστόσο, λόγω του δημοφιλούς αυτού τρόπου είναι μεγάλη, και έτσι έχουν δημιουργηθεί πιο πολύπλοκοι αλγόριθμοι για τον σκοπό αυτό. Παράλληλα, γίνεται χρήση αισθητήρων που ανιχνεύουν τις μεταβολές του μαγνητικού πεδίου που συμβαίνουν κοντά στις συνδεδεμένες συσκευές. [71]

Building-integrated photovoltaics – BIPV

Σε ένα κτήριο στο οποίο τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ενσωματωμένα σε αυτό, τα συστήματα αυτά αποτελούν τόσο μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για τις λειτουργίες ενός κτηρίου, όσο και δομικά υλικά, τα οποία αντικαθιστούν τα παραδοσιακά υλικά. Τα BIPV δεν σχετίζονται με τα Building Adopted Photovoltaics – BAPV – στα οποία τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν απλώς μία πρόσθετη εγκατάσταση στο κτήριο. Παράλληλα, εκτός του τμήματος της παραγωγής ενέργειας σε ένα BIPV, σημαντική είναι και η αισθητική εικόνα που προσθέτει ένα Φ/Β σύστημα ως δομικό υλικό. Εκτός των παραπάνω πλεονεκτημάτων, οι ενσωματωμένες φωτοβολταϊκές μονάδες χρησιμεύουν ως προστασία από τις καιρικές συνθήκες, συμβάλλουν στην θερμομόνωση, την προστασία από τον θόρυβο, την διαμόρφωση σκίασης, αλλά και στην θωράκιση από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Συγχρόνως, με την ενσωμάτωση Φ/Β συστημάτων σε κτήρια, αποφεύγονται έξοδα που αφορούν την απόκτηση γης για την τοποθέτησή τους, την περιφράξη και το άνοιγμα οδών για την προσέγγισή τους, γεγονός που αποτελεί και παράγοντα για την διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος, ενώ η πιθανή ύπαρξη δικτύου κοντά στο κτήριο, συνεισφέρει στην αποφυγή της μεταφοράς της ενέργειας για μεγάλες αποστάσεις, μειώνοντας τις απώλειες σε αυτό το επίπεδο. Η πολύ-λειτουργικότητα των ενσωματωμένων Φ/Β μονάδων σε κτήριο, μετά το αρχικό κόστος, έχουν ευνοϊκή επίδραση στα έξοδα του κτηρίου και στην απόσβεση του συστήματος. Ωστόσο, παρά τα πλεονεκτήματα, το πρόβλημα της πλεονάζουσας παραγωγικής ικανότητας, σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος των BAPV συστημάτων, δεν επέτρεψαν την χρήση που θα μπορούσαν να έχουν τα συστήματα BIPV. [77] [78]

Τα συστήματα BIPV μπορούν είναι να είναι συνδεδεμένα στο κοινό ηλεκτρικό δίκτυο, είτε να σχεδιαστούν έτσι ώστε να λειτουργούν αυτόνομα. Ανάλογα με τον διαχωρισμό αυτό ένα τέτοιο σύστημα έχει και διαφορετική δομή. Ένα σύστημα BIPV περιλαμβάνει αρχικά τις Φ/Β μονάδες, οι οποίες αποτελούνται είναι από λεπτές μεμβράνες (thin films) κρυσταλλικές (μονό-κρυσταλλικές ή πολύ-κρυσταλλικές), διαφανείς, ημι-διαφανείς ή αδιαφανείς. Σε αυτόνομα συστήματα, περιλαμβάνεται ένας διαχειριστής για τον έλεγχο και την ρύθμιση της ισχύος εντός και εκτός των μπαταριών όπως αποθηκεύεται η πλεονάζουσα ενέργεια. Ανάλογα με το είδος του συστήματος, υπάρχει ένα σύστημα αποθήκευσης ισχύος, όπου για συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα, η αποθήκευση γίνεται στο ίδιο το δίκτυο, ενώ για αυτόνομα συστήματα χρησιμοποιείται μία σειρά μπαταριών. Παράλληλα, λόγω της DC εξόδου των φωτοβολταϊκών είναι αναγκαίος ένας μετατροπές DC/AC για την συμβατότητα με το δίκτυο. Τέλος, σε αυτόνομα συστήματα τοποθετούνται προαιρετικά εφεδρικά τροφοδοτικά, όπως γεννήτριες πετρελαίου. [79]

Η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών μονάδων μπορεί να γίνει σε όλη την πρόσοψη ενός κτηρίου ή σε τμήματα αυτής, λόγω και την ύπαρξης σημείων που περιέχουν διάφορους τεχνικούς παράγοντες όπως καλώδια κτλ. Οι απώλειες από αυτά τα σημεία, αποκαθίστανται λόγω της μεγάλης επιφάνειας του κτηρίου. Παράλληλα, οι μονάδες αυτές μπορούν να τοποθετηθούν σε τέντες, γεγονός που προκαλεί επιπλέον αρχιτεκτονικά οφέλη, όπως η παθητική σκίαση. Άλλα σημεία τα οποία μπορούν να τοποθετηθούν είναι οι στέγες των κτηρίων, αντικαθιστώντας τα μεταλλικά και άλλα ήδη χρησιμοποιήσιμα υλικά, και οι φεγγίτες. [79]



APS Factory in Fairfield, California [79]

2.9. Smart City

Μία έξυπνη πόλη είναι μία πόλη στην οποία γίνεται ευρεία χρήση τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών (ΤΠΕ) και πιο συγκεκριμένα του Internet of Things, έτσι ώστε οι υπηρεσίες και η παρακολούθησή της να γίνουν αποδοτικές και να προκαλούν την συνεργασία των πολιτών. Τα περισσότερα συστήματα μιας έξυπνης πόλης αποτελούνται από αισθητήρες για την παρακολούθηση διαφόρων περιβαλλοντικών παραμέτρων, από συσκευές αποθήκευσης δεδομένων και από υπολογιστικά συστήματα σε συγκεκριμένες βάσεις, όπου τα δεδομένα μπορούν να αναλυθούν, για την αντιμετώπιση καθημερινών προκλήσεων που αντιμετωπίζουν οι κάτοικοι σε αστικές περιοχές, όπως διάθεση χώρου, η κινητικότητα και η ενέργεια. Επίσης, τα συστήματα αυτά πρέπει να έχουν δυνατότητες αντίχτυπου plug-and-play, για αυτόματη αναγνώριση με σκοπό την μεγαλύτερη ταχύτητα, την αυτοματοποιημένη ρύθμιση του συστήματος, τον καλύτερο διαγνωστικό έλεγχο και την πιο γρήγορη επισκευή ή αντικατάσταση των αισθητήρων, [80] δυνατότητες ασφαλούς συγκέντρωσης των δεδομένων, ποιότητας υπηρεσιών, αλλά και αναδιαμόρφωσης σε περίπτωση που κριθεί αναγκαίο. [81]

Μια έξυπνη πόλη μπορεί μέσω του IoT, να ομαδοποιηθεί σε περιοχές ανάλογα με την επίδραση στους πολίτες. Εφαρμογές και υπηρεσίες του IoT, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον τομέα της υγείας των πολιτών (θόρυβος, κατάσταση αέρα και νερού), σε στρατηγικούς σχεδιασμούς (διαχείριση κίνησης), στην βιωσιμότητα (διαχείριση ενέργειας), τον τουρισμό (υπηρεσίες και δραστηριότητες για του επισκέπτες) και στην ασφάλεια. Οι τομείς αυτοί, ταυτόχρονα έχουν την δυνατότητα, μέσω του IoT, να ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους. [81]

Η υποδομή του IoT για μία έξυπνη πόλη βασίζεται σε τρεις πυλώνες, (α) το δίκτυο, (β) το cloud computing και (γ) τα δεδομένα. Από πλευράς δικτύου, σημαντικό ρόλο παίζει η παρακολούθηση, η οποία βασίζεται σε τεχνολογίες RFID, WSN και crowd sourcing. Πέραν των δύο πρώτων τεχνολογιών, το crowd sourcing βασίζεται στην μεγάλη ανάπτυξη της κοινωνικής δικτύωσης και της ευρείας χρήσης smartphones. Με βάση αυτά οι πολίτες μιας έξυπνης πόλης μπορούν να συμμετέχουν ενεργά στην παρακολούθηση διαφόρων γεγονότων. Λόγω του μεγάλου πλήθους έξυπνων συσκευών σε μία πόλη, ύψιστης σημασίας για το δίκτυο είναι η αναγνώριση της ταυτότητας καθεμίας από αυτές τις συσκευές, της τοποθεσίας της και της λειτουργικότητάς της για τον απομακρυσμένο έλεγχό της, χωρίς την αντιμετώπιση προβλημάτων καθυστέρησης. Τα ζητήματα αυτά μπορεί να τα καλύψει το πρωτόκολλο IPv6. Τα πλεονεκτήματα ενός τέτοιου δικτύου είναι: (α) η πιο αποτελεσματική δρομολόγηση, καθώς η καλύτερη δυνατή διαδρομή γίνεται από την ίδια την συσκευή, χωρίς την βοήθεια ενός server, (β) η πιο αποτελεσματική επεξεργασία πακέτων, με το IPv6 να μην περιέχει άθροισμα ελέγχου επιπέδου IP, επομένως το άθροισμα ελέγχου δεν χρειάζεται να υπολογίζεται σε κάθε ενδιάμεσο δρομολογητή, (γ) οι κατευθυνόμενες ροές δεδομένων, με το IPv6 να υποστηρίζει την πολλαπλή εκπομπή πακέτων σε πολλούς προορισμούς ταυτόχρονα, (δ) η πιο απλή διαμόρφωση του δικτύου, με τις συσκευές IPv6 να μπορούν να ρυθμιστούν αυτόματα κατά την σύνδεσή τους με άλλες συσκευές IPv6, και (στ) η ασφάλεια. [82] Ακόμη, τα μοντέλα συνδεσιμότητας που χρησιμοποιούνται σε μία έξυπνη πόλη, βασίζονται στην IP τεχνολογία, η οποία μπορεί να δώσει στα μοντέλα αυτά τόσο αυτονομία, όσο και απομονωμένα από το Διαδίκτυο, όσο σύνδεση σε αυτό. [81]

Από πλευράς cloud, για να αξιοποιηθεί πλήρως η δυναμική του προτείνεται ένα cloud το οποίο είναι στο κέντρο μιας έξυπνης πόλης. Με αυτόν τον τρόπο όχι μόνο το κόστος που απαιτείται διαμοιράζεται μεταξύ όλων των φορέων που το χρησιμοποιούν, αλλά μπορεί εύκολα να αναδιαρθρωθεί. Μέσα στο cloud μπορούν να υπάρχουν: (α) τα δεδομένα που προέρχονται από τις υπηρεσίες παρακολούθησης, χρησιμοποιώντας τον χώρο αποθήκευσης, (β) τα εργαλεία λογισμικού που χρησιμοποιούνται για τις αναλύσεις των δεδομένων, (γ) τα εργαλεία των ειδικών τεχνητής νοημοσύνης και machine learning, για την επεξεργασία των δεδομένων και των αναλύσεων για την εξαγωγή γνώσης, και (δ) τα εργαλεία που βοηθούν στην οπτικοποίηση των δεδομένων για εξαγωγή συμπερασμάτων και λήψη αποφάσεων. Το Cloud Computing προσφέρει όλα τα παραπάνω ως υποδομές, πλατφόρμες και λογισμικά για την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων του ανθρώπου. Το cloud μιας έξυπνης πόλης ενσωματώνει όλες τις δυνατότητες του Ubiquitous Computing, σύμφωνα με το οποίο οι δυνατότητες που δίνει ένας σταθερός υπολογιστής είναι εφικτές από κάθε συσκευή σε οποιαδήποτε τοποθεσία και χρονική στιγμή. Σημαντική, παράλληλα, είναι η δυνατότητα για συνδυασμό δημοσίων και ιδιωτικών cloud σε ένα ενιαίο πλαίσιο. [83]

Ο τρίτος πυλώνας του IoT σε μία έξυπνη πόλη είναι τα δεδομένα, τα οποία με την πλήρη εφαρμογή του IoT θα αποτελούν μία τεράστια ποσότητα. Σε μία έξυπνη πόλη η συλλογή δεδομένων είναι ετερογενής, καθώς γίνεται μέσω πολλών διαφορετικών τρόπων. Το γεγονός αυτό παρουσιάζει επιπτώσεις στην κυκλοφορία του δικτύου, την αποθήκευση των δεδομένων και την χρήση

ενέργειας, καθώς περιλαμβάνει υποδομές, τόσο για παρακολούθηση από σταθερές μονάδες, όσο και από κινητές, με συνεχή και τυχαία δειγματοληψία. Μετά την λήψη, απαραίτητη είναι η επεξεργασία και διαχείριση των δεδομένων. Τα δεδομένα αποτελούνται από χρονοσειρές πολλών μεταβλητών, μέσω των οποίων και βάσει μιας προ-επεξεργασίας γίνεται ανίχνευση συμβάντων. Για μία έξυπνη πόλη, οι αναλύσεις που οδηγούν σε δημιουργία πληροφοριών από τα αρχικά δεδομένα, βασίζονται σε αλγόριθμους, των οποίων η ικανότητα προσαρμογής και η ευρωστία (robustness) τους, δηλαδή η ισορροπία μεταξύ της επίλυσης προβλημάτων και της αποτελεσματικότητας που απαιτείται για την λειτουργία σε πολλά διαφορετικά περιβάλλοντα [84] πρέπει να είναι υψηλή, τόσο χρονικά, όσο και χωρικά. Στην συνέχεια για την μετατροπή της πληροφορίας αυτής σε γνώση, απαιτούνται τεχνικές τελευταίας τεχνολογίας, όπως γενετικοί και εξελικτικοί αλγόριθμοι και νευρωνικά δίκτυα.

Οι γενετικοί αλγόριθμοι είναι χρήσιμοι σε προβλήματα με πολλές παραμέτρους και διαστάσεις, ενώ δεν υπάρχει αναλυτική μέθοδος εύρεσης του βέλτιστου συνδυασμού των τιμών των μεταβλητών για να λυθεί το πρόβλημα με το καλύτερο δυνατό τρόπο. [84] Σε αντίθεση με τους γενετικούς αλγόριθμους όπου το πρόβλημα κωδικοποιείται, στους εξελικτικούς αλγόριθμους, οι μεταβλητές και οι συναρτήσεις χρησιμοποιούνται απευθείας. [85] Τα νευρωνικά δίκτυα ή τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (Artificial Neural Networks - ANNs), αποτελούνται από κόμβους συνδεδεμένους μεταξύ τους, που συντελούν ένα στρώμα εισόδου, ένα στρώμα εξόδου και ένα ή περισσότερα ενδιάμεσα στρώματα. Κάθε κόμβος έχει ένα σχετικό βάρος ή μία τιμή κατωφλίου. Όταν η τιμή εξόδου ενός κόμβου είναι μεγαλύτερη από την τιμή κατωφλίου, αυτός ενεργοποιείται στέλνοντας δεδομένα στον αμέσως επόμενο κόμβο, ειδάλως τα δεδομένα δεν μεταβιβάζονται. [86]

Τέλος, σημαντική είναι η οπτικοποίηση και αναπαράσταση των δεδομένων, με τρόπο κατανοητό προς τον χρήστη για να μπορέσει να τα ερμηνεύσει, ωστόσο, αυτό αποτελεί ένα δύσκολο επίτευγμα ειδικά για μία έξυπνη πόλη, όπου τα δεδομένα που ανιχνεύονται είναι ετερογενή και το τοπίο τρισδιάστατο και χρονικά μεταβαλλόμενο. Στην καλύτερη οπτικοποίηση των δεδομένων οδήγησε η ανάπτυξη της τεχνολογίας με την αντικατάσταση των οθονών με καθοδικούς σωλήνες (CRT), από οθόνες πλάσματος και οθόνες υγρών κρυστάλλων (LCD), οθόνες LED και AMOLED, με αποτέλεσμα την υψηλή απόδοση παρουσίασης δεδομένων και την καλύτερη πλοήγηση σε αυτά. Τέλος, η σύνδεση με Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographic Information System – GIS) θα μπορούσε να βοηθήσει στην καλύτερη χωρική οπτικοποίηση. [81]

Air Quality Management

Με την μεγάλη αστικοποίηση και την ανάπτυξη της βιομηχανίας για την κάλυψη των αναγκών των ανθρώπων, η κακή ποιότητα του αέρα που προκαλείται από εκπομπές κατά την καύση ορυκτών καυσίμων, τις μεταφορές, την θέρμανση και άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες, έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων των πόλεων. Με την βοήθεια του IoT μπορεί να γίνει παρακολούθηση των επιπέδων ρύπανσης στις πόλεις σε πραγματικό, κάνοντας χρήση διαφόρων συσκευών IoT και αισθητήρων τοποθετημένων σε σταθμούς σε διάφορα σημεία μιας

πόλης. Τα δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες μεταφέρονται στο cloud και από κει αναλύονται για την εξαγωγή αποφάσεων και προβλέψεων, μέσω τεχνητής νοημοσύνης. Σκοπός ενός τέτοιου εγχειρήματος είναι ο προσδιορισμός περιοχών, όπως πάρκα, αγορές, κ.ά., που έχουν την μικρότερη δυνατή ρύπανση για μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή και περιοχών με την μεγαλύτερη ρύπανση, για την αποφυγή προσέγγισής τους, η ενεργοποίηση ενεργειών, όπως κλείσιμο δρόμων, όταν η ρύπανση αυξάνεται πάνω από καθορισμένες τιμές, προκειμένου να μειωθεί, και ο εντοπισμός περιοχών με την λιγότερη δυνατή ρύπανση για ακίνητα.

Ένα παράδειγμα για την παρακολούθηση της ρύπανσης είναι το Internet of Things platform for monitoring smart cities' pollution – IoTP4mSCp. Η πλατφόρμα αυτή περιλαμβάνει, ενσύρματους και ασύρματους αισθητήρες για μετρήσεις όπως η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική πίεση, η σχετική υγρασία, το διοξείδιο του άνθρακα, το μονοξείδιο του άνθρακα, το αμμώνιο και το μεθάνιο, πύλες και κόμβους για την συλλογή των δεδομένων αυτών, έναν τύπο λογισμικού middleware για IoT επικοινωνία με δυνατότητες για ασφάλεια κατά την μεταφορά δεδομένων στο cloud, όπου ταυτόχρονα υπάρχουν μαθηματικά, στατιστικά και τεχνητής νοημοσύνης μοντέλα για την ανάλυση δεδομένων. [87]

Traffic Management

Για την διαχείριση της κίνησης σε μία έξυπνη πόλη γίνεται χρήση Προηγμένων Συστημάτων Διαχείρισης της Κυκλοφορίας (Advanced Traffic Management Systems – ATMS) και Προηγμένων Συστημάτων Πληροφοριών Ταξιδιωτή (Advanced Traveler Information Systems – ATIS). Σκοπός των συστημάτων αυτών είναι η μείωση των εκπομπών, του θορύβου και των χρόνων ταξιδιού. Τα περισσότερα συστήματα ATMS/ATIS βασίζονται σε μετρήσεις σταθερού σημείου (Eulerian sensors) και μετρήσεις βάσει της τροχιάς (Lagrangean sensors).

Οι αισθητήρες τύπου Euler χρησιμοποιούνται για παρατηρήσεις της κίνησης στους δρόμους. Βασίζονται σε ανιχνευτές βρόγχου και ραντάρ που είναι τοποθετημένα σε μεγάλες αποστάσεις σε μία πόλη. Οι αισθητήρες αυτοί παρατηρούν ή εκτιμούν πολλαπλές ροές, την ταχύτητα και την πληρότητα με υψηλό ρυθμό διεύθυνσης. Από την άλλη οι αισθητήρες τύπου Lagrange χρησιμοποιούνται για εκτίμηση της κατάστασης της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο. Μπορούν να παρέχουν εκτιμήσεις για δεδομένα κίνησης, όπως ταχύτητα, ροή, χρόνο ταξιδιού και διάφορα περιστατικά. Από αυτά κάποια δεδομένα εκτιμούνται απευθείας, ενώ για κάποια άλλα απαιτούνται μοντέλα για προσδιορισμό διαφορετικών ειδών δεδομένων κίνησης. Όταν οι αισθητήρες τύπου Euler και τύπου Lagrange συνδυάζονται και διατίθενται σε οχήματα και συσκευές χρηστών θα υπάρξει δυνατότητα για ευρείας κλίμακας προτύπων της κίνησης.

Παρά τον παραπάνω διαχωρισμό, οι αισθητήρες που μπορούν να συνδέσουν τα μοντέλα για την παρούσα κυκλοφορία και μοντέλα πρόβλεψης της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο, είναι οι αισθητήρες που μπορούν να διατηρήσουν την παρακολούθηση ενός οχήματος για μεγάλη χρονική διάρκεια και για μεγάλες αποστάσεις. Τέτοιοι αισθητήρες μπορούν να λαμβάνουν δεδομένα από δίκτυα κινητής τηλεφωνίας (Cellular Network Data), αισθητήρες Bluetooth/Wi-Fi, αυτόματα

συστήματα αναγνώρισης πινακίδων κυκλοφορίας και οχήματα εξοπλισμένα με συσκευές GPS. Η απόδοση αυτών εξαρτάται από τέσσερις βασικές ιδιότητες του συστήματος του αισθητήρα: (α) το επίπεδο διείσδυσης, το οποίο είναι ο αριθμός των εξοπλισμένων με αισθητήρες οχημάτων σε σχέση με τον συνολικό αριθμό οχημάτων, (β) την στρατηγική της δειγματοληψίας, δηλαδή την συχνότητα σύμφωνα με την οποία καταγράφονται και μεταφέρονται στον διακομιστή οι μετρήσεις, (γ) το τύπο μέτρησης, δηλαδή τι είδους είναι ο αισθητήρας που λαμβάνει τις μετρήσεις, π.χ. GPS, αλλά και το είδος των δεδομένων που υποστηρίζονται από το πρωτόκολλο μετάδοσης, και (δ) την ακρίβεια της μέτρησης. [88]

Smart Parking

Με την μεγάλη αύξηση των οχημάτων στις πόλεις έχει ανάγει την αναζήτηση θέσης στάθμευσης σε ένα πολύ σημαντικό ζήτημα. Η δυσκολία αυτή οδηγεί πολύ συχνά σε σπατάλη χρόνου και κατανάλωση καυσίμου που θα μπορούσε να αποφευχθεί, ενώ έχει αρνητικές συνέπειες και στην αλλαγή του κλίματος. Με βάση το μοντέλο της έξυπνης πόλης, έχει προκύψει και το έξυπνο σύστημα στάθμευσης, το οποίο συνδυάζει νέες τεχνολογίες και ανθρώπινες καινοτομίες για την εξοικονόμηση καυσίμου, χρόνου και χώρου, μέσω της αποτελεσματικής διάθεσης χώρου. Πιστεύεται πως με το Smart Parking, θα παρατηρηθεί μείωση των ατυχημάτων, καθώς η προσοχή των οδηγών δεν θα αποσπάται κατά την αναζήτηση θέσης ή λόγω βιασύνης για την κατάληψή της. Ο εντοπισμός μιας κενής θέσης μπορεί να γίνει εύκολα μέσω του κινητό. Παράλληλα, το Smart Parking θα επωφελήσει τους διαχειριστές και τους κατόχους θέσεων στάθμευσης, καθώς το κόστος για μία θέση θα εξαρτάται από την πληρότητα αυτών, ενώ θα μπορούν εύκολα να καταγράφονται οι παραβάσεις στον τομέα αυτό. [89]

3. Η Πληροφορική στον Τομέα της Γεωργίας

3.1. Smart Farming

Μετά την μηχανοποίηση της γεωργίας, που αποτέλεσε την πρώτη γεωργική επανάσταση, και την γενετική τροποποίηση, η Γεωργία Ακριβείας με την λήψη δεδομένων όπου και όταν χρειάζεται, αποτελεί το τρίτο κύμα της γεωργικής επανάστασης, με την εισαγωγή έξυπνων συστημάτων να αυξάνουν την παραγωγή και τα κέρδη των αγροτικών εκμεταλλεύσεων, εξοικονομώντας χρήματα και εργασία. Παράλληλα, με την αύξηση του πληθυσμού, η ανάγκη για αύξηση της παραγωγής μπορεί να καλυφθεί μέσω της Ευφυούς Γεωργίας, συνδυάζοντας την καλή ποιότητα των προϊόντων και τον μικρότερο δυνατό αντίκτυπο στο περιβάλλον. Ωστόσο, τίποτα δεν γίνεται μόνο με την συνεισφορά της μίας πλευράς. Η υιοθέτηση σύγχρονων τεχνολογιών απαιτεί συμβιβασμούς και αποδοχή της εν δυνάμει αβεβαιότητας. Σημαντική είναι η εκπαίδευση και η κατάρτιση των αγροτών, η διάθεση για ανταλλαγή πληροφοριών, η εύκολη πρόσβαση σε οικονομικούς πόρους και η αύξηση της ζήτησης για βιολογικά προϊόντα. Ακόμη, δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι το περιθώριο κέρδους αυξάνεται με την αύξηση του μεγέθους της εκμετάλλευσης. Σύμφωνα με το Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών (United States Department of Agriculture – USDA), κατά μέσο όρο το καθαρό κέρδος των παραγωγών που υιοθέτησαν τις τεχνολογίες της Γεωργίας Ακριβείας ήταν 66\$ ανά στρέμμα, σε αντίθεση από αυτούς που δεν υιοθέτησαν τις τεχνολογίες αυτές. Ωστόσο, αυτή η τιμή δεν αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα σε μεγάλο βαθμό καθώς στην τιμή αυτή συμμετέχουν και παραγωγοί με μικρότερες εκμεταλλεύσεις. Για αγροκτήματα καλαμποκιού μεγαλύτερα των 15.000 στρεμμάτων, το κέρδος των παραγωγών που υιοθέτησαν τεχνολογίες όπως η υπολογιστική χαρτογράφηση, η καθοδήγηση κ.α., ήταν 163\$ ανά 10 στρέμματα υψηλότερο από τους παραγωγούς που έκαναν χρήση παραδοσιακών τεχνικών. [90] [91]

3.2. Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture)

Η Γεωργία Ακριβείας μπορεί να οριστεί ως η εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών πληροφορικής για την παροχή, επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων από πολλές πηγές υψηλής χωρικής και χρονικής ανάλυσης, με σκοπό την λήψη αποφάσεων και την διαχείριση των καλλιεργειών. [92] Με την βοήθεια αισθητήρων υψηλής τεχνολογίας και εργαλείων ανάλυσης, η Γεωργία Ακριβείας υιοθετήθηκε για την αύξηση της παραγωγής μειώνοντας τον χρόνο εργασίας, την διαχείριση της λίπανσης και των διαδικασιών άρδευσης, μέσω ενός μεγάλου πλήθους δεδομένων και πληροφοριών που βοηθούν, παράλληλα, στην απόδοση και την ποιότητα των καλλιεργειών. Τα δεδομένα που λαμβάνονται σχετίζονται με την κατάσταση και την υγεία των καλλιεργειών και βάσει αυτών οι αγρότες έχουν την δυνατότητα να παρέχουν νερό και λίπασμα σε βέλτιστο ρυθμό. Γενικότερα, στόχος της Γεωργίας Ακριβείας είναι η παροχή στους αγρότες των κατάλληλων πληροφοριών που συλλέγονται με οποιοδήποτε τρόπο για την καλύτερη διαχείριση της επιχείρησής τους. Η παρακολούθηση μιας καλλιέργειας συνεπάγεται με την παρακολούθηση παραμέτρων όπως η κατάσταση του εδάφους, η υγεία των φυτών, η επίδραση των λιπασμάτων

και των φυτοφαρμάκων, η άρδευση και η απόδοση, παράμετροι που αποτελούν σημαντικές προκλήσεις για τους αγρότες. Η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων έρχεται με την εφαρμογή συστημάτων τηλεπισκόπησης (Remote Sensing – RS), όπως η υπερφασματική απεικόνιση (hyperspectral imaging), με βάση την οποία γίνεται χαρτογράφηση της καλλιέργειας σε κάθε στάδιο ανάπτυξης, για την απογραφή των καλλιεργειών μεγάλης κλίμακας και την δημιουργία προβλέψεων απόδοσης. Οι εφαρμογές του RS βασίζονται κυρίως στην αλληλεπίδραση μεταξύ ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολίας και της επιφάνειας του εδάφους, υπό την ύπαρξη ή μη βλάστησης. [93]

Τα συστήματα που βασίζεται η Γεωργία Ακριβείας αποτελούν έναν συνδυασμό θεμελιωδών τεχνολογιών όπως τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographic Information System – GIS), το Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (Global Positioning System – GPS), την μοντελοποίηση, την επίγεια/αέρια/δορυφορική τηλεπισκόπηση, την Τεχνολογία Μεταβλητού Ρυθμού (Variable Rate Technology – VRT) και την προηγμένη επεξεργασία πληροφοριών. Τα βήματα που ακολουθεί η Γεωργία Ακριβείας είναι: (α) η συγκέντρωση πληροφοριών σχετικά με την μεταβλητότητα των καλλιεργειών, (β) η επεξεργασία και η ανάλυση των πληροφοριών αυτών για την εκτίμηση της σημασίας της μεταβλητότητας αυτής και (γ) η εφαρμογή των αλλαγών στην διαχείριση. Λόγω του ότι η Γεωργία Ακριβείας είναι μία κυκλική διαδικασία το σύστημα γίνεται όλο και καλύτερο με το πέρασμα του χρόνου, καθώς συλλέγονται και επεξεργάζονται όλο και περισσότερες πληροφορίες. Έτσι, για να έχει ένα τέτοιο σύστημα πλήρη λειτουργία μπορεί να απαιτηθεί χρονικό διάστημα από μήνες έως έτη, διάστημα που εξαρτάται από τα τρία αυτά επιμέρους βήματα. Η βάση δεδομένων της Γεωργίας Ακριβείας περιλαμβάνει: (α) Πληροφορίες σχετικά με το στάδιο ανάπτυξης, την υγεία και τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά μιας καλλιέργειας, (β) τα χαρακτηριστικά του εδάφους, όπως το βάθος, η υφή, η θερμοκρασία, η αλατότητα κ.α., (γ) δεδομένα για το μικροκλίμα, όπως θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα ανέμου κ.α., (δ) τις συνθήκες αποστράγγισης και (ε) τις δυνατότητες άρδευσης και την διαθεσιμότητα σε νερό. [94]

Τεχνολογία Τηλεπισκόπησης (Remote Sensing Technology)

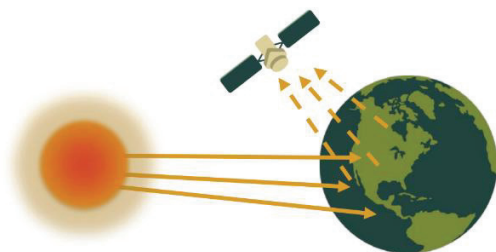
Το Remote Sensing είναι η επιστήμη της λήψης και ερμηνείας πληροφοριών από απόσταση, κάνοντας χρήση αισθητήρων που δεν βρίσκονται σε φυσική επαφή με το αντικείμενο που παρατηρείται. [95] Μέσω της τηλεπισκόπησης και με χρήση οργάνων όπως κάμερες, laser scanners, δορυφόροι κ.ά., μετρίεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, συμπεριλαμβανομένης της ορατής και μη ορατής ακτινοβολίας, που αλληλεπιδρά με την επιφάνεια, και μπορεί να ανιχνευθεί η κατάσταση μιας καλλιέργειας όσον αφορά το νερό και τα θρεπτικά συστατικά, τις ασθένειες, τα παράσιτα και τα ζιζάνια. Οι πληροφορίες συλλέγονται μέσω διαφορετικών αισθητήρων και με την βοήθεια του GPS για την χωρική πλευρά της ανίχνευσης ενσωματώνονται για την δημιουργία στρατηγιών για χημική εφαρμογή, καλλιέργεια και συγκομιδή. Η τηλεπισκόπηση είναι μία τεχνολογία η χαρακτηρίζεται ως μη καταστροφική για την συλλογή πληροφοριών σχετικά με τα χαρακτηριστικά της γης, ενώ μπορούν να καταγραφούν δεδομένα για μεγάλες χωρικές εκτάσεις,

προσβάσιμες ή μη, και για σύντομα σχετικά χρονικά διαστήματα, γεγονός που βοηθά στην μείωση του bias των δεδομένων. [94]

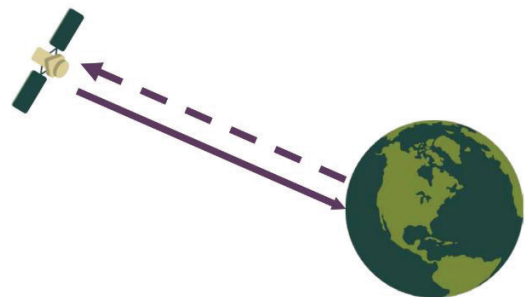
Οι αισθητήρες στους οποίους βασίζεται η τεχνολογία αυτή διαχωρίζονται μεταξύ ενεργών (active) και παθητικών (passive). Οι ενεργοί αισθητήρες ουσιαστικά φωτίζουν τα αντικείμενα που παρατηρούν. Η ακτινοβολία που αποστέλλεται είναι βρίσκεται κυρίως στο φάσμα των μικροκυμάτων, έτσι ώστε να μπορεί να διαπεράσει την ατμόσφαιρα υπό ένα μεγάλο εύρος συνθηκών. Στην συνέχεια η ακτινοβολία αυτή επιστρέφει μέσω ανάκλασης ή σκέδασης από το έδαφος και μετριέται από τον αισθητήρα. Δύο παραδείγματα ενεργούς τηλεπισκόπησης είναι οι τεχνικές LIDAR και RADAR. Κατά την τεχνική LIDAR (Light Detection And Ranging) η συσκευή-ανιχνευτής εκπέμπει μία παλμική ακτίνα laser και μετρά την ακτινοβολία που ανακλάται ή οπισθο-σκεδάζεται. Η απόσταση που βρίσκεται το αντικείμενο καθορίζεται με την καταγραφή του χρόνου μεταξύ της εκπεμπόμενης και ληφθείσας ακτινοβολίας από τον αισθητήρα, κάνοντας χρήση της ταχύτητας του φωτός για τον υπολογισμό της απόστασης. Η τεχνική RADAR λειτουργεί παρόμοια με την τεχνική LIDAR. Η ακτινοβολία αποστέλλεται, επιστρέφει, μετριέται και χρονομετρείται. Η διαφορά των δύο τεχνικών βρίσκεται στο μήκος κύματος και την απόκλιση της δέσμης που εκπέμπεται. Η RADAR χρησιμοποιεί μικροκύματα με μεγαλύτερες συχνότητες, ενώ η δέσμη εκπέμπεται σε σχήμα κώνου και όχι σε ευθεία γραμμή. Καταγράφοντας το εύρος και το ποσό της ενέργειας που ανακλάται από όλα τα αντικείμενα, το σύστημα μπορεί να παράξει μία δισδιάστατη εικόνα της επιφανείας. [96] [97] [98]

Από την άλλη, οι παθητικοί αισθητήρες ανιχνεύουν την φυσική ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα αντικείμενο. Η ακτινοβολία αυτή είναι ουσιαστικά η ηλιακή ακτινοβολία, η οποία προσπίπτει στο αντικείμενο και από κει ανακλάται προς τον αισθητήρα. Τα περισσότερα παθητικά συστήματα λειτουργούν στο ορατό, υπέρυθρο, θερμικό υπέρυθρο φάσμα, αλλά και στο φάσμα των μικροκυμάτων, χρησιμοποιώντας διάφορους τύπους ραδιομέτρων και φασματομέτρων. Οι παθητικοί αισθητήρες περιλαμβάνουν όργανα, όπως hyperspectral radiometers, δηλαδή αισθητήρες πολλαπλού φάσματος που ανιχνεύουν στενές φασματικές ζώνες στο ορατό, κοντινό και μέσο υπέρυθρο (NIR & MIR), imaging radiometers, συσκευές που έχουν την ικανότητα να σκανάρουν και να παρέχουν δισδιάστατες σειρές από pixels, απ' όπου μπορεί να παραχθεί μία εικόνα, κ.ά. [96] [99]

Passive Sensors



Active Sensors



Ενεργοί και παθητικοί αισθητήρες. (NASA Applied Remote Sensing Training Program) [96]

Τεχνολογία Μεταβλητού Ρυθμού (Variable Rate Technology)

Η Τεχνολογία Μεταβλητού Ρυθμού (VRT) αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία της Γεωργίας Ακριβείας. Η τεχνολογία αυτή επικεντρώνεται στην αυτόματη εφαρμογή υλικών σε μία συγκεκριμένη καλλιέργεια, ενώ η ποσότητα και ο τρόπος εφαρμογής καθορίζεται βάσει δεδομένων που έχουν ληφθεί από αισθητήρες, χάρτες και συσκευές GPS. [100] Με βάσει την τεχνολογία αυτή επιτυγχάνεται ο βέλτιστος τρόπος εφαρμογής λιπασμάτων, χημικών και σπόρων, με αποτέλεσμα την διατήρηση του οικονομικού κέρδους, εξασφαλίζοντας την βιωσιμότητα και την ασφάλεια του περιβάλλοντος. Οι τεχνολογίες μεταβλητού ρυθμού ποικίλλουν, ωστόσο, δίνεται μεγάλη σημασία στην τεχνολογία μεταβλητού ρυθμού λίπανσης (Variable Rate Fertigation – VRT). Για την καλύτερη λειτουργία της συγκεκριμένη τεχνολογίας απαιτείται μία ενιαία μονάδα ελέγχου που θα λαμβάνει υπόψη τον συνδυασμό όλων αυτών των τεχνολογιών που αφορούν την λίπανση, την άρδευση (Variable Rate Irrigation – VRI), τα φυτοφάρμακα (Variable Rate Pesticide – VRP) και τα ζιζανιοκτόνα (Variable Rate Herbicide – VRH). Έτσι, ο συνδυασμός αυτών των τεχνολογιών θα μπορέσει να εφαρμόσει τα παραπάνω με προκαθορισμένο ρυθμό από έναν μόνο κεντρικό ελεγκτή.

Artificial Intelligence in Agriculture

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι μία τεχνολογία που εισάγεται στον τομέα της γεωργίας. Η τεχνολογία αυτή εισήχθη με σκοπό την ενίσχυση της παραγωγή και την βελτίωση της παρακολούθησης, της συγκομιδής, της επεξεργασίας και του εμπορίου σε πραγματικό χρόνο. Η τεχνολογία αυτή αποτελείται από αυτοματοποιημένα συστήματα με χρήση ρομπότ και μη επανδρωμένων αεροσκαφών, ενώ συστήματα υψηλής τεχνολογίας που βασίζονται σε υπολογιστές καθορίζουν παραμέτρους όπως η ανίχνευση των ζιζανίων, της απόδοσης και της ποιότητας της καλλιέργειας. [102]

Η συμβολή της ΑΙ στον γεωργικό τομέα ξεκινά με την εισαγωγή των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (Unmanned Aerial Vehicles – UAVs) ή αλλιώς drones. Οι εφαρμογές αυτών συμπεριλαμβάνουν την αναγνώριση και επιτήρηση, την ανίχνευση ανθρώπων, πυρκαγιών κ.ά., ενώ στον αγροτικό τομέα μπορούν να ασχολούνται με δουλειές όπως η φύτευση, η άρδευση, η μελέτη του εδάφους, η ανίχνευση ασθενειών κ.ά. Η χρήση τους έχει γίνει πολύ δημοφιλής, καθώς η τεχνολογία απεικόνισης είναι πολύ υψηλού επιπέδου με φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης, έχουν την ικανότητα να λειτουργούν από απόσταση με τηλεχειριστήριο, ενώ μπορούν να κινηθούν σε μεγάλα ύψη και να καλύψουν σημαντικές αποστάσεις. [102]



a. Planting Drone



b. Irrigation Drone



c. Soil Analysis Drone



d. Crop Monitoring Drone



e. Crop Spraying Drone



f. Health Assessment Drones

Types of Agricultural Drones [102]

Παράλληλα, μέσω της AI δίνεται η δυνατότητα στους αγρότες να συγκεντρώσουν έναν μεγάλο αριθμό δεδομένων από κυβερνητικούς και δημόσιους ιστοτόπους, προκειμένου να πάρουν αποφάσεις και να βρουν λύσεις για ζητήματα όπως η άρδευση. Ακόμη, με την μεγάλη αστικοποίηση, το εργατικό δυναμικό μειώνεται με την AI να εφαρμόζει διάφορες αυτοματοποιημένες διαδικασίες προκειμένου να καλυφθούν επαρκώς οι εργασίες που παλιότερα απαιτούσαν έναν ικανό αριθμό εργατών. Η συλλογή δεδομένων που αφορούν τις καιρικές συνθήκες μια περιοχή ή τον τύπο του εδάφους, η τεχνητή νοημοσύνη βοήθησε τους αγρότες στην καλύτερη επιλογή καλλιέργειας, έτσι ώστε να ταιριάζει με τις συνθήκες του μικροκλίματος. Αυτό μπορεί να επιφέρει μεγαλύτερη παραγωγή και ποιότητα στα προϊόντα μειώνοντας σε μεγάλο βαθμό τις φυτασθένειες. Η επιλογή μιας καλλιέργειας γίνεται και με βάση την ζήτηση που υπάρχει και για την κάλυψη των τάσεων της αγοράς. Τέλος, με την εισαγωγή των chatbots, που είναι απλά εικονικοί βοηθοί για την επικοινωνία με τους τελικούς χρήστες, οι αγρότες έχουν την δυνατότητα να πάρουν απαντήσεις για διάφορα ερωτήματα, να δεχθούν συμβουλές και διάφορες συστάσεις. [102]

Robots in Agriculture

Η εισαγωγή της ρομποτικής στον αγροτικό τομέα έχει παίξει σημαντικό ρόλο τόσο στην παραγωγή, όσο και στην διαχείριση. Σκοπός της τεχνολογίας αυτής είναι η αντικατάσταση της ανθρώπινης εργασίας για μεγαλύτερα οφέλη. Τα ρομπότ έχουν την δυνατότητα να εκτελούν αυτόματα εργασίες όπως η άρδευση, η καταπολέμηση των ζιζανίων, η φύλαξη των αγροκτημάτων παρέχοντας αναφορές και διασφαλίζοντας ότι οι καλλιέργειες προστατεύονται από αντίξοες καιρικές συνθήκες. Παράλληλα, αυξάνουν την ακρίβεια και έχουν την ικανότητα διαχείρισης μεμονωμένων φυτών. [102]

Σε μία καλλιέργεια για να είναι δυνατές και αποδοτικές διεργασίες, όπως η καθοδήγηση των οχημάτων και εργαλείων μεταξύ των φυτών, η εφαρμογή χημικών όπως λιπάσματα, μυκητοκτόνα

κ.ά. και η καταγραφή της υγείας και ανάπτυξης μεμονωμένων φυτών απαιτείται η σπορά να γίνεται με ακρίβεια, έτσι ώστε να υπάρχουν ακριβείς και αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με την θέση των φυτών. Σε αυτό η χρήση των ρομπότ είναι απαραίτητη καθώς μπορεί να διασφαλιστεί ότι οι σπόροι φυτεύονται έχοντας μηδενική ταχύτητα κατά την τοποθέτησή τους, ώστε να αποτρέπεται η μεταπήδησή τους κατά την πρόσκρουση. Παράλληλα, ρομπότ στα οποία εφαρμόζονται διάφοροι βιοαισθητήρες έχουν την δυνατότητα παρακολούθησης της κατάστασης των φυτών, ενώ εντοπίζουν και ασθένειες αυτών. [102] [103]

3.3. Smart Greenhouse

Τα θερμοκήπια είναι πολύπλοκα, μη γραμμικά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την επίτευξη ελεγχόμενης γεωργικής παραγωγής, δημιουργώντας ένα πιο ευνοϊκό κλίμα από το τοπικό, τις λεγόμενες συνθήκες καλλιέργειας εκτός εποχής, με τον έλεγχο του κλίματος μέσα στο θερμοκήπιο να είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη των φυτών. [104] Τα συστήματα θερμοκηπίων παρουσιάζουν εξάρτηση από τρεις βασικούς παράγοντες, του εξωτερικούς μετεωρολογικούς παράγοντες της περιοχής, τους μηχανισμούς ελέγχου, όπως τα συστήματα εξαερισμού, θέρμανσης και ψύξης με εξάτμιση, τους ανεμιστήρες κ.ά., και τους εσωτερικούς όπως οι καλλιέργειες. Από την πλευρά του μικροκλίματος του θερμοκηπίου, οι καλλιέργειες αποτελούν το σημαντικότερο ζήτημα λόγω την μεγάλης ποικιλίας, με το έλεγχο του μικροκλίματος να συντελεί στην αύξηση της παραγωγής, μέσω εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης, στατιστικής και μηχανικής, με βάση των οποίων γίνεται έλεγχος των παραγόντων όπως, η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η συγκέντρωση του CO₂ κ.ά. [105] Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν παράλληλα την φωτοσύνθεση της καλλιέργειας και την ανάπτυξή της, εκτός από το μικροκλίμα του θερμοκηπίου.

Η θερμοκρασία και η υγρασία είναι δύο από τις πιο σχετικές παραμέτρους του μικροκλίματος του θερμοκηπίου καθώς επηρεάζονται μέσω πολύπλοκων ανταλλαγών και αλληλεπιδράσεων θερμότητας και μάζας, μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού αέρα, αλλά και των υπολοίπων στοιχείων του θερμοκηπίου. Για τον σχεδιασμό ενός δικτύου η θερμοκρασία και η υγρασία θεωρούνται ως έξοδοι, καθώς όπως είπαμε είναι το αποτέλεσμα διεργασιών. Το πιο δύσκολο κομμάτι στον σχεδιασμό είναι η ρύθμιση των εισόδων, με την αύξηση του αριθμού εισόδων να κάνει ακόμα πιο περίπλοκη την κατάσταση, αντί να αυξάνει την ισχύ των εκτιμήσεων. Για την επιλογή των εισόδων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν τρία σημεία, η συσχέτιση μιας επιλεγμένης εισόδου με άλλες εισόδους, η φυσική εξάρτηση εισόδου – εξόδου, και το εύρος της μεταβλητότητας της εισόδου. [105]

Οι εσωτερικές συνθήκες ενός θερμοκηπίου είναι αποτέλεσμα αλληλεπιδράσεων φυσικής, χημικής και βιολογικής φύσης με αποτέλεσμα ο έλεγχος του μικροκλίματος να είναι αρκετά περίπλοκος. Λόγω της πολυπλοκότητας αυτής οι τεχνικές ελέγχου βασίζονται σε μοντέλα, τα οποία πρέπει να είναι ακριβή και αξιόπιστα, καθώς θα καθορίσουν πολλές διεργασίες που μπορούν να επηρεάσουν την παραγωγή. Οι τεχνικές για την ανάπτυξη τέτοιων μοντέλων μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, αυτές που βασίζονται στους φυσικούς νόμους που εμπλέκονται στην διαδικασία, και αυτές που βασίζονται στην ανάλυση των δεδομένων εισόδου – εξόδου και την εμπειρία. [106] Με

την πρώτη μέθοδο γίνεται χρήση φυσικών διεργασιών που αφορούν τις ανταλλαγές λόγω ακτινοβολίας, τις ανταλλαγές μέσω εξαερισμού, την διαπνοή της καλλιέργειας, τις ανταλλαγές στο κάλυμμα του θερμοκηπίου, μέσω του συστήματος θέρμανσης και τις ανταλλαγές με το έδαφος. [107] Λόγω των πολλών παραπάνω διεργασιών τα μοντέλα αυτά είναι αρκετά πολύπλοκα και απαιτούν σημαντική βαθμονόμηση. Η δεύτερη μέθοδος βασίζεται στην προσέγγιση του συστήματος αναγνώρισης, όπου γίνεται χρήση γραμμικών και μη γραμμικών τεχνικών. Μπορεί η έρευνα των εσωτερικών διεργασιών να μην είναι δυνατή με αυτή την μέθοδο, ωστόσο είναι πολύ χρήσιμη για τον έλεγχο του κλίματος. Για την μοντελοποίηση του περιβάλλοντος των θερμοκηπίων έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως, τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης, όπως η fuzzy logic, τα neural networks, αλλά υβριδικά μοντέλα, με χρήση συνδυασμού φυσικών διεργασιών και νευρωνικών δικτύων με αξιόπιστα αποτελέσματα. [106]

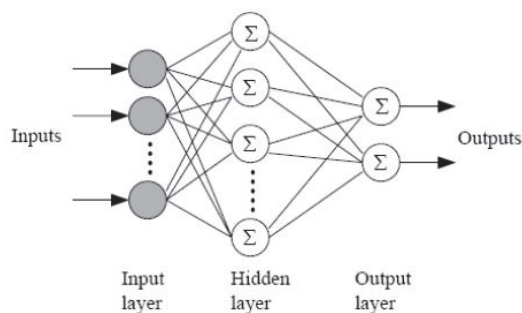
System Identification

Το System Identification – SI – είναι μία μεθοδολογία για την δημιουργία μαθηματικών μοντέλων δυναμικών συστημάτων, βασισμένη σε πειραματικά δεδομένα εισόδου – εξόδου. Μέσω αυτών γίνεται εκτίμηση των τιμών των παραμέτρων που συμμετέχουν στην δομή του μοντέλου. Για την επίτευξη του στόχου απαιτείται η μέτρηση των σημάτων σε συγκεκριμένο χρόνο, η επιλογή της δομής του μοντέλου, η επιλογή και εφαρμογή μεθόδου για την εκτίμηση των τιμών των παραμέτρων του μοντέλου και η επικύρωση και αξιολόγησή του. [108] Οι διαφορετικές προσεγγίσεις του SI εξαρτώνται από το είδος του μοντέλου, με τις επιλογές να είναι μεταξύ γραμμικού και μη γραμμικού και παραμετρικού και μη παραμετρικού. Στις παραμετρικές μεθόδους το μοντέλο με μία μαθηματική δομή που σχετίζεται με ένα σύνολο συντελεστών και παραμέτρων, ενώ αντίθετα, στις μη παραμετρικές μεθόδους το σύστημα μοντελοποιείται άμεσα από τα αποτελέσματά του. [109]

Neural Network-based models

Τα νευρωνικά δίκτυα αποτελούν μία προηγμένη τεχνική για την μοντελοποίηση μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων, όπως τα θερμοκήπια. Η διαδικασία αναγνώρισης μέσω των νευρικών δικτύων καλείται μοντελοποίηση “black box”, ενώ χρησιμότητά τους βασίζεται στο γεγονός ότι δεν χρειάζεται να μοντελοποιηθούν οι εσωτερικές διεργασίες. Τα νευρωνικά δίκτυα “μαθαίνουν” μέσω της επεξεργασίας των δεδομένων και βασίζονται σε θεωρίες μαζικής διασύνδεσης και στην αρχιτεκτονική της παράλληλης επεξεργασίας των βιολογικών νευρωνικών συστημάτων. Η χρήση και ο σχεδιασμός νευρωνικών δικτύων για να έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα απαιτεί να γίνουν σημαντικές επιλογές πάνω στην τοπολογία, τους αλγόριθμους μάθησης, των αριθμό των ενδιάμεσων νευρώνων, καθώς και τις μεταβλητές εισόδου και εξόδου. Σε ένα θερμοκηπιακό σύστημα, η γνώση ότι η θερμοκρασία και η υγρασία αποτελούν δύο από τις σημαντικότερες παραμέτρους στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου, τις καθιστούν ως εξόδους του δικτύου για κάθε μοντέλο, δηλαδή τα μοντέλα θα κάνουν προβλέψεις πάνω σε αυτές τις δύο παραμέτρους, θέτοντας ως εισόδους του δικτύου παραμέτρους του εξωτερικού περιβάλλοντος, όπως η εξωτερική

θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η ηλιακή ακτινοβολία κ.ά., ενώ τα ανοίγματα των παραθύρων, η λειτουργία της θέρμανσης, ο φωτισμός κ.ά., θα παίξουν τον ρόλο των ενεργοποιητών. Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιούνται στατιστικοί δείκτες, όπως το Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα, μεταξύ των πραγματικών και εκτιμώμενων τιμών. [106]



Multilayered Perceptron – MLP – neural network [106]

Fuzzy logic-based models

Σύμφωνα με την θεωρία των ασαφών συνόλων (fuzzy set theory) υπάρχει η δυνατότητα της αναπαράστασης ποσοτικών δεδομένων με την χρήση γλωσσικών εννοιών. Μοντέλα βασισμένα σε αυτή την θεωρία μπορούν να περιγράψουν δυναμικά συστήματα, όπως το κλίμα ενός θερμοκηπίου βασισμένα στην προσέγγιση του συστήματος αναγνώρισης. Το βασικό πλαίσιο της προσέγγισης αυτής είναι η συσχέτιση των μοντελοποιημένων στοιχείων μέσω ασαφών κανόνων IF – THEN. Η μοντελοποίηση μέσω της fuzzy logic, όπως και τα νευρωνικά δίκτυα έχουν την ικανότητα να προσεγγίζουν σύνθετες μη γραμμικές συναρτήσεις, με συλλογιστικούς μηχανισμούς εύκολα κατανοητούς από τον χρήστη, ενώ έχει παράλληλα το πλεονέκτημα να λαμβάνει γλωσσικές πληροφορίες από τον άνθρωπο και να τις συνδυάζει με αριθμητικά δεδομένα. Τα μοντέλα αυτά δημιουργούν μέσω πραγματικών δεδομένων κανόνες χωρίς καμία οργάνωση, με τους ασαφείς αυτούς κανόνες να βρίσκονται όλοι στο ίδιο επίπεδο. [110]

Μία μέθοδος που χρησιμοποιείται σε τέτοια μοντέλα είναι ο Διαχωρισμός της Γλωσσικής Πληροφορίας (Separation of Linguistic Information Methodology – SLIM), σύμφωνα με την οποία οι πληροφορίες του αρχικού ασαφούς συστήματος χωρίζονται σε μία ιεραρχική δομή που περιέχει πολλά επιμέρους ασαφή υποσυστήματα και αποφασίζεται αν μία δήλωση IF – THEN ανήκει σε ένα από αυτά τα υποσυστήματα και σε ποιο. Παράλληλα, για την δυναμική συμπεριφορά του κλίματος ενός θερμοκηπίου, λόγω της συνεισφοράς πολλών φυσικών διεργασιών, χρησιμοποιείται η Hierarchical Collaborative Structure – HCS – σύμφωνα με την οποία κάθε φυσική διεργασία δουλεύει αυτόνομα, αλλά συνεργάζεται και με τις υπόλοιπες, χωρίς καμία τάξη. [110]

4. Βιβλιογραφία

1. Burghila, D., Bordun, C.-E., Doru, M., Sarbu, N., Badea, A., & Cimpeanu, S. M. (2015). *Climate Change Effects – Where to Next? Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 6, 405–412.
2. American Meteorological Society, 2019. Climate Change: An Information Statement of the American Meteorological Society
3. [NASA: Climate Change and Global Warming](#)
4. <https://www.bgs.ac.uk/discovering-geology/climate-change/what-causes-the-earths-climate-to-change/>
5. [Energy mix - Our World in Data](#)
6. Lelieveld, J., Klingmüller, K., Pozzer, A., Burnett, R.T., Haines, A., Ramanathan, V. (2019). Effects of fossil fuel and total anthropogenic emission removal on public health and climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116, 7192–7197.
7. [Renewable Power Generation Costs in 2020 \(irena.org\)](#)
8. [Hydroelectric Energy | National Geographic Society](#)
9. [What is Green Energy? \(Definition, Types and Examples\) - TWI \(twi-global.com\)](#)
10. [Temperatures in the earth's interior - ScienceDirect](#)
11. [Biofuels explained - U.S. Energy Information Administration \(EIA\)](#)
12. Watson, R. T., Howells, J., & Boudreau, M.-C. (2012). Energy Informatics: Initial Thoughts on Data and Process Management. In J. vom Brocke, S. Seidel, & J. Recker (Eds.), *Green Business Process Management: Towards the Sustainable Enterprise* (pp. 147–159). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
13. ["ICT - What is it?". www.tutor2u.net. Retrieved 2015-09-01.](#)
14. Stallo, C., Sanctis, M. D., Ruggieri, M., Bisio, I., & Marchese, M. (2010). *ICT Applications in Green and Renewable Energy Sector. 2010 19th IEEE International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructures for Collaborative Enterprises.*
15. [Computer models - Modelling and simulation - KS3 ICT Revision - BBC Bitesize](#)
16. [Computational Modeling \(nih.gov\)](#)
17. Kondili, E. (2010). *Design and performance optimisation of stand-alone and hybrid wind energy systems. Stand-Alone and Hybrid Wind Energy Systems, 81–101.*

18. Welsch, M., Mentis, D., & Howells, M. (2014). *Long-Term Energy Systems Planning. Renewable Energy Integration*, 215–225.
19. [ICT Business Analyst ANZSCO 261111 | ACS skill assessment ict business analyst \(acsrplreport.com\)](#)
20. [*UCDCareers-ICTAndDataAnalytics.pdf](#)
21. Ahmed, F., Naeem, M., & Iqbal, M. (2016). *ICT and renewable energy: a way forward to the next generation telecom base stations. Telecommunication Systems*, 64(1), 43–56.
22. I. M. Shirbhate and S. S. Barve, "Solar panel monitoring and energy prediction for smart solar system," *International Journal of Advances in Applied Sciences (IJAAS)*, vol. 8, no. 2, pp. 136-142, 2019.
23. Spataru, C., & Gauthier, S. (2013). *How to monitor people “smartly” to help reducing energy consumption in buildings? Architectural Engineering and Design Management*, 10(1-2), 60–78.
24. Herrmann, M. R., Brumby, D. P., Oreszczyn, T., & Gilbert, X. M. P. (2017). *Does data visualization affect users’ understanding of electricity consumption? Building Research & Information*, 46(3), 238–250.
25. [Internet of Things σε απλά ελληνικά \(archive.org\)](#)
26. Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). *The Internet of Things: A survey. Computer Networks*, 54(15), 2787–2805.
27. Singh, U., Chana, I. *Enhancing Energy Efficiency in IoT (Internet of Thing) Based Application*
28. Jia, X., Feng, Q., Fan, T., & Lei, Q. (2012). *RFID technology and its applications in Internet of Things (IoT). 2012 2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet)*.
29. Bellavista, P., Cardone, G., Corradi, A., & Foschini, L. (2013). *Convergence of MANET and WSN in IoT Urban Scenarios. IEEE Sensors Journal*, 13(10), 3558–3567.
30. Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002). *Wireless sensor networks: a survey. Computer Networks*, 38(4), 393–422.
31. [What Is a Data Center? - Cisco](#)
32. [The nexus between data centres, efficiency and renewables: a role model for the energy transition - Energy Post](#)
33. Piltzecker, A. “The Best Damn Windows Server 2008 Book Period” 2nd Edition. Chapter 10 – “Configuring Windows Server Hyper-V and Virtual Machines”

34. IRENA (2019), Innovation landscape brief: Artificial intelligence and big data, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
35. Goiri, I., Katsak, W., Le, K., Nguyen, T. D., & Bianchini, R. (2014). *Designing and Managing Data centers Powered by Renewable Energy*. *IEEE Micro*, 34(3), 8–16.
36. [What Is Cloud Computing? A Beginner’s Guide | Microsoft Azure](#)
37. [Benefits of cloud computing | Business Queensland](#)
38. Gill, S. S., Chana, I., & Buyya, R. (2017). *IoT Based Agriculture as a Cloud and Big Data Service*. *Journal of Organizational and End User Computing*, 29(4), 1–23.
39. [Types of cloud computing \(redhat.com\)](#)
40. [Smart grids: what is a smart electrical grid - electricity networks in evolution \(i-scoop.eu\)](#)
41. Kylili, A., & Fokaides, P. A. (2015). *European smart cities: The role of zero energy buildings*. *Sustainable Cities and Society*, 15, 86–95.
42. Zhang, Z. & Li, J. “Big Data Mining for Climate Change”, Chapter 9 – “Big-data-driven carbon emissions reduction”. Elsevier Inc., 2020
43. [We calculated emissions due to electricity loss on the power grid – globally, it's a lot \(theconversation.com\)](#)
44. [Distributed Generation | EESI](#)
45. [The Smart Grid and Generation | Power Engineering \(power-eng.com\)](#)
46. Ekanayake, J., Jenkins, N., Liyanage, K., Wu, J., Yokoyama, A. (2012) “Smart Grid Technology and Applications”. WILEY.
47. [Alternating current - Energy Education](#)
48. Bracale, A., Caramia, P., Carpinelli, G., Mottola, F., & Proto, D. (2012). *A hybrid AC/DC Smart Grid to improve power quality and reliability*. *2012 IEEE International Energy Conference and Exhibition (ENERGYCON)*.
49. Huang, Y.-F., Werner, S., Huang, J., Kashyap, N., & Gupta, V. (2012). *State Estimation in Electric Power Grids: Meeting New Challenges Presented by the Requirements of the Future Grid*. *IEEE Signal Processing Magazine*, 29(5), 33–43.
50. Zhou, M., Centeno, V. A., Thorp, J. S., & Phadke, A. G. (2006). *An Alternative for Including Phasor Measurements in State Estimators*. *IEEE Transactions on Power Systems*, 21(4), 1930–1937.
51. Terzija, V., Valverde, G., Deyu Cai, Regulski, P., Madani, V., Fitch, J., ... Phadke, A. (2011). *Wide-Area Monitoring, Protection, and Control of Future Electric Power Networks*.

Proceedings of the IEEE, 99(1), 80–93. [52. The Smart Grid and Renewable Energy - IEEE Innovation at Work](#)

[53. Electric Vehicles: The Smart Grid | SmartGrid.gov](#)

54. Shireen, W., & Patel, S. (2010). *Plug-in Hybrid Electric vehicles in the smart grid environment. IEEE PES T&D 2010.*

55. Jian, L., Zheng, Y., & Shao, Z. (2017). *High efficient valley-filling strategy for centralized coordinated charging of large-scale electric vehicles. Applied Energy*, 186, 46–55.

56. Liposcak, Z., & Boskovic, M. (2013). *Survey of smart metering communication technologies. Eurocon 2013.*

57. Depuru, S. S. S. R., Wang, L., & Devabhaktuni, V. (2011). *Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 2736–2742.

58. Riquebourg, V., Menga, D., Durand, D., Marhic, B., Delahoche, L., & Loge, C. (2006). *The Smart Home Concept: our immediate future. 2006 1ST IEEE International Conference on E-Learning in Industrial Electronics.*

[59. What is WAN | Wide Area Network Definition | Computer Networks | CompTIA](#)

[60. What is a metropolitan area network \(MAN\)? | Cloudflare](#)

[61. What is a LAN? Local Area Network - Cisco](#)

62. Finlay, D. (2016). *Connected Health Approaches to Wound Monitoring. Smart Bandage Technologies*, 229–244.

63. Li, B., & Yu, J. (2011). *Research and Application on the Smart Home Based on Component Technologies and Internet of Things. Procedia Engineering*, 15, 2087–2092.

64. Malche, T., & Maheshwary, P. (2017). *Internet of Things (IoT) for building smart home system. 2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*. doi:10.1109/i-smac.2017.8058258

65. Ciabattini, L., Freddi, A., Ippoliti, G., Marcantonio, M., Marchei, D., Monteriu, A., & Pirro, M. (2013). *A smart lighting system for industrial and domestic use. 2013 IEEE International Conference on Mechatronics (ICM)*.

66. Chun-ling Fan, & Yuan Guo. (2011). *The application of a ZigBee based wireless sensor network in the LED street lamp control system. 2011 International Conference on Image Analysis and Signal Processing.*

[67. Definition: Smart Appliance | Open Energy Information \(openei.org\)](#)

68. Dirienzo, T. P., Krishnan, N. A., Srija, & Santos, J. R. (2014). *Effects of smart appliances on residential consumption patterns. 2014 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS)*.
69. [What is a smart building and how can it benefit you? \(rcrwireless.com\)](http://rcrwireless.com)
70. Totonchi, A. Smart Buildings Based On Internet of Things: A Systematic Review. Dep. Inf. Commun. Technol. 2018.
71. Weng, T., & Agarwal, Y. (2012). *From Buildings to Smart Buildings—Sensing and Actuation to Improve Energy Efficiency. IEEE Design & Test of Computers*, 29(4), 36–44.
72. Agarwal, Y., Balaji, B., Gupta, R., Lyles, J., Wei, M., & Weng, T. (2010). *Occupancy-driven energy management for smart building automation. Proceedings of the 2nd ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Building - BuildSys '10*.
73. [How Do CO2 Sensors Work? \(processsensing.com\)](http://processsensing.com)
74. [Πώς λειτουργεί ένας αισθητήρας CO2 NDIR; | CO2Meter.com](http://CO2Meter.com)
75. Lu, J., Birru, D., & Whitehouse, K. (2010). *Using simple light sensors to achieve smart daylight harvesting. Proceedings of the 2nd ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Building - BuildSys '10*.
76. X. Jiang, S. Dawson-Haggerty, P. Dutta and D. Culler, "Design and implementation of a high-fidelity ac metering network", *International Conference on Information Processing in Sensor Networks 2009 (IPSN-2009)*, pp. 253-264, April 2009.
77. Heinstein, P., Ballif, C., & Perret-Aebi, L.-E. (2013). *Building Integrated Photovoltaics (BIPV): Review, Potentials, Barriers and Myths. Green*, 3(2).
78. Oliver, M., & Jackson, T. (2001). *Energy and economic evaluation of building-integrated photovoltaics. Energy*, 26(4), 431–439.
79. [Building Integrated Photovoltaics \(BIPV\) | WBDG - Whole Building Design Guide](http://WBDG - Whole Building Design Guide)
80. [Plug-and-Play Sensors | Machine Design](http://Machine Design)
81. Jin, J., Gubbi, J., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2014). *An Information Framework for Creating a Smart City Through Internet of Things. IEEE Internet of Things Journal*, 1(2), 112–121.
82. [What Are The Advantages of IPv6? - Radiocrafts](http://Radiocrafts)
83. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). *Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660.

84. [Microsoft Word - EA_notes.doc \(ihu.gr\)](#)
85. [Genetic Algorithms and Evolutionary Algorithms - Introduction | solver](#)
86. [What are Neural Networks? | IBM](#)
87. Toma, Alexandru, Popa, & Zamfiroiu. (2019). *IoT Solution for Smart Cities' Pollution Monitoring and the Security Challenges*. *Sensors*, 19(15), 3401.
88. Allström, A., Barceló, J., Ekström, J., Grumert, E., Gundlegård, D., & Rydergren, C. (2016). *Traffic Management for Smart Cities. Designing, Developing, and Facilitating Smart Cities*, 211–240.
89. Biyik C, Allam Z, Pieri G, Moroni D, O’Fraifer M, O’Connell E, Olariu S, Khalid M. Smart Parking Systems: Reviewing the Literature, Architecture and Ways Forward. *Smart Cities*. 2021; 4(2):623-642.
90. Saiz-Rubio V, Rovira-Más F. From Smart Farming towards Agriculture 5.0: A Review on Crop Data Management. *Agronomy*. 2020; 10(2):207.
91. Schimmelpfennig, D. Farm Profits and Adoption of Precision Agriculture. *USDA* 2016, 217, 1–46.
92. National Research Council, 1997. *Precision Agriculture in the 21st Century: Geospatial and Information Technologies in CROP Management*, National Academy Press, Washington, DC (1997)
93. Singh, P., Pandey, P. C., Petropoulos, G. P., Pavlides, A., Srivastava, P. K., Koutsias, N., ... Bao, Y. (2020). *Hyperspectral remote sensing in precision agriculture: present status, challenges, and future trends*. *Hyperspectral Remote Sensing*, 121–146.
94. Liaghat. (2010). *A Review: The Role of Remote Sensing in Precision Agriculture*. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 5(1), 50–55.
95. Jensen, J. R., 1996. *Remote sensing of the environment: An Earth Resource Perspective*. 3th Edn., Prentice Hall, USA, pp: 1-28.
96. [Remote Sensors | Earthdata \(nasa.gov\)](#)
97. [Active Sensors | Earthdata \(nasa.gov\)](#)
98. [What’s the difference between Laser Radar and LIDAR technology? - LiDAR News](#)
99. [Passive Sensors | Earthdata \(nasa.gov\)](#)
100. [Variable Rate Application in Precision Agriculture | by Ivanov Igor | Gamaya blog | Medium](#)
101. Bhakta, I., Phadikar, S., & Majumder, K. (2019). *State of the Art Technologies in Precision Agriculture: A Systematic Review*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.

- 102.** Talaviya, T., Shah, D., Patel, N., Yagnik, H., & Shah, M. (2020). *Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. Artificial Intelligence in Agriculture.*
- 103.** Griepentrog, H. W., Norremark, M., Nielsen, H., & Blackmore, B. S. (2005). *Seed Mapping of Sugar Beet. Precision Agriculture*, 6(2), 157–165. doi:10.1007/s11119-005-1032-5
- 104.** Azaza, M., Echaieb, K., Tadeo, F., Fabrizio, E., Iqbal, A., & Mami, A. (2015). *Fuzzy Decoupling Control of Greenhouse Climate. Arabian Journal for Science and Engineering*, 40(9), 2805–2812.
- 105.** Escamilla-García, A., Soto-Zarazúa, G. M., Toledano-Ayala, M., Rivas-Araiza, E., & Gastélum-Barrios, A. (2020). *Applications of Artificial Neural Networks in Greenhouse Technology and Overview for Smart Agriculture Development. Applied Sciences*, 10(11), 3835.
- 106.** González Pérez, I., Calderón, A.J. Neural Networks-Based Models for Greenhouse Climate Control. En Actas de las XXXIX Jornadas de Automática, Badajoz, 5-7 de Septiembre de 2018 (pp.875-879).
- 107.** Bot, G. P. A. (1991). *Physical modeling of greenhouse climate. IFAC Proceedings Volumes*, 24(11), 7–12.
- 108.** Esteves, M. S., Perdicoúlis, T. P. A., & dos Santos, P. L. (2015). *System Identification Methods for Identification of State Models. CONTROLO'2014 – Proceedings of the 11th Portuguese Conference on Automatic Control*, 417–427.
- 109.** Kashiwagi, H. *NONPARAMETRIC SYSTEM IDENTIFICATION*. Encyclopedia of life support systems
- 110.** Salgado, P., & Cunha, J. B. (2005). *Greenhouse climate hierarchical fuzzy modelling. Control Engineering Practice*, 13(5), 613–628.