

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



Πανεπιστήμιο  
Ιωαννίνων

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

**«Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και εξόρυξη δεδομένων με το λογισμικό Weka»**



**Ντάβαρη Παναγιώτα**

**ΑΜ: 828 εξάμηνο :20**

**Email:nagianta5@gmail.com**

**Εποπτεύων καθηγητής**

**Γιαννακέας Νικόλαος**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



Πανεπιστήμιο  
Ιωαννίνων

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

**«Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και εξόρυξη δεδομένων με το λογισμικό Weka»**

**Ντάβαρη Παναγιώτα**

**ΑΜ: 828 εξάμηνο :20**

**Email:nagianta5@gmail.com**

**Εποπτεύων καθηγητής**

**Γιαννακέας Νικόλαος**

- Άρτα 2022 -



**Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή**

Άρτα, Σεπτέμβριος 2022

## **ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ**

1. Επιβλέπων καθηγητής

Γιαννακέας Νκόλαος

2. Μέλος επιτροπής

3. Μέλος επιτροπής

Ο Προϊστάμενος του Τμήματος

© Ντάβαρη Παναγιώτα, 2022.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. Allrightsreserved.

## Δήλωση ηθολογικής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Ντάβαρη Παναγιώτα

Υπογραφή

# ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

---

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Γιαννακέα Νικόλαο για την υποστήριξη και την πολύτιμη βοήθειά του καθώς επίσης και τον χρόνο που διέθεσε για την διεκπεραίωση της πτυχιακής μου εργασίας.

# ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την εξόρυξη δεδομένων με το λογισμικό Weka. Στο πρώτο κεφάλαιο θα αναφερθούμε στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τις μορφές τους, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα μιλήσουμε για την αιολική ενέργεια, τη γεωθερμική ενέργεια, την υδροηλεκτρική και την ηλιακή ενέργεια.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα μελετήσουμε την μηχανική μάθηση και τους αλγορίθμους : κοντινότερο γείτονα, Μπευζιανό ταξινομητή, δέντρα αποφάσεων και μηχανές διανυσμάτων υποστήριξης.

Ακολουθεί το κεφάλαιο τέσσερα όπου θα παρουσιάσουμε το λογισμικό Weka και το περιβάλλον εργασίας του.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα μιας έρευνας που διεξάγαμε και θα τρέξουμε τους αλγορίθμους ώστε να καταλήξουμε σε συμπεράσματα.

**Λέξεις κλειδιά:** Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Weka, κοντινότερος γείτονας, Μπευζιανός ταξινομητής, Δέντρα Αποφάσεων και SVM.



# ABSTRACT

---

This thesis deals with renewable energy sources and data mining with Weka software. In the first chapter we will refer to renewable energy sources, their forms, their advantages and disadvantages.

In the second chapter we will talk about wind energy, geothermal energy, hydroelectricity and solar energy.

In the third chapter we will study machine learning and algorithms: nearest neighbor, Bayesian classifier, decision trees and support vector machines.

This is followed by chapter four where we will introduce the Weka software and its interface.

In the fifth and last chapter we will present the results and conclusions of a research we conducted and we will run the algorithms to reach conclusions.

**Keywords: Renewable energy, Weka, nearest neighbor, Bayesian classifier, Decision Trees and SVM.**

## Περιεχόμενα

1.1 Ορισμός ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	17
1.2 Μορφές ΑΠΕ.....	17
1.3 Πλεονεκτήματα ΑΠΕ.....	22
1.4 Μειονεκτήματα ΑΠΕ.....	23
1.5 Η κατανάλωση Ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα.....	25
2.1 Αιολική Ενέργεια.....	27
2.2 Ιστορική Αναδρομή.....	27
2.3 Γεωθερμική Ενέργεια.....	28
2.4 Υδροηλεκτρική Ενέργεια.....	30
2.5 Ηλιακή Ενέργεια.....	33
3.1 Μηχανική Μάθηση.....	36
3.2 Μέθοδοι ταξινόμησης.....	38
3.2.1 Κοντινότεροι Γείτονες.....	38
3.2.2 Μπευζιανός Ταξινομητής.....	39
3.3.3 Δέντρα Αποφάσεων.....	42
3.3.4 Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης.....	44
4.1 Το Weka.....	46
4.2 Λήψη και εγκατάσταση WEKA.....	47
4.3 Weka Applications.....	51
4.3.1 Explorer.....	51
4.3.2 Experimenter.....	52
4.3.3 Knowledge Flow.....	54
4.3.4 Workbench.....	54
4.3.5 Simple CLI.....	55
4.4 Αρχείο δεδομένων ARFF.....	55
4.5 Βασικά χαρακτηριστικά του WEKA.....	57
5.1 Ερωτήσεις Έρευνας.....	58
5.2 Απαντήσεις Έρευνας.....	60
5.3 Αποτελέσματα Ταξινόμησης.....	66
5.3.1 Random Forest.....	66
Εικόνα 24: Random Forest.....	66
5.3.2 Naïve Bayes Classifier.....	66

5.3.3 Decision Trees.....	67
5.3.4 Support Vector Machine - SVM.....	67
Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα από τους τέσσερις ταξινομητές.....	68
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	68
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	70

## ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

---

**Εικόνα εξωφύλλου**

<https://www.maxmag.gr/science/strofi-stis-ananeosimes-piges-energeias-anagki-kai-ochi-epilogi/>

**Εικόνα 1: Γενικές μορφές ΑΠΕ**

[http://aesop.iep.edu.gr/sites/default/files/renewable\\_energy\\_sources1.jpg](http://aesop.iep.edu.gr/sites/default/files/renewable_energy_sources1.jpg)

**Εικόνα 2: Διάφορες μορφές ενέργειας**

<http://www.sunblog.org/wp-content/uploads/2011/10/6-%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD-%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%BA%CE%BF-fot-330x219.jpg>

**Εικόνα 3: Αιολικά Πάρκα**

<https://forkeratea.com/environment/aioliki-energeia-thetikes-arnitikes-pleyres-tis/>

**Εικόνα 4: γεωθερμική ενέργεια**

<https://4.bp.blogspot.com/-795vkGkP9Lc/URFjGg36J3I/AAAAAAAAALQ/NkVxHI4UuVo/s320/eikona1.jpg>

**Εικόνα 5: φράγμα**

[https://energypress.gr/sites/default/files/styles/620x300/public/article/images/ydroilektrika\\_1.jpg?itok=w26XKW7D&c=264a87e7819ed16adf04c045b9ba0d73](https://energypress.gr/sites/default/files/styles/620x300/public/article/images/ydroilektrika_1.jpg?itok=w26XKW7D&c=264a87e7819ed16adf04c045b9ba0d73)

**Εικόνα 6: Φωτοβολταϊκά**

[https://www.4green.gr/jpg/news/700/solar\\_sun.jpg](https://www.4green.gr/jpg/news/700/solar_sun.jpg)

**Εικόνα 7: KNN αλγόριθμος**

<https://www.datacamp.com/tutorial/k-nearest-neighbor-classification-scikit-learn>

**Εικόνα 8: SVM**

[https://www-analyticsvidhya-com.translate.goog/blog/2017/09/understaing-support-vector-machine-example-code/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-analyticsvidhya-com.translate.goog/blog/2017/09/understaing-support-vector-machine-example-code/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

**Εικόνα 9: Weka GUI Chooser**

[https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

**Εικόνα 10 : Βήματα εγκατάστασης Weka**

[https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

**Εικόνα 11 : Βήματα εγκατάστασης Weka**

[https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

**Εικόνα 12 : Βήματα εγκατάστασης Weka**

[https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

**Εικόνα 13 : Βήματα εγκατάστασης Weka**

[https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

**Εικόνα 14 : Βήματα εγκατάστασης Weka**

[https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

**Εικόνα 15 : Βήματα εγκατάστασης Weka**

[https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?  
\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

**Εικόνα 16 : Βήματα εγκατάστασης Weka**

[https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?  
\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

**Εικόνα 17 : Βήματα εγκατάστασης Weka**

[https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?  
\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

**Εικόνα 18 : Weka GUI Chooser**

[https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?  
\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

**Εικόνα 19: Weka Explorer**

[https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?  
\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

**Εικόνα 20: Experimenter Weka**

[https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?  
\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

**Εικόνα 21: Το Knowledge Flow του Weka**

[https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?  
\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

**Εικόνα 22: Weka Workench**

[https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?  
\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

Εικόνα 23: Το Simple CLI του Weka

[https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?  
\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

# Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

---

## 1.1 Ορισμός ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ονομάζονται οι ενεργειακές πηγές οι οποίες συναντώνται σε απεριόριστο βαθμό στο περιβάλλον. Αρχικά ήταν η πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος καθώς μετά άρχισε να κάνει χρήση των ορυκτών καυσίμων για να βιοποριστεί. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ουσιαστικά ατελείωτες, όπως και απόλυτα ασφαλείς για το περιβάλλον καθώς για να αξιοποιηθούν χρησιμοποιούνται αποκλειστικά χρήσιμες και οικονομικές τεχνολογίες αποσκοπώντας στην πλήρη λειτουργικότητά τους. Οι ΑΠΕ άρχισαν να αποτελούν σημείο ενδιαφέροντος για τον κόσμο το 1974 όπου ήρθε η πρώτη πετρελαϊκή κρίση και έγιναν αναγκαίες τις τελευταίες δεκαετίες όπου τα σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα που υπάρχουν έγιναν εντονότερα. Σε πολλές χώρες το ποσοστό της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι αρκετό έτσι ώστε να συμβάλουν σημαντικά στη μείωση της καταστροφής του περιβάλλοντος όπως επίσης και στις μειωμένες εισαγωγές πετρελαίου βοηθώντας έτσι στην αύξηση του ενεργειακού τους εφοδιασμού.[1,2]



Εικόνα 1: Γενικές μορφές ΑΠΕ

## 1.2 Μορφές ΑΠΕ

Οι ΑΠΕ συναντιούνται και με άλλες ονομασίες όπως νέες πηγές ενέργειας, ήπιες μορφές ενέργειας και πράσινη ενέργεια. Με όποια ονομασία και να τις συναντήσουμε είναι διάφορες μορφές ενέργειας που δημιουργούνται από φυσικά φαινόμενα όπως η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού, ο αέρας και άλλες.



Με βάση το ευρωπαϊκό κοινοβούλιο ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μη ορυκτές θεωρούνται:

- ❖ Ο ήλιος – ηλιακή ενέργεια όπου εκεί εντάσσονται και τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα καθώς και η φωτοβολταϊκή μετατροπή.
- ❖ Η γεωθερμική – γεωθερμία υψηλής και χαμηλής θερμότητας
- ❖ Η υδροηλεκτρική και η ενέργεια ωκεανών (ενέργεια κυμάτων και παλιρροϊκή ενέργεια από τη διαφορά θερμοκρασίας στα νερά από την επιφάνεια στο μεγάλο βάθος)
- ❖ Αέρια μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και βιοαέριο
- ❖ Ο άνεμος -η αιολική
- ❖ Η αεροθερμική
- ❖ Η προερχόμενη από βιομάζα, όπου προέρχεται από θερμική ή χημική ενέργεια και από την εκμετάλλευση τόσο αστικών αποβλήτων όσο και φυτικών και ζωικών.
- ❖ Η αποδιδόμενη από τα ελκυσόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια

Οι ΑΠΕ που ονομάζονται «ήπιες» έχουν δύο βασικά χαρακτηριστικά. Το πρώτο είναι ότι για την αξιοποίησή τους χρησιμοποιείται αποκλειστικά η ενέργεια όπως υπάρχει στη φύση χωρίς να γίνεται κάποια παρέμβαση όπως η καύση ή η άντληση ή η εξόρυξη όπως συμβαίνει με αρκετές πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται. Το δεύτερο είναι πως οι συγκεκριμένες είναι «καθαρές» πηγές ενέργειας οι οποίες είναι φιλικές στο περιβάλλον καθώς κατά την χρήση τους δεν απελευθερώνουν τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, υδρογονάνθρακες και διοξείδιο του άνθρακα όπως οι άλλες πηγές ενέργειας.

Οποιαδήποτε εναλλακτική μορφή των γνωστών πηγών ενέργειας όπως του άνθρακα ή του πετρελαίου με κάποιες όπως την αιολική ή την ηλιακή ονομάζονται ανανεώσιμες πηγές. Ωστόσο ο όρος «ανανεώσιμες» δεν αποτελεί τον σωστό όρο στο 100% καθώς κάποιες από αυτές τις πηγές πχ η γεωθερμική ενέργεια δεν παραμένει αναλλοίωτη ούτε μπορεί να ανανεωθεί σε βάθος χιλιετιών. Παρόλα αυτά οι ΑΠΕ αποτελούν την βασική λύση του προβλήματος στην μείωση αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων που δεν είναι ανανεώσιμα.

Στην ηλιακή ακτινοβολία βασίζονται ως επί το πλείστον οι ήπιες μορφές ενέργειας καθώς είναι ανανεώσιμες εξαιτίας του ήλιου που δεν πρόκειται να χαθεί τουλάχιστον για κάποια δεκάτομμυρια χρόνια ακόμη. Πιο αναλυτικά μπορεί να αναφερθεί ότι ηλιακή ενέργεια συναντάται με ποικίλους τρόπους, όπως την αιολική ενέργεια η οποία επιτυγχάνεται με τους

ανέμους που δημιουργούνται από την θέρμανση του αέρα, τη βιομάζα όπου και αυτή είναι ηλιακή ενέργεια η οποία υπάρχει στους ιστούς των φυτών μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης και τέλος οι πηγές ενέργειας που για να υλοποιηθούν στηρίζονται στο νερό μέσω της διαδικασίας εξάτμισης-συμπύκνωσης. Η ενέργεια που δημιουργείται από τις παλίρροιες εκμεταλλεύομενη την βαρύτητα του πλανήτη και η γεωθερμική ενέργεια όπου δημιουργείται από την ροή ενέργειας στο εσωτερικό του φλοιού της γης δεν αποτελούν ήπιες μορφές ενέργειας που στηρίζονται στην ηλιακή ακτινοβολία.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αξιοποιούνται άμεσα κατά κύρια βάση για την θέρμανση αλλά μπορούν να μετατραπούν και σε άλλες μορφές ενέργειας πχ μηχανική ενέργεια ή ηλεκτρισμός. Με βάση την παγκόσμια συνολική ενέργεια που καταναλώνεται το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό από τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της. Ωστόσο λόγω των τεχνικών προβλημάτων εφαρμογής που προκύπτουν όπως και λόγω της τιμής των νέων ενεργειακών τιμών που είναι αρκετά υψηλή καθώς και τις οικονομικές και πολιτικές σκοπιμότητες έχει παρεμποδιστεί μέχρι και σήμερα η πλήρης εκμετάλλευση του συνόλου αυτού του δυναμικού.

Την αρχική τους εμφάνιση οι ήπιες μορφές ενέργειας έκαναν την δεκαετία του 1970 καθώς άρχισε να εκδηλώνεται ενδιαφέρον έπειτα από την πετρελαϊκή κρίση που υπήρξε εκείνη την εποχή, από την υποτίμηση της ποιότητας ζωής με την χρήση των κλασσικών πηγών ενέργειας και τέλος την περιβαλλοντική καταστροφή που είχε ήδη ξεκινήσει. Στην αρχή λόγω του μεγάλου κόστους η χρήση τους ήταν μόνο για πειραματικές εφαρμογές. Πλέον όμως σε όλα τα αναπτυγμένα κράτη οι ΑΠΕ λαμβάνονται υπόψη σε όλους τους επίσημους ενεργειακούς σχεδιασμούς και δουλεύεται η πλήρης αξιοποίησή τους παρόλο που ακόμη η ενεργειακή παραγωγή ακόμη είναι πολύ μικρή. Αναφορικά με το αρχικό υψηλό κόστος που υπήρχε για την εφαρμογή τους μειώνεται ολοένα και περισσότερο με κυρίαρχες την υδροηλεκτρική ενέργεια, την βιομάζα και την αιολική να είναι σε θέση να συγκρούονται με τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας πχ την πυρηνική ενέργεια και τον άνθρακα.

Οι ήπιες μορφές ενέργειας που είναι διαπιστωμένες είναι οι εξής:

### **1. Γεωθερμική ενέργεια**

Η γεωθερμική ενέργεια δημιουργείται από την θερμότητα που παράγεται στα πετρώματα της γης από τη ραδιενεργό αποσύνθεση τους. Την χρησιμοποιούν οπουδήποτε αυτή η θερμότητα

εξέρχεται στην επιφάνεια της γης με φυσικό τρόπο όπως στις πηγές ζεστού νερού ή στους θερμοπίδακες. Η χρήση του μπορεί να γίνει και για να παραχθεί ηλεκτρισμός και για απευθείας θερμικές εφαρμογές. Η γεωθερμία εντάσσεται στις ΑΠΕ με βάση την επιστημονική κοινότητα καθώς οι δεξαμενές της είναι πάρα πολύ μεγάλες με μέτρο σύγκρισης τις ανάγκες του ανθρώπου. Επειδή οι γεωθερμικοί ταμειυτήρες από την κατείσδυση των επιφανειακών υδάτων τροφοδοτούνται ασταμάτητα και ο γεωλογικός χρόνος αναπλήρωσης τους δεν είναι μεγάλος, ο ατμός και το υπόγειο νερό που χρησιμοποιούνται για να καλυφθούν οι θερμικές ανάγκες και να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια δεν θα μειωθεί αν υπάρξει σωστή διαχείριση. Για την επίτευξη αυτού όμως θα πρέπει να μην υπάρχει υπεράντληση. Αξίζει να σημειωθεί πως η Ισλανδία από την γεωθερμική ενέργεια καλύπτει το ποσοστό του 80-90% των ενεργειακών της αναγκών για την θέρμανση και το ποσοστό του 20% για τον ηλεκτρισμό.

## **2. Αιολική ενέργεια**

Η πρώτη της χρήση ξεκίνησε πριν πολλά χρόνια για μηχανικές εφαρμογές όπως την άλεση στους ανεμόμυλους και την άντληση νερού από τα πηγάδια. Σήμερα χρησιμοποιείται σχεδόν παντού για την ηλεκτροπαραγωγή.

## **3. Βιομάζα**

Είναι μία ευρέως ανερχόμενη πηγή ενέργειας με πολλές εφαρμογές και δυνατότητες. Παράγει βιοαέριο και βιοαιθανόλη τα οποία είναι καύσιμα πιο φιλικά για το περιβάλλον συγκριτικά με τα παραδοσιακά καύσιμα. Για την δημιουργία της βιομάζας χρησιμοποιούνται τα αστικά απορρίμματα και απόβλητα, όπως και οι υδατάνθρακες των φυτών με κύρια τα απόβλητα της βιομηχανίας ζάχαρης, της βιομηχανίας ξύλου, των ζωοτροφών και των τροφίμων στοχεύοντας στο να αποδεσμευτεί η ενέργεια που χρησιμοποίησε το φυτό κατά την φωτοσύνθεση.

## **4. Ενέργεια από τη θάλασσα**

Εδώ συναντάμε τρεις κατηγορίες. Αρχικά την ενέργεια από τα κύματα όπου γίνεται εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας των κυμάτων που δημιουργούνται, την ενέργεια από τους ωκεανούς η οποία παράγεται από την διαφορετική θερμοκρασία που υπάρχει ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού με την χρήση θερμικών κύκλων, εδώ να σημειωθεί πως ακόμη είναι σε ερευνητικό επίπεδο και τέλος η ενέργεια από παλίρροιες η οποία για να υλοποιηθεί χρησιμοποιεί τη βαρύτητα της σελήνης και του ήλιου, από την οποία

δημιουργείται ανύψωση της στάθμης του νερού. Αυτή η διαδικασία έχει ως εξής: Όταν το νερό ανεβαίνει αποθηκεύεται και έπειτα για να μπορέσει να κατέβει θα πρέπει να περάσει μέσα από μία τουρμπίνα. Καθώς περνάει από την τουρμπίνα παράγεται ηλεκτρισμός. Μέχρι τώρα έχει γίνει εφαρμογή της στην Γαλλία, την Ρωσία και την Αγγλία.

## **5. Το υδρογόνο ως πηγή ενέργειας**

Υδρογόνο είναι ένα αέριο όπου τα αποθέματα του είναι ανεξάντλητα. Η χρήση του υδρογόνου σαν καύσιμο είναι μία πολύ ελπιδοφόρα τεχνολογία. Κατά την ένωση του οξυγόνου με του υδρογόνου παράγεται νερό και ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτό πρακτικά σημαίνει πως τα αυτοκίνητα κατά την κίνηση τους θα χρησιμοποιούν υδρογόνο ως καύσιμο, θα είναι ηλεκτρικά και από την εξάτμιση τους θα βγαίνει νερό αντί για καυσαέριο. Ωστόσο το πρόβλημα με αυτή την μορφή ενέργειας είναι πως ενώ η ποσότητα του υδρογόνου στη φύση είναι ανεξάντλητη το μεγαλύτερο ποσοστό του υπάρχει μέσα στα μόρια του νερού τα οποία αποτελούνται από ένα μόριο οξυγόνου και δύο υδρογόνου. Και παρόλο που το νερό υπάρχει σε αφθονία για να γίνει η διάσπαση του μορίου απαιτείται ενέργεια.

## **6. Ηλιακή ενέργεια**

Η χρήση της αρχικά αφορούσε κατά κύριο λόγο θερμικές εφαρμογές όπως φούρνοι και ηλιακοί θερμοσίφωνες, όμως ολοένα και περισσότερο χρησιμοποιείται πλέον για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Γίνεται μελέτη για την δημιουργία ενός υβριδικού αυτόνομου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο θα αποτελείται από ανεμογεννήτρια, φωτοβολταϊκή συστοιχία, συσσωρευτές και εφεδρικό Η/Ζ.

## **7. Ωσμωτική ενέργεια ή γαλάζια ενέργεια**

Είναι μία μορφή ενέργειας που είναι ακόμη σε ερευνητικό επίπεδο. Επιτυγχάνεται από την ανάμιξη του θαλασσινού και του γλυκού νερού καθώς κατά την μείξη απελευθερώνονται μεγάλες ποσότητες ενέργειας όπως όταν τα ποτάμια πέφτουν στους ωκεανούς.

## 8. Υδραυλική ενέργεια

Είναι η πιο γνωστή μορφή ανανεώσιμης ενέργειας και χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια.[2]



Εικόνα 2: Διάφορες μορφές ενέργειας

### 1.3 Πλεονεκτήματα ΑΠΕ

Έπειτα από διάφορες μελέτες και απόψεις προκύπτουν τα εξής πλεονεκτήματα από την χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας:

Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι πως ουσιαστικά είναι πηγές ενέργειας που δεν θα εξαντληθούν με το πέρασμα των χρόνων όπως θα συμβεί με την ανεξέλεγκτη χρήση που γίνεται καθημερινά των ορυκτών καυσίμων. Σαφώς και η χρήση των ΑΠΕ βοηθούν αρκετά στην μειωμένη χρήση των συμβατικών ενεργειακών πόρων.

Ακόμη η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν αποτελούν κίνδυνο για το περιβάλλον καθώς είναι φιλικές προς αυτό όπως και για τον άνθρωπο εφόσον τα κατάλοιπα και τα απόβλητα που αφήνουν είναι μηδενικά. Γι' αυτό το λόγο και η εμφάνιση τους και χρήση τους γίνονται αποδεχτές για το κοινό.

Οι ΑΠΕ σε πολλές περιοχές που είναι υποβαθμισμένες τόσο κοινωνικά όσο και οικονομικά μπορούν να αποτελέσουν το ερέθισμα έτσι ώστε να συμβάλλουν στην ανάπτυξη τους,

κάνοντας επενδύσεις που να στηρίζονται στις ανανεώσιμες πηγές όπως για παράδειγμα να καλλιεργούνται θερμοκήπια με τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας.

Με βάση τις καθημερινές ανθρώπινες ανάγκες που προκύπτουν δημιουργείται και η ανάγκη για πολύ μεγάλες ποσότητες παραγωγής ενέργειας . Οι ΑΠΕ ως ευέλικτες εφαρμογές έχουν την δυνατότητα να παράγουν την ενέργεια που χρειάζεται ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε πληθυσμού, μειώνοντας έτσι την μεταφορά ενέργειας που γίνεται ανάμεσα σε μεγάλες αποστάσεις. Έτσι ως εγχώριες πηγές ενέργειας μπορούν να συμβάλλουν στην εθνική ενεργειακή ανεξαρτησία και στην αυτάρκεια του ενεργειακού εφοδιασμού.

Επίσης οι ΑΠΕ είναι ευέλικτες ως προς την χρήση τους. Δηλαδή παρέχεται στον χρήστη τους η δυνατότητα να επιλέξει την κατάλληλη μορφή ενέργειας που χρειάζεται με βάση τις καθημερινές του ανάγκες με αποτέλεσμα να γίνεται πιο σωστή χρήση των ενεργειακών πόρων. Για παράδειγμα για την ηλεκτροπαραγωγή μπορεί να χρησιμοποιηθεί η αιολική ενέργεια και για την θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ηλιακή ενέργεια.

Για να μπου σε λειτουργία οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ο εξοπλισμός που χρειάζεται καθώς και η συντήρησή τους είναι απλός στην κατασκευή και ο χρόνος ζωής τους είναι πολύ μεγάλος. Επιπλέον το λειτουργικό τους κόστος είναι σχετικά χαμηλό καθώς οι διακυμάνσεις που γίνονται στην διεθνή οικονομία και πιο συγκεκριμένα στα συμβατικά καύσιμα δεν μπορούν να το επηρεάσουν.

Καθώς πολλοί διεθνή οργανισμοί τις υποστηρίζουν οι περισσότερες κυβερνήσεις επιδοτούν τις ΑΠΕ. Έτσι έχουν δημιουργηθεί πολλές νέες θέσεις εργασίας κυρίως σε τοπικό επίπεδο καθώς οι αυξανόμενες επενδύσεις των ΑΠΕ δημιουργούν και την ανάγκη για περισσότερο εργατικό δυναμικό.

Σε χώρες που είναι μικρές και αναπτυσσόμενες οι ΑΠΕ παρέχουν την δυνατότητα για ενεργειακή αυτάρκεια. Είναι σε θέση να δώσουν εναλλακτική λύση σε ότι έχει να κάνει με την οικονομία του πετρελαίου.

Τέλος επειδή οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας βρίσκονται διασκορπισμένες γεωγραφικά υπάρχει αποσυμφόρηση του ενεργειακού συστήματος από τα μεγάλα αστικά κέντρα. Έτσι σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο μπορούν να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες βοηθώντας τόσο στην μείωση απωλειών από την μεταφορά ενεργειών όσο και στην ανακούφιση των συστημάτων υποδομής.[3]

## **1.4 Μειονεκτήματα ΑΠΕ**

Ωστόσο όπως και όλες οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας έχουν και τα θετικά τους και τα αρνητικά τους, έτσι και οι ΑΠΕ εκτός από τα πολλά πλεονεκτήματα που έχουν παρουσιάζουν και κάποια μειονεκτήματα.

Το πρωτεύον μειονέκτημα τους είναι πως για να επενδύσει κανείς σε μία μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας κοστίζει πολύ παραπάνω εν συγκρίσει με μία επένδυση στα συμβατικά καύσιμα που υπάρχουν. Ο συντελεστής απόδοσης που διαθέτουν είναι αρκετά μικρός με ποσοστό 30% μπορεί και λίγο μικρότερο. Έτσι για να μπορέσουν να καλύψουν μεγάλο γεωγραφικό πλάτος το κόστος είναι αυξημένο. Γι' αυτό το λόγο τις ΑΠΕ ως σήμερα τις συναντούμε μόνο σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας και όχι ως κύριες.

Ακριβώς λόγω του μικρού συντελεστή απόδοσης που διαθέτουν η χρήση τους καλύπτει τοπικές και περιφερειακές ενότητες και δεν είναι ακόμη σε θέση να καλύψουν τις μεγάλες ανάγκες που έχουν τα αστικά κέντρα.

Ακόμη επειδή δεν είναι μαζεμένες μεγάλες ποσότητες δυναμικού σε οριοθετημένες εκτάσεις είναι δύσκολο να επιτευχθεί η συγκέντρωση ισχύος σε μεγάλα μεγέθη έτσι ώστε να μπορέσει να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί.

Η διαθεσιμότητα τους αρκετά συχνά διακυμαίνεται για μεγάλα χρονικά διαστήματα με αποτέλεσμα να πρέπει πάντα να υπάρχουν άλλες εφεδρικές πηγές ενέργειας ή να απαιτείται μεγάλο κόστος για να μπορέσει να αποθηκευτεί ικανός αριθμός μεγέθους από τις ΑΠΕ. Επειδή λοιπόν η διαθεσιμότητα τους είναι χαμηλή παρατηρείται μικρός συντελεστής των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσής τους.

Πιο συγκεκριμένα σε ότι αφορά την παροχή και απόδοση της ηλιακής, της υδροηλεκτρικής και της αιολικής ενέργειας πρωτεύον ρόλο παίζει το κλίμα της περιοχής όπου γίνεται η τοποθέτησή τους όπως επίσης το γεωγραφικό πλάτος και η εποχή του έτους.

Σε ότι έχει να κάνει με την υδροηλεκτρική ενέργεια σύμφωνα με έρευνες έχει παρατηρηθεί πως από τα υδροηλεκτρικά έργα προκύπτει απελευθέρωση μεθανίου από την αποσύνθεση που συμβαίνει στα φυτά που υπάρχουν κάτω από το νερό, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να χαλάνε οι βιότοποι της περιοχής που γίνεται η συγκεκριμένη ενέργεια καθώς να ενισχύεται και το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Για την αιολική ενέργεια το μειονέκτημα που παρατηρείται αφορά τις αιολικές μηχανές που χρησιμοποιούνται. Οι γνώμες δίστανται σε ότι έχει να κάνει τόσο με τον θόρυβο που δημιουργούν όταν δουλεύουν όσο και με την αισθητική τους. Για αυτόν ακριβώς το λόγο βλέπουμε πως η τοποθέτησή τους γίνεται σε μεγάλη απόσταση από κατοικημένες περιοχές. Καθώς η τεχνολογία τους εξελίσσεται και οι χώροι όπου θα εγκαθίστανται θα είναι πιο προσεχτικοί όπως για παράδειγμα σε πλατφόρμες ανοιχτής θάλασσας αυτά τα προβλήματα θα εξαλειφθούν.

Οι τρόποι που χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα για να αντλήσει ο άνθρωπος ενέργεια από τα ορυκτά καύσιμα όπως τα πετρέλαια, την πυρηνική σχάση και τους γαιάνθρακες έχουν ως αποτέλεσμα την τεράστια περιβαλλοντική καταστροφή και θα πρέπει να βρεθεί λύση με πιο εναλλακτικές και ήπιες μορφές ενέργειας. Οι πιο γνωστές σε όλους μας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως για παράδειγμα η αιολική, η ηλιακή, η υδροηλεκτρική κ.ά. θα μπορούσαν κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες να αντικαταστήσουν τις παραπάνω σε πολύ μικρότερο όμως επίπεδο παραγωγής ενέργειας.

Όσο η ενέργεια που καταναλώνεται από τον άνθρωπο στην καθημερινότητα του ολοένα και αυξάνεται για να βρεθεί λύση στο ενεργειακό πρόβλημα που έρχεται στο μέλλον θα πρέπει να βρεθούν καινούργιες καθαρές τεχνολογίες για την παραγωγή ενέργειας. Αυτού του είδους οι νέες καθαρές ενέργειες κατά καιρούς κάνουν την εμφάνιση τους με τον όρο «ελεύθερη ενέργεια» και τις βλέπουμε ως τώρα μόνο σε επίπεδο ερευνητικών προσπαθειών. Ως ότου υπάρξει το ερέθισμα έτσι ώστε η ανθρωπότητα να μπορεί να κάνει χρήση τέτοιου είδους τεχνολογίες ενέργειας η μόνη λύση που είναι εφικτή στο άμεσο μέλλον είναι οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας να διαδεχθούν τα ορυκτά καύσιμα.

Έτσι αν και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω μπορεί να είναι αμφιλεγόμενα για να μπορέσει να υπάρξει ένα μέλλον πιο ελπιδοφόρο από ενεργειακής άποψης θα πρέπει αρχικά να υπάρξει μέτρο στην αυξανόμενη απαίτηση για ενέργεια και αφετέρου να αξιοποιηθεί η όποια νέα τεχνολογία παραγωγής καθαρής ενέργειας.[3]

## 1.5 Η κατανάλωση Ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα

Ο οργανισμός Renewable Energy Policy Network από το 2005 και κάθε χρόνο κάνει δημοσίευση της μελέτης Renewables Global Status Report. Αυτή η μελέτη έχει να κάνει με τις τεχνολογίες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως τη γεωθερμική ενέργεια, τις κυματογεννήτριες και τα φωτοβολταϊκά. Η συγκεκριμένη έρευνα συλλέγει τα μεγέθη των επιδόσεων αυτών των τεχνολογιών από πολλά κράτη.

Σύμφωνα με τον παραπάνω οργανισμό και την έρευνα του, βλέπουμε την Ελλάδα σε δύο διαφορετικές θέσεις. Αρχικά την συναντάμε στην τέταρτη θέση όπου κατατάσσεται για την κατά κεφαλή παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις και στην πέμπτη θέση όπου κατατάσσεται για την χωρητικότητα ηλιακών θερμοσιφώνων κατά κεφαλή. Σε αντίθεση με την Κίνα η οποία παρόλο που είναι ο απόλυτος επενδυτής σε απόλυτα νούμερα δεν υπάρχει καν στην συγκεκριμένη λίστα.

Με βάση τα στοιχεία που προκύπτουν από την Eurostat η Ελλάδα το 2019 έφτασε το ποσοστό της ενέργειας από ΑΠΕ τον μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αναλυτικότερα, το 2004 η κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα ήταν 7,2% και το 2019 άγγιξε το ποσοστό του 19,7% φτάνοντας έτσι το ποσοστό της ΕΕ. Υπήρξε αισθητή αύξηση μέσα σε ένα χρόνο αφού το αντίστοιχο ποσοστό για το 2018 στην Ελλάδα ήταν 18,1% και στην Ευρωπαϊκή Ένωση 18,9%.

Για το 2019 το πιο χαμηλό ποσοστό στην κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ΕΕ κατείχε το Λουξεμβούργο με 7%, έπειτα η Μάλτα με 8,5%, μετά η Ολλανδία με 8,8% και τέλος το Βέλγιο με 9,9%. Το υψηλότερο ποσοστό κατείχε η Σουηδία με 56,4%, μετά η Φιλανδία με 43,1%, έπειτα η Λετονία με 41% και τέλος η Δανία με 37,2%.

Το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παρείχθε από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα το 2019 πλησιάζει το μέσο όρο της ΕΕ. Το 2004 το ποσοστό για την Ευρωπαϊκή



Ένωση ήταν 15,9% ενώ το 2019 34,1% με τις αντίστοιχες χρονικές περιόδους στην Ελλάδα να καταγράφεται το ποσοστό του 7,8% και το 31,3% αντίστοιχα.

Στην ΕΕ τα πιο χαμηλά ποσοστά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ εμφανίστηκαν στην Μάλτα με 8%, το Λουξεμβούργο, την Ουγγαρία και την Κύπρο με 10% ενώ τα μεγαλύτερα ποσοστά κατέλαβε πρώτη η Αυστρία με 75%, έπειτα η Σουηδία με 71% και τέλος η Δανία με ποσοστό 65%.[7]

# Κεφάλαιο 2: Είδη ανανεώσιμων πηγών Ενέργειας

---

## 2.1 Αιολική Ενέργεια

Η ενέργεια που παράγεται από την οποιαδήποτε εκμετάλλευση του ανέμου ονομάζεται αιολική ενέργεια. Η συγκεκριμένη πηγή ενέργειας επειδή δεν προκαλεί και δεν εκπέμπει ρύπους εντάσσεται στην κατηγορία των «καθαρών πηγών» και χαρακτηρίζεται ως «ήπια μορφή ενέργειας».



Εικόνα 3: Αιολικά Πάρκα

Επειδή η αιολική ενέργεια είναι μία ανανεώσιμη ενέργεια η οποία είναι πολύ φιλική προς το περιβάλλον καθώς τα κατάλοιπα που αφήνει είναι πολύ λιγότερα εν συγκρίσει με τα κατάλοιπα που δημιουργούνται από την καύση ορυκτών καυσίμων, είναι πρώτη στις προτιμήσεις για την ηλεκτροπαραγωγή. Κατά την χρήση της δεν απελευθερώνονται τόσα πολλά αέρια και ρύποι επιβλαβή για το περιβάλλον όπως συμβαίνει με τα συμβατικά καύσιμα, η αιολική βιομηχανία παρουσιάζει μεγάλη ανάπτυξη με αποτέλεσμα να αυξάνονται και τα οικονομικά οφέλη των περιοχών που δημιουργούνται και τέλος το «καύσιμο» της είναι δωρεάν και σε πληθώρα.[3]

## 2.2 Ιστορική Αναδρομή

Το όνομα της αιολική προέρχεται από τον Αίολο, όπου σύμφωνα με την ελληνική μυθολογία ήταν ο θεός του πολέμου. Για πρώτη φορά η αιολική ενέργεια κάνει την εμφάνιση της πολλά χρόνια πριν, μόλις δημιουργήθηκαν τα πρώτα ιστιοφόρα και την χρησιμοποιούσαν για σηκώνονται τα πανιά τους.

Ήδη γύρω από το 1792-1750 π.Χ. χρησιμοποιούταν η αιολική ενέργεια από βασιλείς στην ξηρά ανεμόμυλους για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας. Εκεί όπου τώρα γεωγραφικά είναι το Ιράν, το

Πακιστάν και το Αφγανιστάν έως τον 9<sup>ο</sup> αιώνα είχαν δημιουργηθεί και αναπτυχθεί ανεμοκίνητα μηχανήματα που χρησιμοποιούνταν για την άντληση νερού και την άλεση σιτηρών. Επίσης σε χώρες όπως την Ολλανδία που έχουν πολύ νερό δημιουργήθηκαν αντλίες οι οποίες με την χρήση της αιολικής ενέργειας έκαναν αποστράγγιση σε μεγάλες εκτάσεις και σε χώρες όπως η Αυστραλία ή η αμερικανική δύση όπου υπήρχε λειψυδρία. Οι αντλίες ανέμου ήταν χρήσιμες στις ατμομηχανές και στην κτηνοτροφία παρέχοντας το νερό που χρειαζόνταν.

Τον Ιούλιο του 1887 στο Anderson's College της Γλασκόβης, κατασκευάστηκε στην Σκωτία ο πρώτος ανεμόμυλος που χρησιμοποιήθηκε για να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια από τον καθηγητή James Blyth. Ο Blyth τοποθέτησε την 10μετρη ανεμογεννήτρια που δημιούργησε στο εξοχικό του και τη χρησιμοποιούσε για την φόρτιση των συσσωρευτών για την τροφοδοσία του φωτισμού του σπιτιού του. Έτσι αποτέλεσε το πρώτο σπίτι στον κόσμο που τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια από αιολική ενέργεια. Έπειτα ο καθηγητής δημιούργησε κι άλλες ανεμογεννήτριες για να τροφοδοτήσει τους κεντρικούς δρόμους της περιοχής και για παρέχει ηλεκτρική ενέργεια στο τοπικό ιατρείο σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Ωστόσο αυτή η εφεύρεση δεν μπήκε ποτέ σε ουσιαστική λειτουργία καθώς το οικονομικό κόστος της τεχνολογίας ήταν τεράστιο.

Η αιολική ενέργεια σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιήθηκε για το φωτισμό κτηρίων, και για την ίδρυση μικρών αιολικών πάρκων κατάλληλα για την τροφοδότηση ηλεκτρισμού κατοικιών και αγροκτημάτων. Στις μέρες μας οι ανεμογεννήτριες είναι σε θέση να λειτουργούν σε κάθε εύρος μεγέθους ανάμεσα σε μικροσκοπικούς σταθμούς για φόρτιση μπαταρίας από μικρές απομονωμένες κατοικίες μέχρι και υπεράκτια αιολικά πάρκα που είναι σε θέση να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια σε εθνικά ηλεκτρικά δίκτυα.

Από το 2000 έως το 2006 η παραγωγή της αιολικής ενέργειας τετραπλασιάστηκε. Το 2014 υπήρξε νέο ρεκόρ ενώ το 2015 αυξήθηκε και πάλι με ποσοστό 22%. Το 2015 δημιουργήθηκαν νέες κατασκευές για αξιοποίηση της ενέργειας στην Ινδία και στην Κίνα και έτσι σχεδόν το μισό της συνολικής αιολικής ενέργειας που παρείχθε εκείνη την χρονιά δεν διοχετεύθηκε στην αγορά Αμερικής και της Ευρώπης. Από οικονομικής άποψης η αιολική ενέργεια είναι εξαιρετικά κερδοφόρα στις αγορές ενέργειας καθώς οι ετήσιες επενδύσεις φτάνουν τα 296,6 δισεκατομμύρια ευρώ, ποσό που αποδεικνύει αύξηση 4% σε σχέση με τις επενδύσεις που γίνονταν το 2014. Η αιολική ενέργεια που παράγεται στις χερσαίες περιοχές είναι φθηνή επιλογή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

### 2.3 Γεωθερμική Ενέργεια

Γεωθερμία ονομάζεται σύμφωνα με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, η θερμική ενέργεια η οποία εκβάλλει από τα έγκατα της γης και διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα πρώτων μέσω των φυσικών ατμών που παράγονται, δεύτερον μέσω θερμών ξηρών πετρωμάτων και τρίτον μέσω υπόγειων και επιφανειακών θερμών νερών.[4]



**Εικόνα 4: γεωθερμική ενέργεια**

Με βάση την θερμοκρασία που παράγεται από τη γεωθερμική ενέργεια την εκάστοτε στιγμή οι εφαρμογές που προκύπτουν ποικίλουν. Για παράδειγμα όταν η θερμοκρασία της γεωθερμικής ενέργειας είναι μεγαλύτερη από  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  χρήση της βοηθάει στις ιχθυοκαλλιέργειες, όταν η θερμοκρασία είναι πάνω από  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , εκμεταλλεύονται την γεωθερμική ενέργεια όσοι ασχολούνται με την πρωτογενή τομέα για να κάνουν αντιπαγετική προστασία ή για να θερμαίνουν τα εδάφη και τα θερμοκήπια, όταν η θερμοκρασία είναι ανάμεσα από  $25\text{-}40\text{ }^{\circ}\text{C}$  την καρπώνονται για θερμά λουτρά. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κλιματισμό και ψύξη, με υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας με θερμοκρασία κάτω των  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ή με τη χρήση αντλιών θερμότητας απορρόφησης με θερμοκρασία πάνω από  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , καθώς και για να θερμαίνονται εσωτερικοί χώροι με διάφορους τρόπους όπως μέσω αερόθερμων με θερμοκρασία μεγαλύτερη από  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , με ενδοδαπέδιο σύστημα με θερμοκρασία μεγαλύτερη από  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  και με καλοριφέρ όταν η θερμοκρασία ξεπερνά τους  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , για διάφορες βιοχημικές εφαρμογές π.χ. για αφαλάτωση με θερμοκρασία πάνω από  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  και τέλος όταν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  τη χρησιμοποιούν για να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα.[4]

Μέχρι και σήμερα ως επί το πλείστον η γεωθερμική ενέργεια εφαρμόζεται στην θέρμανση των θερμοκηπίων.

Η ενέργεια που παράγεται από τη γεωθερμία είναι πολύ σημαντική για την εκμετάλλευση του ηλεκτρικού ρεύματος, ωστόσο στην Ελλάδα μέχρι και σήμερα χρησιμοποιείται αποκλειστικά για θερμικές εφαρμογές. Στις άνυδρες παραθαλάσσιες και νησιωτικές περιοχές της Ελλάδας για να μπορέσουν να προμηθευτούν με πόσιμο νερό χρησιμοποιούν υδροφόρα πλοία τα οποία έχουν εξαιρετικά μεγάλο κόστος. Αυτό θα μπορούσε να αποφευχθεί εάν με τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας γίνονταν θερμική αφαλάτωση του νερού της θάλασσας με στόχο να μετατρέπεται σε πόσιμο νερό, καθώς το υπέδαφος της χώρας μας κυρίως στο ηφαιστειακό τόξο του Νοτίου Αιγαίου που περιλαμβάνονται τα νησιά Μήλος, Σαντορίνη και Νίσυρος είναι πλούσιο σε γεωθερμική ενέργεια.[4]

Στην Ελλάδα έχουν βρεθεί πολλά γεωθερμικά πεδία, τα οποία εάν εκμεταλλευθούν συστηματικά θα γίνουν αιτία για σημαντικά οφέλη. Τέτοιου είδους πεδία έχουν εντοπιστεί τόσο στην Νησιωτική χώρα όπως αναφέρθηκε και πιο πριν όπως στην Στύψη και στην Άργεννο της Λέσβου, στη Σαντορίνη, στη Μήλο και στη Νίσυρο όπως και στην Ηπειρωτική

χώρα με κύριες φλέβες γεωθερμικής ενέργειας στην Θεσσαλονίκη, στον Λαγκαδά, στην Ελαιοχώρα Χαλκιδικής, στην Νέα Κεσσάνη Ξάνθης και στην Νιγρίτα Σερρών.[4]

Άλλη μία σημαντική εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας είναι για να γίνει ψύξη ή θέρμανση εσωτερικών χώρων. Αυτό για να γίνει χρειάζεται μία γεωθερμική αντλία θερμότητας, η κατανάλωση της οποίας υπολογίζεται γύρω στο 25 με 30% εν συγκρίσει με την ενέργεια που αποφέρει πράγμα που συμβάλει σε πολύ μεγάλο βαθμό στην εξοικονόμηση ενέργειας.[4]

Η θερμοκρασία που έχει το έδαφος λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης είναι πάντα από 18 ως 20 βαθμούς Κελσίου. Υπάρχει μία σταθερή διαφορά ανάμεσα στη θερμοκρασία της επιφάνειας της γης με αυτή του υπεδάφους. Έτσι με την εκμετάλλευση αυτής της διαφοράς μπορεί κάποιος να ψύξει χώρους το καλοκαίρι όπως και να τους θερμάνει το χειμώνα. Με τη χρήση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με δύο τρόπους: χρησιμοποιείται ένα δίκτυο σωληνώσεων που είναι είτε σε κατακόρυφη διάταξη είτε σε οριζόντια κατάταξη σε χαμηλό βάθος επωφελούμενοι μία γεώτρηση που έχει δημιουργηθεί για αυτό το σκοπό. Αυτή η εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας ονομάζεται γεωθερμικός κλιματισμός.[4]

Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας είναι αρχικά ότι η ατμόσφαιρα είναι πιο καθαρή, οι εισαγωγές στο πετρέλαιο ελαττώνονται με αποτέλεσμα να υπάρχει οικονομικό όφελος και τέλος λιγότερη κατανάλωση από τα αποθέματα του εγχώριου λιγνίτη, εξοικονομώντας έτσι αποθέματα φυσικών πόρων.[4]

## 2.4 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Υδροηλεκτρική Ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που βασίζεται στην εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του νερού από τα ποτάμια και μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στηριζόμενοι σε στροβίλους και ηλεκτρογεννήτριες. [5]

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μία πηγή ενέργειας που ουσιαστικά δεν εξαντλείται καθώς για την επίτευξή της στηρίζεται στο νερό των ποταμών και στα φυσικά ή τεχνητά φράγματα. Μέσα από ρεύματα που δημιουργούνται από το νερό καθώς φεύγει με κατηφορική πορεία μέσα από ποτάμια, ρυάκια και χείμαρρους για να φτάσει στη θάλασσα η ενέργεια αυτή σκορπίζεται στη φύση. Όσο περισσότερα είναι τα κυβικά του νερού που αποθηκεύονται και όσο πιο ψηλά βρίσκεται η στάθμη του τόσο μεγαλύτερη είναι και η ενέργεια που περιέχει. [5]

Αναφορά στην υδροηλεκτρική ενέργεια υπάρχει ήδη από την αρχαία Αίγυπτο όπου χρησιμοποιούταν σε υδάτινους πόρους για να αλέθουν καλαμπόκι και σιτηρά όπως και για την λειτουργία διαφόρων μηχανημάτων. Στον 20<sup>ο</sup> αιώνα η συγκεκριμένη ενέργεια βρισκόταν στο ζενίθ της καθώς είχε πρωταγωνιστικό ρόλο σε ότι αφορά την ηλεκτρική ενέργεια και

βοήθησε σημαντικά στο να αναπτυχθεί η βιομηχανία. Μέχρι και σήμερα το 24% της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από την υδροηλεκτρική ενέργεια.[5]

Το 1882 στο Appleton, χτίστηκε ο πρώτος σταθμός υδροηλεκτρικής ενέργειας και μπορούσε να τροφοδοτήσει με φως ένα σπίτι και δύο βιομηχανίες χαρτιού. Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια που υπάρχουν κατηγοριοποιούνται σε μεγέθη ανάλογα με τα κιλοβάτ που μπορούν να παράγουν. Ξεκινούν από κάποιες εκατοντάδες κιλοβάτ με κορύφωση πολλών χιλιάδων μεγαβάτ τα οποία είναι σε θέση να τροφοδοτούν με ηλεκτρισμό εκατομμύρια ανθρώπους. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν σε όλο τον κόσμο τα εργοστάσια υδροηλεκτρισμού είναι 2,3 τρισεκατομμύρια κιλοβατώρες που ισοδυναμεί με 3,6 δισεκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου.[5]

Η υδροηλεκτρική ενέργεια προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα σε διάφορους τομείς. Αρχικά είναι μία μορφή ενέργειας που είναι ανεξάντλητη στον χρόνο βοηθώντας έτσι να μειωθεί η χρήση ενέργειας από ενεργειακούς πόρους που είναι συμβατικοί. Επίσης είναι μία μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας που είναι «καθαρή», πράγμα που σημαίνει πως συμβάλλει στην εξοικονόμηση φυσικών πόρων και συναλλάγματος όπως και στην προστασία του περιβάλλοντος. Ακόμη η υδροηλεκτρική ενέργεια βοηθάει τις χώρες να είναι ανεξάρτητες ως ένα βαθμό από πλευράς ενεργειακού εφοδιασμού και επειδή βρίσκεται διασκορπισμένη γεωγραφικά σε κάθε χώρα δίνει την δυνατότητα να αξιοποιηθούν μικροί τοπικοί ενεργειακοί πόροι και να μην είναι όλη η ενέργεια μαζεμένη μόνο στα αστικά κέντρα. Όταν απαιτηθεί περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί αρχίζουν άμεσα να λειτουργούν χωρίς να χρειάζεται κάποιος χρόνος προετοιμασίας όπως συμβαίνει με τους θερμικούς σταθμούς που λειτουργούν με πετρέλαιο και γαιάνθρακα. Επειδή η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί και για άλλες ανάγκες όπως στην δημιουργία υγροτόπων, στον αθλητισμό, στην ανάσχεση χειμάρρων, στην ύδρευση και στην άρδευση, κ.ά. Επιπλέον όταν χρησιμοποιείται για την δημιουργία φραγμάτων δίνεται η δυνατότητα να δημιουργούνται ταυτόχρονα και υγρότοποι. Δημιουργεί χαμηλής έντασης θορύβους μόνον κατά την κατασκευή της και για μικρή χρονική διάρκεια και οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που παράγονται από την εφαρμογή της είναι μηδαμινοί. Τέλος από κοινωνικής και οικονομικής άποψης είναι μία πολλή κερδοφόρα ενέργεια για τις υποβαθμισμένες περιοχές καθώς βοηθάει στην τοπική ανάπτυξη αφού γίνονται σχετικές επενδύσεις.[5]



**Εικόνα 5: φράγμα**

Ωστόσο από την υδροηλεκτρική ενέργεια προκύπτουν και κάποια μειονεκτήματα. Το πρώτο είναι πως εκεί που εγκαθίσταται η δεξαμενή υδροηλεκτρικής ενέργειας υπάρχει αισθητή αλλοίωση στο περιβάλλον καθώς μπορεί να προκύψει υποβάθμιση της περιοχής, αύξηση της σεισμικής επικινδυνότητας, διωγμός του πληθυσμού που κατοικεί στη συγκεκριμένη περιοχή, αλλαγή στη χρήση της συγκεκριμένης περιοχής όπως και στην τοπική κλιματική αλλαγή, αλλοίωση στην πανίδα και στην χλωρίδα, κ. ά. Και το δεύτερο είναι πως για να κατασκευαστούν τα φράγματα και οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής είναι πολύ δαπανηρά και για να ολοκληρωθούν τα έργα χρειάζεται μεγάλο χρονικό διάστημα.[5]

Η υδροηλεκτρική ενέργεια παράγεται από τη μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων. Αυτό για να επιτευχθεί χρησιμοποιούνται διάφορες υδροηλεκτρικές κατασκευές όπως:

- οι υδροστρόβιλοι
- οι ηλεκτρογεννήτριες,
- οι διώρυγες φυγής,
- οι υδατοταμιευτήρες,
- οι κλειστοί αγωγοί πτώσεων
- και τα φράγματα

Κάποια ποσότητα νερού αποβάλλεται καθημερινά από τον πλανήτη καθώς η υπεριώδης ακτινοβολία που υπάρχει κάνει διάσπαση των μορίων του νερού σε ιόντα. Παράλληλα όμως λόγω της αυξημένης ηφαιστειακής δραστηριότητας που υπάρχει κάθε μέρα δημιουργούνται καινούργιες ποσότητες νερού και έτσι η συνολική ποσότητα του νερού που υπάρχει στον πλανήτη παραμένει σταθερή.[5]

Για να μπορέσουν οι υδροηλεκτρικές μονάδες να λειτουργήσουν καθοριστικό ρόλο παίζει η κίνηση του νερού, δηλαδή η μανομετρική διαφορά ύψους που δημιουργείται μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου. Έτσι δημιουργείται μία δεξαμενή στην οποία αποθηκεύεται η

ποσότητα νερού που χρειάζεται με την βοήθεια του φράγματος που έχει κατασκευαστεί για αυτόν τον λόγο. Καθώς το νερό περνάει μέσα από έναν αγωγό πτώσεως, κινείται ένας στρόβιλος έτσι ώστε να αρχίσει η γεννήτρια να λειτουργεί. Αρκετοί παράγοντες μπορούν να καθορίσουν την ποσότητα του ηλεκτρισμού που παράγεται. Ένας από αυτούς είναι το διαφορετικό μανομετρικό ύψος που υπάρχει ανάμεσα στην ελεύθερη επιφάνεια της δεξαμενής και του στροβίλου και ο όγκος του νερού που διέρχεται. Από τα μεγέθη των δύο αυτών συνθηκών που προκύπτουν καθορίζεται και η ποσότητα του ηλεκτρισμού που παράγεται. Δηλαδή ανάλογα με την ποσότητα νερού που υπάρχει στην δεξαμενή παράγεται και το ανάλογο ποσοστό ηλεκτρισμού. Εξαιτίας αυτών των παραγόντων υδροηλεκτρικά έργα γίνονται μόνον σε περιοχές όπου πληρούν τις κατάλληλες συνθήκες όπως να υπάρχει η σωστή γεωλογική διαμόρφωση, πολλές και έντονες βροχοπτώσεις και πλούσιες υδάτινες πηγές. Η υδροηλεκτρική ενέργεια που εν τέλει προκύπτει μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συμπληρωματική μαζί με τις γνωστές συμβατικές πηγές ενέργειας σε περιόδους με αυξημένη ζήτηση. Στην Ελλάδα μόλις το 9% του ηλεκτρισμού που χρειάζεται ετησίως, το καλύπτει η υδροηλεκτρική ενέργεια.[5]

Υπάρχουν δύο ειδών υδροηλεκτρικά έργα. Τα μικρής κλίμακας και τα μεγάλης κλίμακας. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιφέρουν τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα σε σχέση με αυτές που προκαλούν τα μεγάλα διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό. Για να δημιουργηθούν μεγάλες υδροηλεκτρικές μονάδες χρειάζεται να κατασκευαστούν τόσο τεράστια φράγματα όσο και τεράστιες δεξαμενές, οι οποίες κατασκευές προκαλούν μεγάλες ζημιές στη φύση. Με την δημιουργία φραγμάτων αλλάζει ολοκληρωτικά η όψη της περιοχής και αυτό έχει αντίκτυπο στη χλωρίδα και την πανίδα καθώς περιορίζονται οι μετακινήσεις των ψαριών και όλων των υπόλοιπων άγριων ζώων όπως καταστρέφονται και εκτάσεις. Από την άλλη τα υδροηλεκτρικά συστήματα μικρής κλίμακας που κατασκευάζονται κοντά σε κανάλια και ποτάμια έχουν δημιουργούν πολύ μικρές περιβαλλοντικές συνέπειες. Έτσι για να μπορέσουν οι υδροηλεκτρικές μονάδες να συμπεριληφθούν στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα πρέπει να είναι μικρής κλίμακας και η δυναμικότητα τους να μην ξεπερνούν τα 30MW.[5]

## 2.5 Ηλιακή Ενέργεια

Ηλιακή ενέργεια ονομάζονται όσες μορφές ενέργειας προκύπτουν από την εκμετάλλευση του ήλιου. Τέτοιου είδους μορφές ενέργειας είναι η θερμότητα, διάφορες ακτινοβολίες και το φως. Επειδή αυτή η μορφή ενέργειας προέρχεται από τον ήλιο πράγμα που σημαίνει ότι είναι πρακτικά ανεξάντλητη μπορεί να χρησιμοποιηθεί και χωρικά και χρονικά χωρίς κάποιον περιορισμό.





**Εικόνα 6: Φωτοβολταϊκά**

Η ηλιακή ενέργεια χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα ή ηλιοθερμικά συστήματα, τα παθητικά ηλιακά συστήματα και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Η ηλιακή ακτινοβολία εκπέμπει θερμότητα. Εκμεταλλεύομενη αυτή την θερμότητα λειτουργούν τα ενεργειακά και παθητικά συστήματα. Από την άλλη μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου που μπορεί να μετατρέψει την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρικό ρεύμα στηρίζουν την λειτουργία τους τα φωτοβολταϊκά συστήματα.[8]

Ο ήλιος μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια είτε έμμεσα είτε άμεσα. Μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν και χρησιμοποιούν άμεσα την ηλιακή ενέργεια κάνοντας της ηλεκτρική ενέργεια. [3]

Η ηλιακή ενέργεια στην Ελλάδα είναι μία τεχνολογία που έχει μεγάλη απόδοση αφού το ηλιακό της δυναμικό είναι πολύ μεγάλο. Στην χώρα μας η ηλιοφάνεια επικρατεί τον περισσότερο καιρό του χρόνου έτσι κατατάσσει την ηλιακή ενέργεια σε έναν ενεργειακό πόρο ο οποίος είναι ανεξάντλητος. Στην Ελλάδα η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού έχει δημιουργήσει 8 Φωτοβολταϊκά πάρκα έτσι ώστε να μπορεί να εκμεταλλεύεται την ενέργεια του ήλιου και να την μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτά τα πάρκα έχουν δημιουργεί σε τρία νησιά της Ελλάδας, την Κρήτη, τη Σίφνο και την Κύθνο. Εδώ αξίζει να σημειωθεί πως το πρώτο φωτοβολταϊκό πάρκο που δημιουργήθηκε και τέθηκε σε λειτουργία σε όλη την Ευρώπη είναι αυτό της Κύθνου το 1983. Η ισχύς που έχει καταφέρει μέχρι σήμερα να εγκαταστήσει η ΔΕΗ Ανανεώσιμες από την εκμετάλλευση των φωτοβολταϊκών πάρκων ανέρχεται στα 700KW. Ολοένα και η δημιουργία τέτοιων πάρκων αυξάνεται. Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού στην ευρύτερη περιοχή της Μεγαλόπολης κατασκευάζει ένα φωτοβολταϊκό πάρκο που κατατάσσεται στα μεγαλύτερα τέτοιου είδους πάρκα στον κόσμο. Μόλις τεθεί σε λειτουργία θα είναι σε θέση να καλύψει το 42% της ενεργειακής ενέργειας που χρειάζεται ο νομός Αρκαδίας αριθμός που σημαίνει ότι θα μπορεί να εξυπηρετεί περίπου 28.000 σπίτια και η συνολική του ισχύ θα αντιστοιχεί σε 50MW. Μόλις ολοκληρωθεί το

έργο η περιβαλλοντική βοήθεια που θα προσφέρει από την εφαρμογή του είναι ανεκτίμητης αξίας ενώ ταυτόχρονα η περιοχή θα μπορεί να αποτελεί για την χώρα μας ένα κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. [6]

Στην Πτολεμαΐδα η εταιρεία ετοιμάζει φωτοβολταϊκά πάρκα με ισχύ 200MW όπου μόλις ολοκληρωθεί θα είναι το μεγαλύτερο πάρκο του κόσμου και ένα ακόμη στην περιοχή της Αιτωλοακαρνανίας με ισχύ 9,7 MW. Επίσης η ΔΕΗ Ανανεώσιμες ετοιμάζει φωτοβολταϊκούς σταθμούς χαμηλής ισχύος για τα τους εγκαταστήσει στις σκεπές κτηρίων και τέλος σε συνεργασία με διάφορες εταιρείες κατασκευάζει και άλλα πάρκα σε βιομηχανικές περιοχές της χώρας. [6]

### 3.1 Μηχανική Μάθηση

Μηχανική Μάθηση ονομάζεται η δημιουργία μοντέλων ή προτύπων από ένα σύνολο δεδομένων. Μοντέλο ονομάζεται η προσπάθεια που καταβάλει το ανθρώπινο μυαλό για να κατανοήσει το περιβάλλον γύρω του με την παρατηρητικότητα και έπειτα φτιάχνοντας μία πιο απλή μορφή όσων αντιλαμβάνεται. Η διαδικασία αυτή που γίνεται γενικά ονομάζεται επαγωγή και πιο συγκεκριμένα η δημιουργία κάποιου μοντέλου που αναφέρθηκε πιο πάνω ονομάζεται επαγωγική μάθηση. Επίσης άλλη μία ικανότητα που διαθέτει το ανθρώπινο είδος είναι να μπορεί να οργανώνει και να κάνει συσχέτιση των παραστάσεων και των εμπειριών που έχει αποκτήσει, φτιάχνοντας νέες δομές που ονομάζονται πρότυπα.

Ανάλογα με το είδος του προβλήματος τα τελευταία χρόνια δημιουργούνται και χρησιμοποιούνται ποικίλες τεχνικές Μηχανικής Μάθησης οι οποίες χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες: Την Μάθηση με Επίβλεψη (Supervised Learning) και την Μάθηση χωρίς Επίβλεψη (Unsupervised Learning).

Στην μία περίπτωση, όταν επιλεγθεί να χρησιμοποιηθεί η Μηχανική Μάθηση με Επίβλεψη για να λειτουργήσει σωστά αυτήν η τεχνική θα πρέπει να σχεδιαστεί και να προγραμματιστεί ένα σύστημα, το οποίο θα πρέπει να «κατανοεί» μία συνάρτηση ή μία έννοια από ένα σύνολο δεδομένων η λεγόμενη Βάση Γνώσης. Αυτή η έννοια ή η συνάρτηση αποτελεί την περιγραφή ενός μοντέλου. Το όνομα Μηχανική Μάθηση «με επίβλεψη» της δόθηκε καθώς για να μπορέσει να μπει σε λειτουργία θα πρέπει να υπάρχει κάποιος «που επιβλέπει» και δίνει την σωστή τιμή της εξόδου της συνάρτησης για αυτήν την Βάση Γνώσης που αναλύεται τη δεδομένη στιγμή. Για να μπορέσει να γίνει η πρόβλεψη της τιμής μιας μεταβλητής η οποία συναντάται ως μεταβλητή εξόδου ή εξαρτημένη μεταβλητή θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η συνάρτηση στόχος.

Στη Μηχανική Μάθηση με Επίβλεψη συναντώνται δύο βασικά είδη προβλημάτων (learning tasks) εξόρυξης γνώσης:

- ταξινόμησης (classification)

- και παρεμβολής (regression)

Η ταξινόμηση έχει να κάνει με τα μοντέλα πρόβλεψης διακριτών τάξεων, παραδείγματος χάρη: η ομάδα αίματος. Και η παρεμβολή αναφέρεται στη δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης αριθμητικών τιμών.

Οι βασικές τεχνικές που υπάρχουν στη Μηχανική Μάθηση με Επίβλεψη είναι: Η Μάθηση κατά περίπτωση ( InstanceBasedLearning), τα Νευρωνικά Δίκτυα (NeuralNetworks), η Μάθηση κατά Bayes, τα Δέντρα Απόφασης (DecisionTrees), οι Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης(SupportVectorMachines), η Γραμμική Παρεμβολή (LinearRegression), η Μάθηση Εννοιών (ConceptLearning) και η Μάθηση Κανόνων (RuleLearning).

Για να λειτουργήσει ένα σύστημα Μηχανικής Μάθησης χρειάζεται ένα σύνολο από τελεστές (operators), οι οποίοι δίνουν στο σύστημα τη δυνατότητα να οδηγηθεί σε έναν ευριστικό κανόνα ή ένα πλάνο που εκπληρώνει τους στόχους του καθώς και σε μία γενίκευση (επαγωγή). Επίσης απαιτείται και μία γλώσσα που αναπαριστά τον κόσμο του προβλήματος, δηλαδή των υποθέσεων.

Το Σύστημα για αυτήν την κατηγορία της Μάθησης με Επίβλεψη είναι υπόχρεο να «μάθει» μία συνάρτηση που λέγεται “συνάρτηση στόχος” (targetfunction) με την επαγωγική μέθοδο, η οποία είναι χαρακτηριστικό αυτού του μοντέλου να περιγράφει τα δεδομένα.

Από την άλλη στην Μάθηση χωρίς επίβλεψη το σύστημα υποχρεούται από μόνο του να βρει ομάδες ή να κάνει τις απαιτούμενες συσχετίσεις σε ένα σύνολο δεδομένων, δημιουργώντας φτιάχνοντας πρότυπα τα οποία δεν είναι γνωστό από πριν πόσα και ποια είναι εάν πραγματικά υπάρχουν.

Αναλυτικότερα το Σύστημα μη Επιτηρούμενης Μάθησης υποχρεούται και στοχεύει στο να βρει “συσχετίσεις” και “ομάδες” από τη Βάση Γνώσης που του δίνεται, στηριζόμενο μόνον στις ιδιότητες του. Ως έξοδος, σαν αποτέλεσμα δηλαδή βγαίνουν οι περιγραφές (πρότυπα), από τα οποία το καθένα δηλώνει μέρος των αποτελεσμάτων.

Κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα από πρότυπα πληροφόρησης στη Μηχανική Μάθηση χωρίς Επίβλεψη είναι: 1) οι Ομάδες (clusters), που προέρχονται από την διαδικασία της ομαδοποίησης (clustering) και 2) οι Κανόνες Συσχέτισης(associationrules)[9].

## 3.2 Μέθοδοι ταξινόμησης

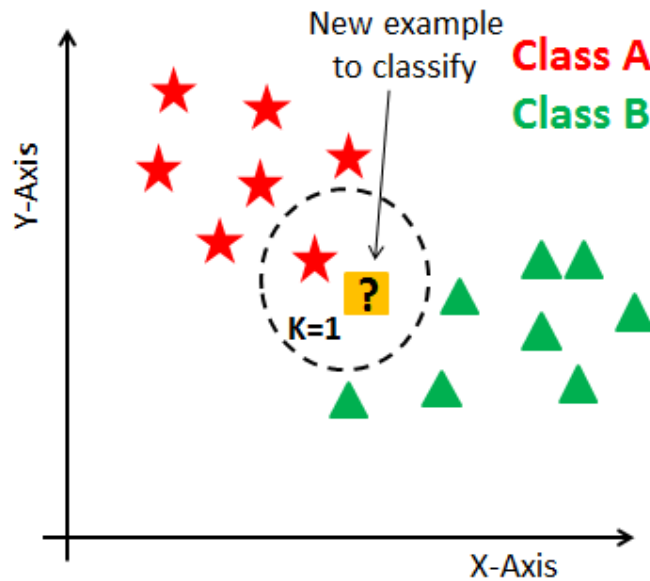
### 3.2.1 Κοντινότεροι Γείτονες

Ο αλγόριθμος k-πλησιέστερων γειτόνων (KNN) είναι ένας εποπτευόμενος ταξινομητής εκμάθησης, ο οποίος χρησιμοποιεί την εγγύτητα για να κάνει ταξινομήσεις ή προβλέψεις σχετικά με την ομαδοποίηση ενός μεμονωμένου σημείου δεδομένων. Επιπροσθέτως δύναται να χρησιμοποιηθεί είτε για προβλήματα παλινδρόμησης είτε για προβλήματα ταξινόμησης.

Ο αλγόριθμος k-NN έχει χρησιμοποιηθεί σε μια ποικιλία εφαρμογών, σε μεγάλο βαθμό εντός της ταξινόμησης. Μερικές από αυτές τις περιπτώσεις χρήσης περιλαμβάνουν:

- Προεπεξεργασία δεδομένων
- Μηχανές συστάσεων
- Χρηματοοικονομικά
- Υγειονομική περίθαλψη
- Αναγνώριση προτύπων

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε ένα παράδειγμα του αλγορίθμου KNN. Το K αποτελεί έναν περιττό αριθμό αν ο αριθμός των κλάσεων είναι 2. Όταν  $K=1$ , τότε ο αλγόριθμος είναι γνωστός ως αλγόριθμος του πλησιέστερου γείτονα. Ας υποθέσουμε ότι το P1 είναι το σημείο για το οποίο η ετικέτα πρέπει να προβλέψει. Αρχικά, βρίσκετε το ένα πιο κοντινό σημείο στο P1 και μετά την ετικέτα του πλησιέστερου σημείου που έχει εκχωρηθεί στο P1.



Εικόνα 7: KNN αλγόριθμος

Ας υποθέσουμε ότι το P1 είναι το σημείο για το οποίο η ετικέτα πρέπει να προβλέψει. Αρχικά, βρίσκετε το k πιο κοντινό σημείο στο P1 και στη συνέχεια ταξινομείτε τα σημεία με πλειοψηφία των k γειτόνων του. Για να βρείτε τα πλησιέστερα παρόμοια σημεία, βρίσκετε την απόσταση μεταξύ των σημείων χρησιμοποιώντας μέτρα απόστασης όπως η Ευκλείδεια απόσταση, η απόσταση Hamming, η απόσταση Μανχάταν και η απόσταση Minkowski[19, 21, 24, 25].

### 3.2.2 Μπευζιανός Ταξινομητής

Ένας από τους πιο σημαντικούς στόχους στην πιθανοθεωρητική προσέγγιση στη μάθηση είναι η εύρεση της πιθανότερης υπόθεσης του χώρου υποθέσεων H, δεδομένου κάποιου σώματος εκπαίδευσης D και της γνώσης, αν υπάρχει για τις πιθανότητες διαφόρων υποθέσεων  $h \in H$ . Η πιθανότητα ισχύος μιας υπόθεσης h δεδομένου ενός συνόλου στιγμιότυπων D δίνεται από το νόμο του Bayes:

$$\Pr(h|D) = \frac{\Pr(h) \Pr(D|h)}{\Pr(D)} \quad (3.1)$$

Και έχουμε:

- $\Pr(h)$ : η εκ των προτέρων πιθανότητα ισχύος της  $h$ , χωρίς να προηγηθεί παρατήρηση των δεδομένων  $D$ .
- $\Pr(D|h)$ : η δεσμευμένη πιθανότητα που εκφράζει το ενδεχόμενο παρατήρησης των δεδομένων του  $D$ , ισχύουσας της  $h$  (πιθανοφάνεια- likelihood).
- $\Pr(D)$ : η εκ των προτέρων πιθανότητα παρατήρησης των δεδομένων του  $D$ . Ο συγκεκριμένος όρος απλοποιείται και δε συμμετέχει στους υπολογισμούς.
- $\Pr(h|D)$ : η ζητούμενη εκ των υστέρων πιθανότητα ισχύος της  $h$  δεδομένης της παρατήρησης των δεδομένων του  $D$ .

Επομένως, η αναζήτηση της πιθανότερης υπόθεσης  $h$  δεδομένου του  $D$  ανάγεται στην εύρεση εκείνης της υπόθεσης με τη μεγαλύτερη πιθανότητα εκ των υστέρων (maximum-a-posteriori ή MAP hypothesis). Αυτή η υπόθεση ορίζεται ως:

$$h_{\text{MAP}} = \arg_{h \in H} \max \{ \Pr(h|D) \} = \arg_{h \in H} \max \left\{ \frac{\Pr(h) \Pr(D|h)}{\Pr(D)} \right\} = \arg_{h \in H} \max \{ \Pr(h) \Pr(D|h) \}$$

Ο αλγόριθμος που είδαμε παραπάνω μετά από απόδειξη που έχει προκύψει σε θεωρητικό επίπεδο, μπορεί να υποδείξει το πάνω φράγμα των επιδόσεων κάποιου συστήματος ταξινόμησης για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα.

Κάνοντας χρήση διανυσματικής αναπαράστασης των δεδομένων για το πρόβλημα της ταξινόμησης, έχουμε έστω:

- $X$ : διάνυσμα τυχαίων μεταβλητών που δείχνει τις τιμές των παρατηρούμενων χαρακτηριστικών.
- $C$ : τυχαία μεταβλητή που δείχνει την κλάση ενός στιγμιότυπου.
- $x$ : ένα συγκεκριμένο παρατηρούμενο διάνυσμα.
- $c$ : μία συγκεκριμένη ετικέτα κλάσης.

Χρησιμοποιώντας το νόμο του Bayes έχοντας ένα στιγμιότυπο δοκιμής  $x$ , μπορεί να υπολογιστεί η εκ των υστέρων πιθανότητα για κάθε κλάση δεδομένου του διανύσματος  $x$ , επιλέγοντας την μεγαλύτερη από αυτές:

$$\text{Argmax} \{ p(C = c | X = x) \} = \text{argmax} \left\{ p(C = c) p(X = x | C = c) \frac{c}{p(X = x)} \right\} =$$

$$= \operatorname{argmax} \{p(C = c) p(X = x | C = c)\}$$

Σε αυτή την ισότητα έχουμε:

$X = x$ , όπου αναπαριστά το γεγονός  $X_1 = x_1 \wedge X_2 = x_2 \wedge \dots \wedge X_k = x_k$  άρα:

$$\operatorname{Argmax} \{p(C = c | X = x)\} = \operatorname{argmax} \{p(C = c) p(\wedge X_i = x_i | C = c)\} \quad (3.2)$$

Όπου στο δεξί μέλος της ισότητας οι πιθανότητες εκτιμώνται από τα ταξινομημένα στιγμιότυπα του σώματος εκπαίδευσης.

Έχουμε τον Naive Bayes ταξινομητή ο οποίος είναι σε θέση να παρέχει μια εύκολη πιθανοθεωρητική προσέγγιση στα προβλήματα μάθησης με επίβλεψη, όπου με τη χρήση ταξινομημένων στιγμιότυπων εκπαίδευσης που περιλαμβάνουν την πληροφορία της κλάσης που ανήκουν, στοχεύουν να κάνουν πρόβλεψη ακριβώς την κατηγορία-κλάση των στιγμιότυπων δοκιμής. Ο Naive Bayes βασίζεται σε δύο απλές αλλά σημαντικές υποθέσεις. Η πρώτη είναι πως υποθέτει ότι κάθε χαρακτηριστικό που έχουν τα στιγμιότυπα είναι ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα στιγμιότυπα δεδομένης της κλάσης και η δεύτερη πως δεν μπορεί να επηρεαστεί η διαδικασία της πρόβλεψης από άλλα υπάρχοντα κρυφά χαρακτηριστικά. Με βάση τα παραπάνω προκύπτει πως η πιθανότητα της σχέσης (3.2) μετατρέπεται σε γινόμενο πιθανοτήτων.

Άρα έχουμε:

$$\operatorname{argmax} \{p(C = c | X = x)\} = \operatorname{argmax} \{p(C = c) \prod p(X_i = x_i | C = c)\} \quad (3.3)$$

Βάσει της συχνότητας εμφάνισης της κλάσης  $c$  στα στιγμιότυπα που υπάρχουν στο σώμα εκπαίδευσης, υπολογίζεται ο παράγοντας  $p(C=c)$ . Ανάλογα με το αν χαρακτηριστικό  $X_i$  είναι διακριτό ή συνεχές μπορούν να υπολογιστούν οι δεσμευμένες πιθανότητες  $p(X_i = x_i | C = c)$ . Για τα διανύσματα με διακριτά χαρακτηριστικά, δηλαδή αυτά που μπορούν να πάρουν διακριτές τιμές, η πιθανότητα αυτή μπορεί να δεχτεί πραγματικούς αριθμούς μεταξύ των τιμών 0 και 1, η οποία κάθε φορά αντιπροσωπεύει την πιθανότητα το εκάστοτε χαρακτηριστικό  $X_i$  να μπορεί να πάρει την τιμή  $x_i$  δεδομένης της κλάσης  $c$ .

Από την άλλη σε ότι αφορά τα συνεχή χαρακτηριστικά, παίρνουμε ως δεδομένο πως οι τιμές ακολουθούν μία πιθανοτική κατανομή, ξεχωριστή δηλαδή για κάθε χαρακτηριστικό όπου προσεγγίζεται από τα διανύσματα εκπαίδευσης. Ως επί το πλείστον θεωρούμε πως είναι



κανονικά κατανομημένες οι τιμές των χαρακτηριστικών. Άρα για τα συνεχή χαρακτηριστικά έχουμε:

$$p(X_i=x_i | C=c) = g(x_i; \mu_{i,c}, \sigma_{i,c})$$

Όπου  $g(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$  η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας μιας κανονικής (Gaussian) κατανομής.

Στο μοντέλο που αναφέρθηκε παραπάνω μπορούν να υπάρξουν λίγες παράμετροι που θα αξιολογηθούν έπειτα από το σώμα εκπαίδευσης. Για κάθε διακριτό χαρακτηριστικό και κάθε κλάση θα πρέπει να εκτιμηθεί η πιθανότητα το χαρακτηριστικό να πάρει κάθε τιμή από τις δυνατές διακριτές τιμές του με βάση την κλάση. Για κάθε συνεχές χαρακτηριστικό και κάθε κλάση θα πρέπει να γίνει εκτίμηση της τυπικής απόκλισης της κατανομής και της μέσης τιμής που ακολουθούν οι τιμές του χαρακτηριστικού με βάση την κλάση. Για να είναι πιο ξεκάθαρη η διαδικασία της εκτίμησης, στη συνέχεια αναλύεται ένα από παράδειγμα.

Υποθέτουμε πως υπάρχουν δύο κλάσεις (+ και -), ένα διακριτό χαρακτηριστικό  $X_1$  που παίρνει τις τιμές  $a$  και  $b$ , και ένα συνεχές χαρακτηριστικό  $X_2$ . Αν δώσουμε στο σώμα εκπαίδευσης:  $\{(+, a, 1), (+, b, 1, 2), (+, a, 3, 0), (-, b, 4, 4), (-, b, 4, 5)\}$ , ο Ταξινομητής Naïve Bayes αποκτά τις παρακάτω εκτιμήσεις των πιθανοτήτων:

$$p(C = +) = 3/5$$

$$p(X_1 = a | C = +) = 2/3$$

$$p(X_1 = b | C = +) = 1/3$$

$$p(X_2 = x | C = +) = g(x; 1.73, 1.21)$$

για την θετική κλάση και ανάλογες εκτιμήσεις για την αρνητική. Ο Ταξινομητής λοιπόν, είναι σε θέση να μπορεί να κάνει υπολογισμούς για τις πιθανότητες  $p(C = + | X = x)$

και  $p(C = - | X = x)$  για ένα άγνωστο στιγμιότυπο και να μπορεί να το ταξινομήσει στην κλάση που έχει την μεγαλύτερη πιθανότητα εκ των υστέρων [11][12][13].

### 3.3.3 Δέντρα Αποφάσεων

Άλλη μία μέθοδος ταξινόμησης είναι τα Δένδρα Αποφάσεων (DecisionTrees) ή Δένδρα Ταξινόμησης (ClassificationTrees). Τα δύο βασικά χαρακτηριστικά αυτής της μεθόδου είναι ότι χωρίζονται σε διακριτά και διακριτοποιημένα.

Κατά την εφαρμογή της παρατηρείται πως η δομή της είναι η εξής: Υπάρχει ο εσωτερικός κόμβος και ρίζα και το χαρακτηριστικό της είναι εάν είναι δυαδικό ή όχι. Έτσι εάν όλα τα χαρακτηριστικά είναι δυαδικά έτσι έχουμε και το δυαδικό Δένδρο Απόφασης. Και τέλος υπάρχουν οι τερματικοί κόμβοι (φύλλα) με τις κατηγορίες τους. Αναλυτικότερα σε ότι αφορά τη διαδικασία με την οποία γίνεται η ταξινόμηση με Δέντρα Αποφάσεων, έχουμε τα δεδομένα από όπου θα προκύψει ένα Δένδρο Απόφασης με βάση ένα σύνολο από χαρακτηριστικά  $S$  και ένα αντικείμενο προς ταξινόμηση με τιμές για όλα τα χαρακτηριστικά του  $S$ . Έπειτα αφού ξεκινήσουμε από τη ρίζα, κάνουμε έλεγχο στην τιμή του αντίστοιχου χαρακτηριστικού στο προς ταξινόμηση στιγμιότυπο και μετά ακολουθούμε το μονοπάτι που θα μας οδηγήσει αυτή η τιμή. Μετά περνάμε στον αμέσως επόμενο κόμβο και επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία. Τέλος όταν φτάσουμε σε κόμβο που είναι τερματικός αναθέτουμε το άγνωστο στιγμιότυπο στην αντίστοιχη κατηγορία.

Το συγκεκριμένο μοντέλο αναπαρίσταται με μία δενδρική δομή από όπου πήρε και το όνομά του. Υπάρχει το μονοπάτι απόφασης με κορυφή την ρίζα όπου κάποιο φύλλο μπορεί να μην περιλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά όπως το ίδιο μπορεί να συμβαίνει και με ολόκληρο το δένδρο. Οι κόμβοι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τον εσωτερικό κόμβο όπου “σπάει” το χώρο του προβλήματος, τα στιγμιότυπα δηλαδή, και τα ομαδοποιεί με βάση την τιμή που έχει το κάθε χαρακτηριστικό που αντιστοιχίζεται ο κόμβος και τον τερματικό κόμβο ο οποίος αναθέτει σε μία συγκεκριμένη κατηγορία τα στιγμιότυπα που καταλήγουν σε αυτόν.

Για να λειτουργήσει ο αλγόριθμος εξειδίκευσης για τα δένδρα αποφάσεων υπάρχουν τέσσερα στάδια. Πρώτον κάνει επιλογή του χαρακτηριστικού εκείνου που μπορεί να πέτυχει τον καλύτερο διαχωρισμό ανάμεσα στις κατηγορίες, δεύτερον χωρίζει τα δεδομένα σε υποσύνολα ανάλογα με τις τιμές που έχει το συγκεκριμένο στιγμιότυπο, τρίτον επαναλαμβάνει τη διαδικασία σε όσα υποσύνολα περιέχουν παραπάνω από μία κατηγορίες και τέλος να σταματήσει τη διαδικασία αν έχουν χρησιμοποιηθεί όλα τα χαρακτηριστικά τους ή δεν υπάρχουν άλλα υποσύνολα που περιέχουν πάνω από μία κατηγορίες.

Κάποια από τα κριτήρια για να επιτευχθεί ο διαχωρισμός είναι η ελαχιστοποίηση των λαθών της κατηγοριοποίησης, το ξυράφι του Ockham όπου επιλέγει την πιο απλή από όλες τις

πιθανές εξηγήσεις, η μεγιστοποίηση του κέρδους Πληροφορίας και η αναλογία κέρδους και πληροφοριών.

Ωστόσο και για τους αταξινόμητες των δένδρων απόφασης προκύπτουν κάποια προβλήματα με τα συνηθέστερα να είναι τα ελλιπή δεδομένα (sparsedata -ανεπαρκής αριθμός παραδειγμάτων-, missingdata-απουσία τιμών χαρακτηριστικών), η πόλωση του ταξινομητή στα δεδομένα (overfitting), τα αντιφατικά δεδομένα ( nondeterministicdata -ίδια παραδείγματα σε διαφορετικές κατηγορίες, ενθόρυβα δεδομένα (noisydata -λανθασμένες τιμές κατηγορίας ή χαρακτηριστικών) και το φαινόμενο του υπερταϊριάσματος το οποίο αποτελεί για την κατασκευή δενδρικών ταξινομητών ένα σημαντικό ζήτημα και για να μπορέσει να λυθεί αυτό το ζήτημα χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι κλαδέματος πριν και μετά την ολοκληρωτική ανάπτυξη του δένδρου.

Συνοψίζοντας για τα δένδρα απόφασης διαπιστώνεται πως η εκμάθηση των δενδρικών ταξινομητών είναι από τις πιο δημοφιλείς μεθόδους. Επίσης παρατηρούμε ότι προτιμώνται πιο μικρά και απλά δένδρα και δέντρα των οποίων τα χαρακτηριστικά με μικρότερη εντροπία τοποθετούνται κοντά στη ρίζα. Στους πιο πολλούς αλγόριθμους διατηρείται ένα μόνο δένδρο σε κάθε βήμα χωρίς να συμβαίνουν οπισθοδρομήσεις και επιλέγεται η καλύτερη εναλλακτική να αναπτυχθεί κάθε κόμβος του δένδρου [14][15][16][22][23].

### 3.3.4 Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης

Οι μηχανές διανυσμάτων υποστήριξης (SVM) είναι ένα σύνολο εποπτευόμενων μεθόδων εκμάθησης που χρησιμοποιούνται για:

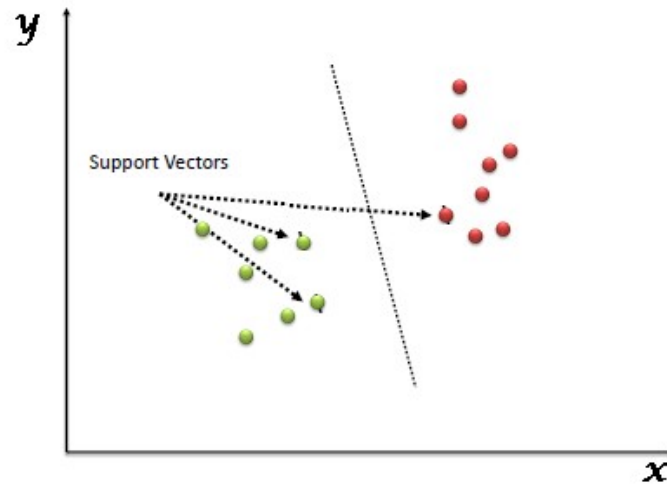
- Ταξινόμηση
- Παλινδρόμηση
- Ανίχνευση ακραίων τιμών

Τα πλεονεκτήματα των μηχανών φορέα υποστήριξης είναι:

- Αποτελεσματικότητα σε χώρους υψηλών διαστάσεων
- Αποδοτικότητα μνήμης
- Ευέλιξη

Βέβαια αξίζει να αναφέρουμε ότι χρησιμοποιείται κυρίως σε προβλήματα ταξινόμησης. Στον αλγόριθμο SVM, σχεδιάζουμε κάθε στοιχείο δεδομένων ως ένα σημείο σε n-διάστατο χώρο

με την τιμή κάθε χαρακτηριστικού να είναι η τιμή μιας συγκεκριμένης συντεταγμένης. Έπειτα πραγματοποιούμε ταξινόμηση βρίσκοντας το υπερ-επίπεδο που διαφοροποιεί πολύ καλά τις δύο κατηγορίες.



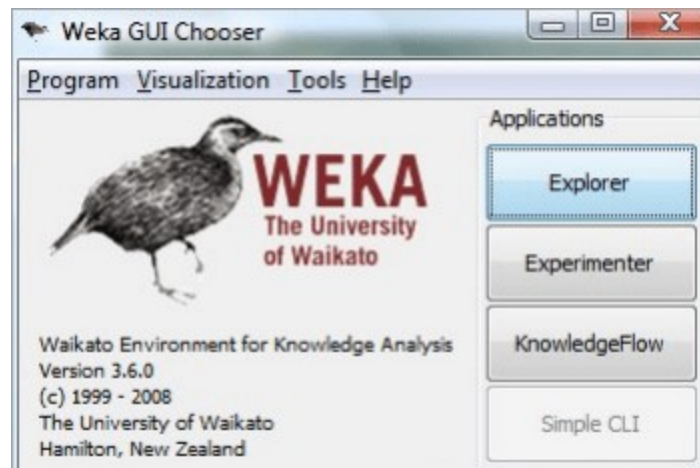
Εικόνα 8: SVM

Τα διανύσματα υποστήριξης είναι απλώς οι συντεταγμένες της ατομικής παρατήρησης. Ο ταξινομητής SVM είναι ένα σύνορο που διαχωρίζει καλύτερα τις δύο κατηγορίες[18][20].

## Κεφάλαιο 4 : WEKA

## 4.1 Το Weka

Το Weka(Waikato Environment for Knowledge Analysis) αποτελεί ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα που σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Waikato στη Νέα Ζηλανδία. Αναπτύχθηκε σε Java διανέμεται με δωρεάν άδεια GNU GPL.



Εικόνα 9: Weka GUI Chooser

.Παρέχει πολλούς αλγόριθμους μηχανικής εκμάθησης για την υλοποίηση εργασιών εξόρυξης δεδομένων. Επιπροσθέτως παρέχει πολλά εργαλεία για:

- Προεπεξεργασία δεδομένων
- Ταξινόμηση
- Ομαδοποίηση
- Ανάλυση παλινδρόμησης
- Δημιουργία κανόνων συσχέτισης
- Εξαγωγή χαρακτηριστικών
- Οπτικοποίηση δεδομένων

Είναι ένα ισχυρό εργαλείο που υποστηρίζει την ανάπτυξη νέων αλγορίθμων στη μηχανική μάθηση[17].

## 4.2 Λήψη και εγκατάσταση WEKA

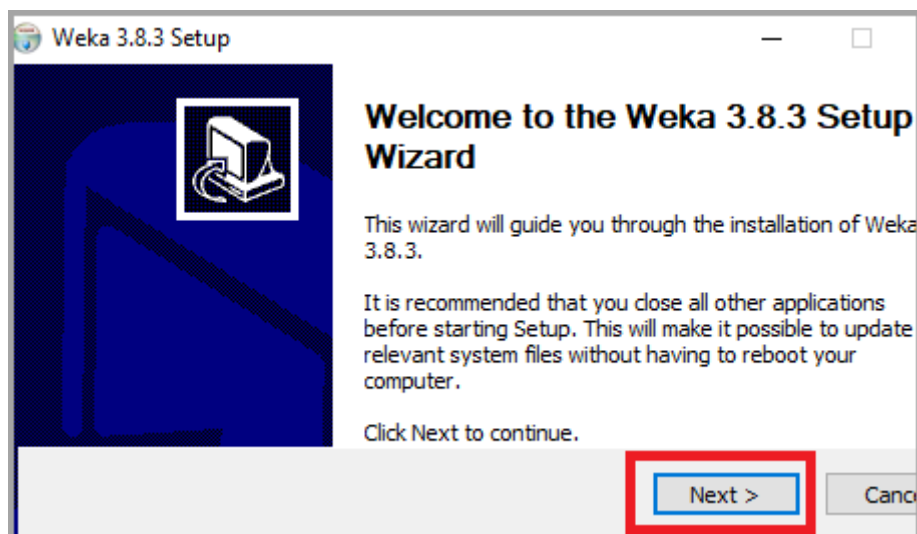
Μπορείτε να κατεβάσετε το λογισμικό από το ακόλουθο link: [https://waikato-github-io.translate.goog/weka-wiki/downloading\\_weka/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://waikato-github-io.translate.goog/weka-wiki/downloading_weka/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

Στη συνέχεια θα εμφανιστεί η παρακάτω σελίδα:



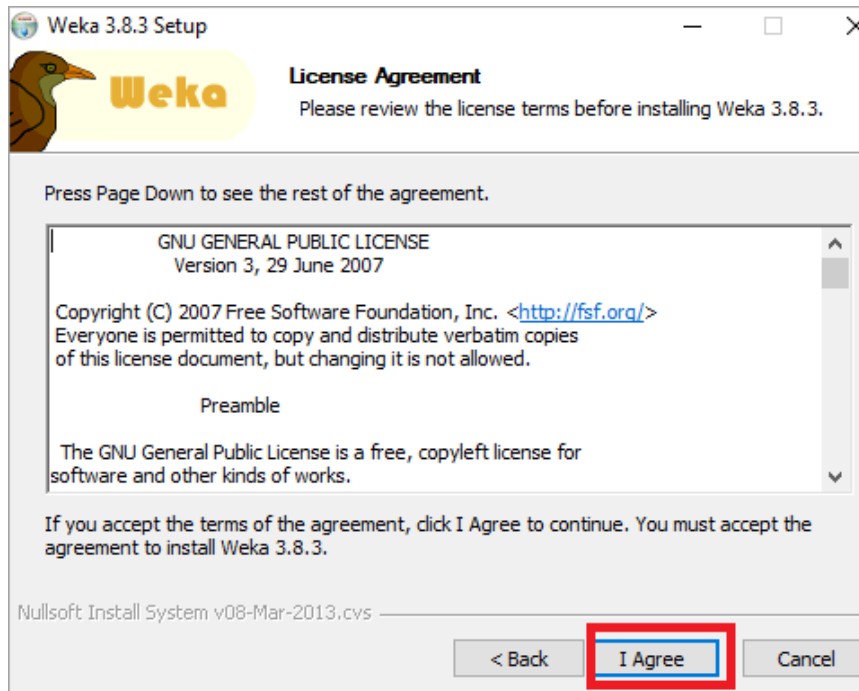
Εικόνα 10 : Βήματα εγκατάστασης Weka

Έπειτα μετά την επιτυχή λήψη, θα πρέπει να ανοίξετε τη θέση του αρχείου και κάνετε διπλό κλικ στο αρχείο που κατεβάσατε και πατήστε το κουμπί Next.



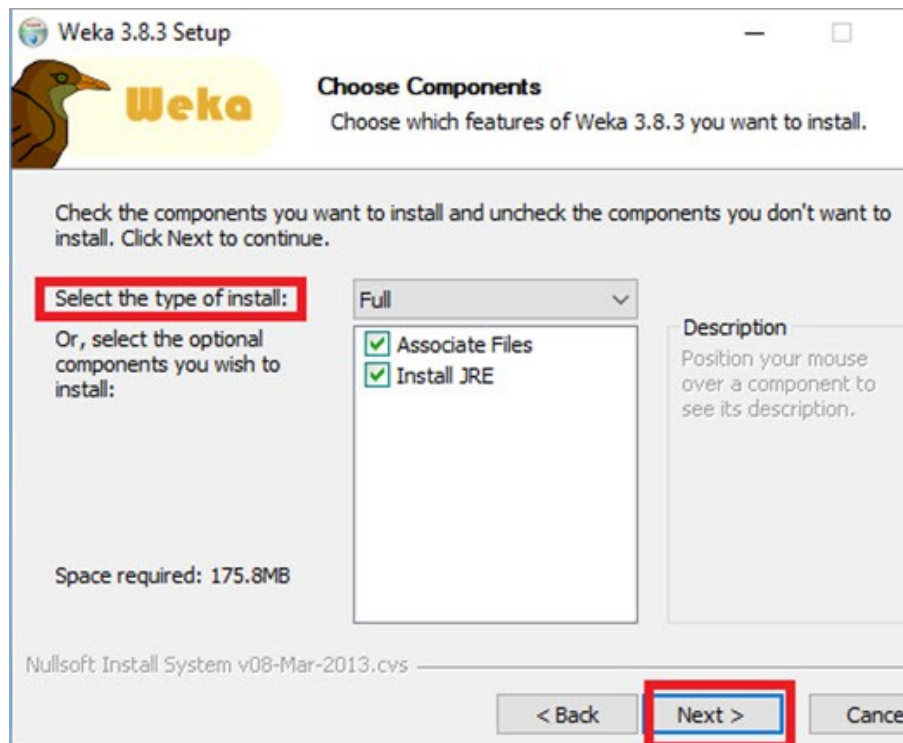
Εικόνα 11 : Βήματα εγκατάστασης Weka

Θα ανοίξουν οι όροι της Άδειας Χρήσης, πρέπει να κάνετε κλικ στο κουμπί I Agree.



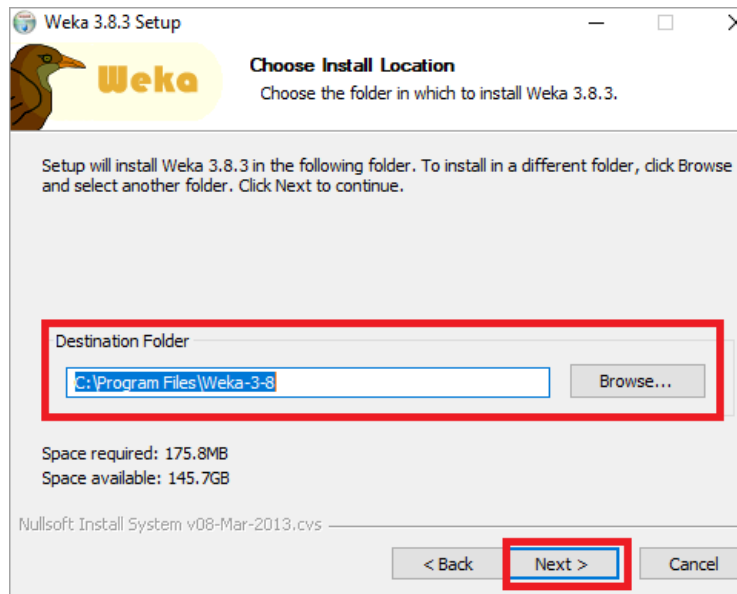
**Εικόνα 12 : Βήματα εγκατάστασης Weka**

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις σας, επιλέξτε τα εξαρτήματα που θα εγκατασταθούν. Συνιστάται η πλήρης εγκατάσταση εξαρτημάτων. Κάνετε κλικ στο κουμπί Next.



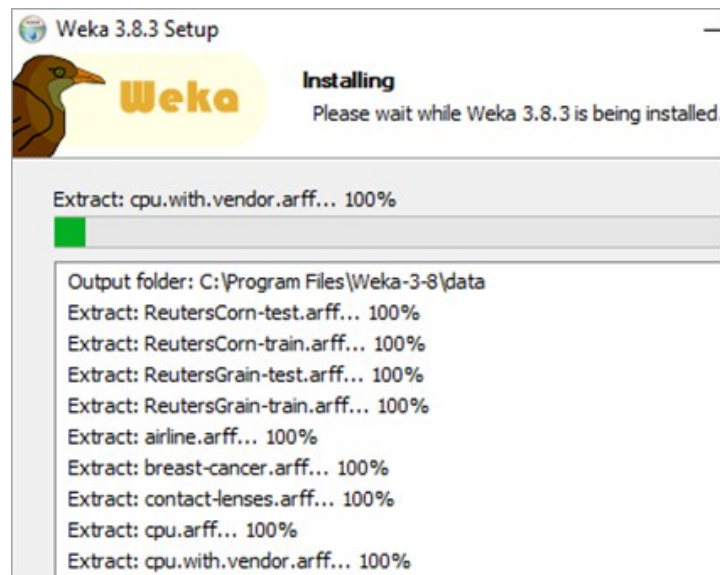
**Εικόνα 13: Βήματα εγκατάστασης Weka**

Επιλέξτε το φάκελο προορισμού και κάνετε κλικ στο κουμπί Next.



Εικόνα 14: Βήματα εγκατάστασης Weka

Στη συνέχεια, θα ξεκινήσει η εγκατάσταση.

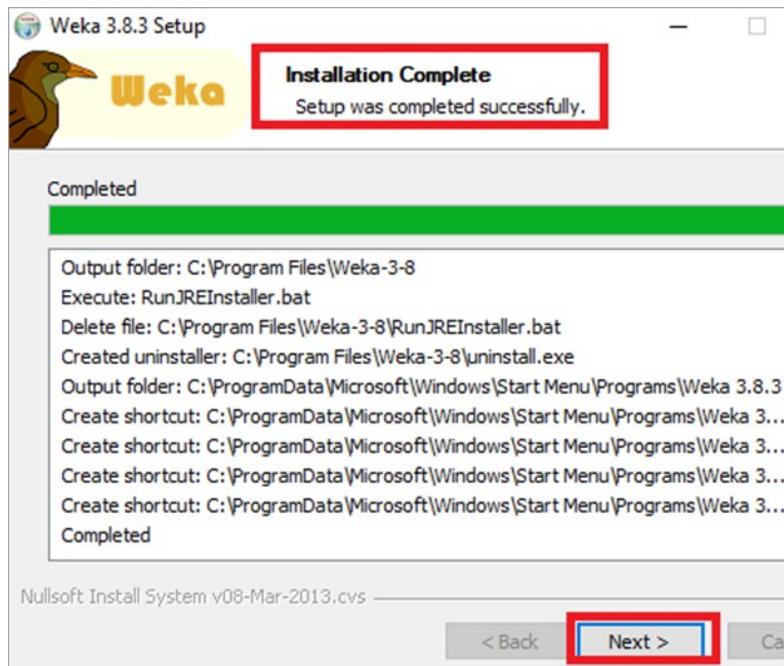


Εικόνα 15 : Βήματα εγκατάστασης Weka

Εάν η Java δεν είναι εγκατεστημένη στο σύστημα, θα εγκαταστήσει πρώτα την Java.

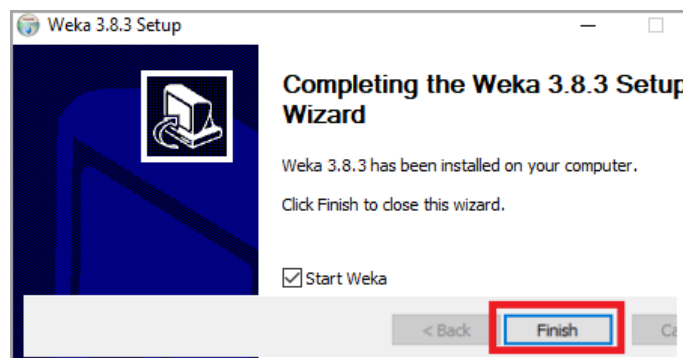


Αφού ολοκληρωθεί η εγκατάσταση, θα εμφανιστεί το ακόλουθο παράθυρο. Κάνετε κλικ στο κουμπί Next.



Εικόνα 16: Βήματα εγκατάστασης Weka

Και στη συνέχεια επιλέξτε το πλαίσιο ελέγχου Έναρξη Weka και κάνετε κλικ στο κουμπί Finish.



Εικόνα 17 : Βήματα εγκατάστασης Weka

## 4.3 Weka Applications

Στο υποκεφάλαιο 4.3 θα αναφερθούμε στις εφαρμογές του Weka οι οποίες είναι:

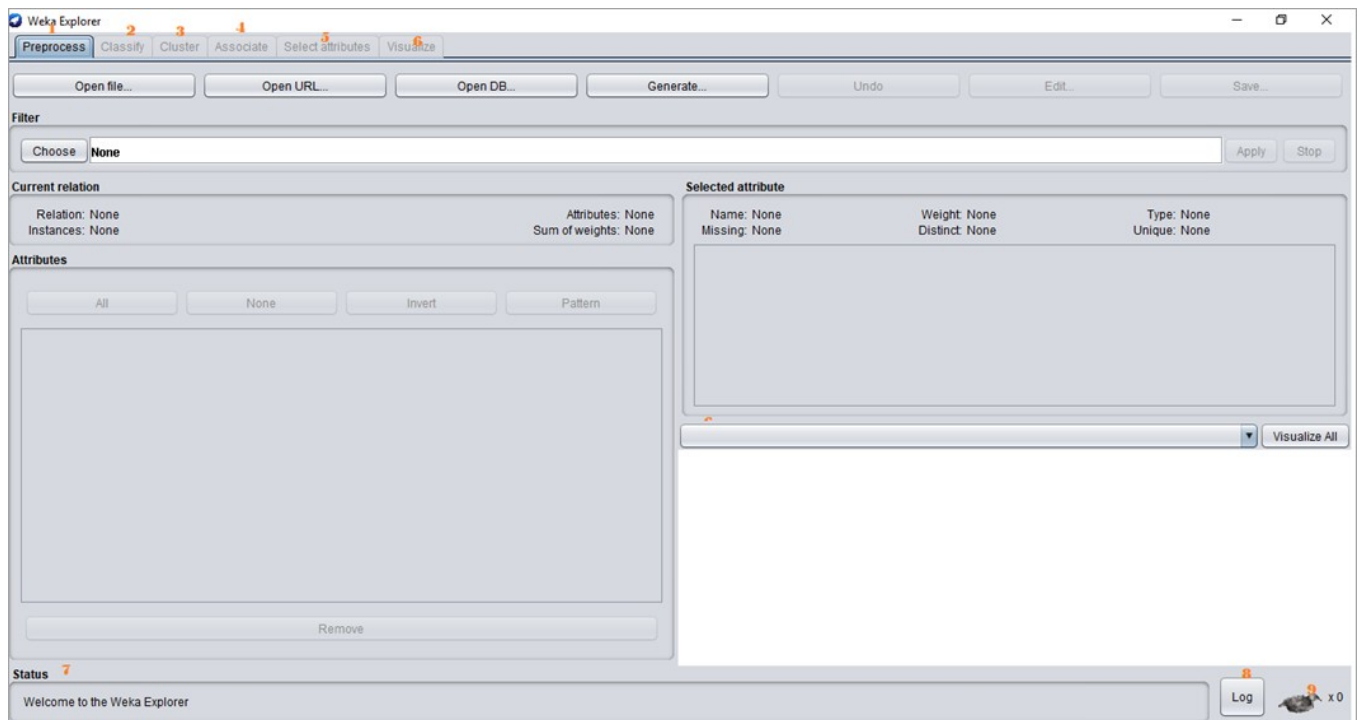
- Explorer
- Experimenter
- knowledgeFlow
- Workbench
- Simple CLI



Εικόνα 18 : Weka GUI Chooser

### 4.3.1 Explorer

Το παράθυρο του WEKA Explorer αποτελείται από πολλές καρτέλες με πρώτη την προεπεξεργασία. Αρχικά, η καρτέλα προεπεξεργασίας είναι ενεργή, διότι το σύνολο δεδομένων προεπεξεργάζεται προτού εφαρμοστούν αλγόριθμοι σε αυτό.



Εικόνα 19: Weka Explorer

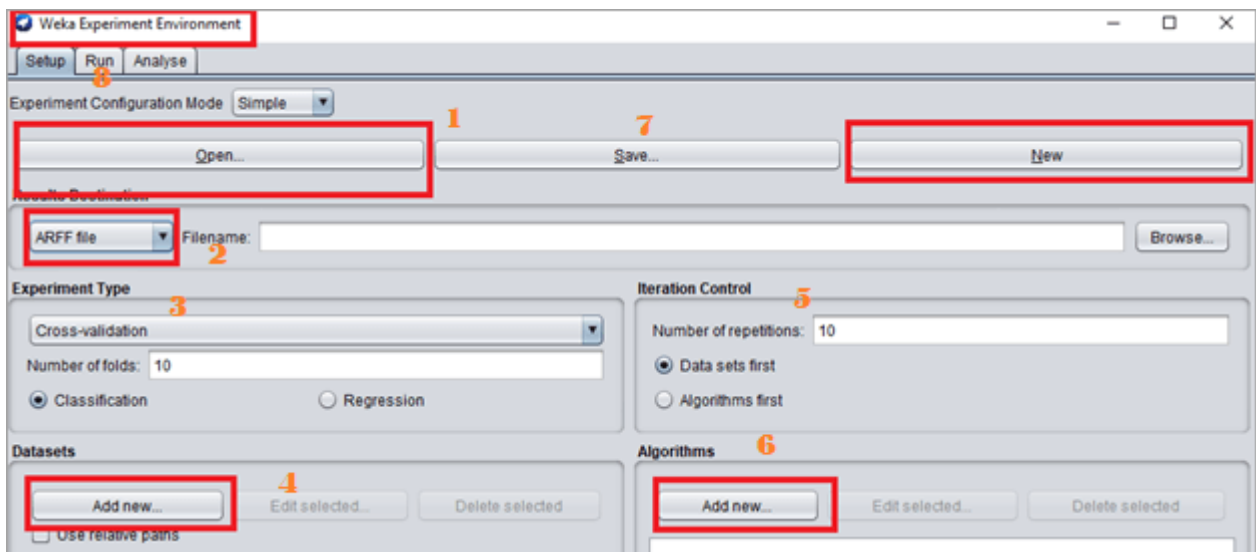
Οι καρτέλες είναι οι εξής:

- Προεπεξεργασία
- Ταξινόμηση
- Συστάδα
- Συνεργάτης
- Επιλογή χαρακτηριστικών
- Οπτικοποίηση
- Γραμμή κατάστασης
- Κουμπί καταγραφής
- Εικονίδιο WEKA Bird

#### 4.3.2 Experimenter

Το Experimenter WEKA επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν, να εκτελούν και να τροποποιούν διαφορετικά σχήματα σε ένα πείραμα σε ένα σύνολο δεδομένων. Ο Experimenter αποτελείται από 2 τύπους διαμόρφωσης:

- ✓ Απλή
- ✓ Προηγμένη



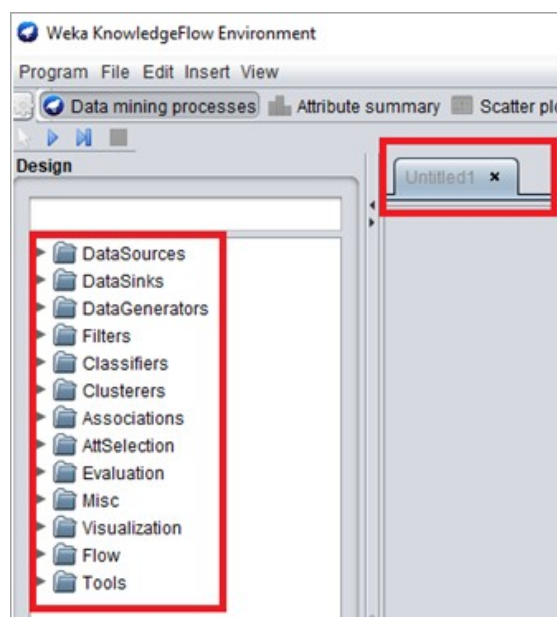
**Εικόνα 20: Experimenter Weka**

- Τα κουμπιά "Open" και "New" θα ανοίξουν ένα νέο παράθυρο.
- Αποτελέσματα: Ορίστε το αρχείο προορισμού αποτελέσματος από αρχεία:
  - ο ARFF
  - ο JDFC
  - ο CSV
- Experiment Type: Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μεταξύ διασταυρούμενης επικύρωσης και διαίρεσης ποσοστού εκπαίδευσης/δοκιμής. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μεταξύ ταξινόμησης και παλινδρόμησης με βάση το σύνολο δεδομένων και τον ταξινομητή που χρησιμοποιείται.
- Datasets: Ο χρήστης μπορεί να περιηγηθεί και να επιλέξει σύνολα δεδομένων.
- Iteration Control: Ο προεπιλεγμένος αριθμός επανάληψης έχει οριστεί στο 10. Τα σύνολα δεδομένων πρώτα και οι αλγόριθμοι βοηθούν πρώτα στην εναλλαγή μεταξύ δεδομένων και αλγορίθμων, έτσι ώστε οι αλγόριθμοι να μπορούν να εκτελεστούν σε όλα τα σύνολα δεδομένων.
- Algorithms: Νέοι αλγόριθμοι προστίθενται από το "New". Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει έναν ταξινομητή.

- Save: Αποθηκεύστε το πείραμα χρησιμοποιώντας το κουμπί Save[10][17].

### 4.3.3 Knowledge Flow

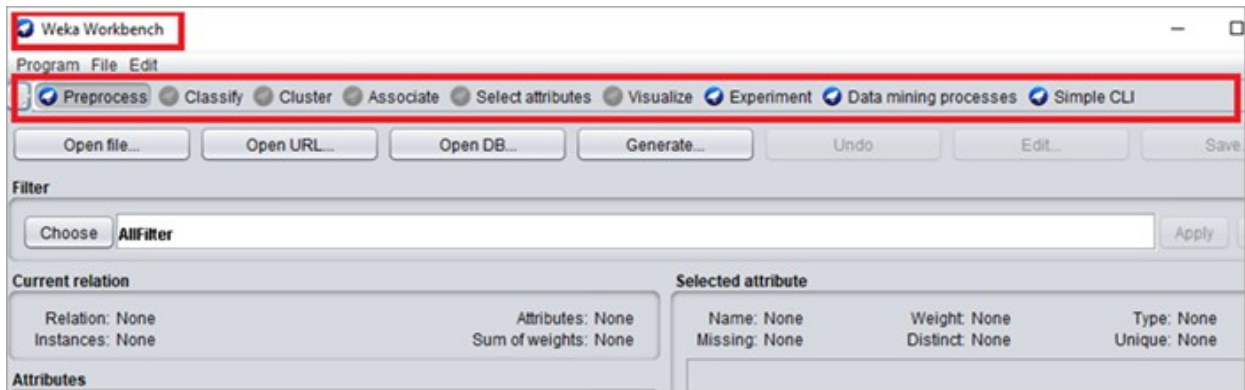
Το Knowledge Flow παρουσιάζει μια γραφική αναπαράσταση των αλγορίθμων WEKA. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τα στοιχεία και να δημιουργήσει μια ροή εργασίας για να αναλύσει τα σύνολα δεδομένων.



Εικόνα 21: Το Knowledge Flow του Weka

### 4.3.4 Workbench

Το WEKA διαθέτει έναν πάγκο εργασίας που περιέχει όλο το γραφικό περιβάλλον σε ένα μόνο παράθυρο.



Εικόνα 22: Weka Workench

### 4.3.5 Simple CLI

Το Simple CLI αποτελεί το Weka Shell με γραμμή εντολών και έξοδο. Με τη "βοήθεια", μπορείτε να δείτε την επισκόπηση όλων των εντολών.

```

java <classname> <args>
    Lists the capabilities of the specified class.
    If the class is a weka.core.OptionHandler then
    trailing options after the classname will be
    set as well.

kill
    Kills the running job, if any.

script <script_file>
    Executes commands from a script file.

set [name=value]
    Sets a variable.
    If no key=value pair is given all current variables are 1

unset name
    Removes a variable.

Notes:
- Variables can be used anywhere using '${<name>}' with '<name>'
  being the name of the variable.
- Environment variables can be used with '${env.<name>}',
  e.g., '${env.PATH}' to retrieve the PATH variable.

help

```

Εικόνα 23: Το Simple CLI του Weka

## 4.4 Αρχείο δεδομένων ARFF

Το ARFF σημαίνει Μορφή αρχείου σχέσης χαρακτηριστικών. Αποτελείται από 3 ενότητες:

- ο Σχέση
- ο Χαρακτηριστικά
- ο Δεδομένα

Κάθε ενότητα ξεκινά με "@". Τα αρχεία ARFF λαμβάνουν χαρακτηριστικά:

- ο Ονομαστικό
- ο Αριθμητικό
- ο Συμβολοσειρά
- ο Ημερομηνία
- ο Σχεσιακά δεδομένα

Στη συνέχεια ακολουθεί ένα παράδειγμα αρχείου ARFF:

```
@relation weather
@attribute outlook {sunny, overcast, rainy}:
@attribute temperature real
@attribute humidity real
@attribute windy {TRUE, FALSE}
@attribute play {yes, no}

@data
sunny, FALSE,85,85,no
sunny, TRUE,80,90,no
overcast, FALSE,83,86,yes
rainy, FALSE,70,96,yes
rainy, FALSE,68,80,yes
```

## 4.5 Βασικά χαρακτηριστικά του WEKA

- Είναι ανεξάρτητο από πλατφόρμα
- Περιέχει 49 εργαλεία προεπεξεργασίας δεδομένων
- Αποτελείται από 76 αλγόριθμους ταξινόμησης και παλινδρόμησης και 8 αλγόριθμους ομαδοποίησης
- Διαθέτει 15 αλγόριθμους επιλογής χαρακτηριστικών και 10 αλγόριθμους επιλογής χαρακτηριστικών
- Διαθέτει 3 αλγόριθμους για την εύρεση κανόνων συσχέτισης
- Χρησιμοποιώντας το WEKA, οι χρήστες μπορούν να αναπτύξουν προσαρμοσμένο κώδικα για μηχανική εκμάθηση[10][17].



# Κεφάλαιο 5: Έρευνα για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

---

## 5.1 Ερωτήσεις Έρευνας

### 1. Επιλογή Φύλου

- Άνδρας
- Γυναίκα

### 2. Επιλογή Ηλικίας

- 20-30
- 30-40
- 40-50
- >50

### 3. Έχετε ενημερωθεί για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

- Ναι
- Όχι

### 4. Ποια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γνωρίζετε

- Αιολική ενέργεια
- Ηλιακή ενέργεια
- Βιομάζα
- Υδροηλεκτρική ενέργεια
- Γεωθερμική ενέργεια

**5. Ποια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας θεωρείτε ότι είναι καλύτερη**

- Αιολική ενέργεια
- Ηλιακή ενέργεια
- Βιομάζα
- Υδροηλεκτρική ενέργεια
- Γεωθερμική ενέργεια
- Δεν γνωρίζω

**6. Ποιο θεωρείτε το σημαντικότερο πλεονέκτημα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας**

- Είναι ανεξάντλητες
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον
- Βοηθούν στην ανάπτυξη περιοχών
- Παράγουν ενέργεια ανάλογα με τις καθημερινές ανάγκες
- Δεν γνωρίζω

**7. Ποιο θεωρείτε το σημαντικότερο μειονέκτημα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας**

- Το κόστος
- Δεν καλύπτουν τις μεγάλες ανάγκες των αστικών κέντρων
- Δεν μεταφέρεται/ δεν αποθηκεύεται
- Έχουν μεγάλες διακυμάνσεις
- Δεν γνωρίζω

**8. Γνωρίζετε τις επιπτώσεις από τις ανεμογεννήτριες**

- Ναι
- Όχι
- Δεν γνωρίζω

**9. Γνωρίζετε τα Αιολικά Πάρκα**

- Ναι
- Όχι

**10. Έχετε επισκεφτεί κάποιο αιολικό πάρκο**

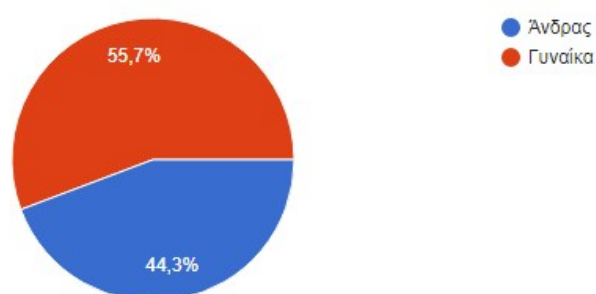
- Ναι
- Όχι

**11. Πιστεύετε ότι η αιολική ενέργεια έχει πιο πολλές θετικές ή αρνητικές επιπτώσεις**

- Θετικές
- Αρνητικές
- Δεν γνωρίζω

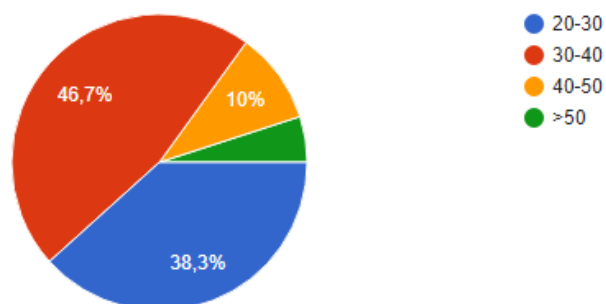
## 5.2 Απαντήσεις Έρευνας

### 1. Επιλογή Φύλου



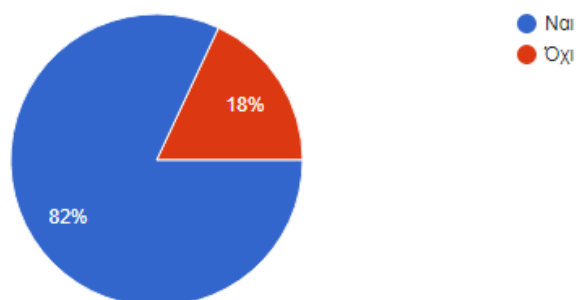
Γράφημα 1: Επιλογή Φύλου

## Επιλογή Ηλικίας



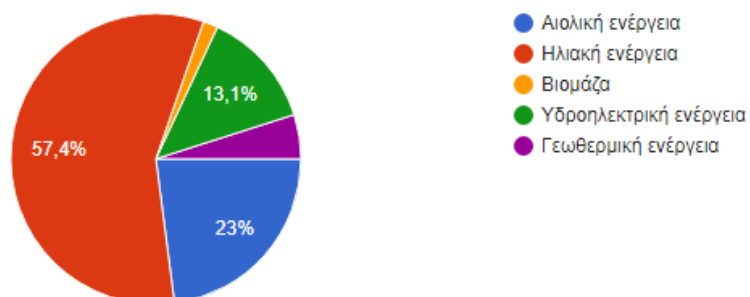
Γράφημα 2: Επιλογή Ηλικίας

## Έχετε ενημερωθεί για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας



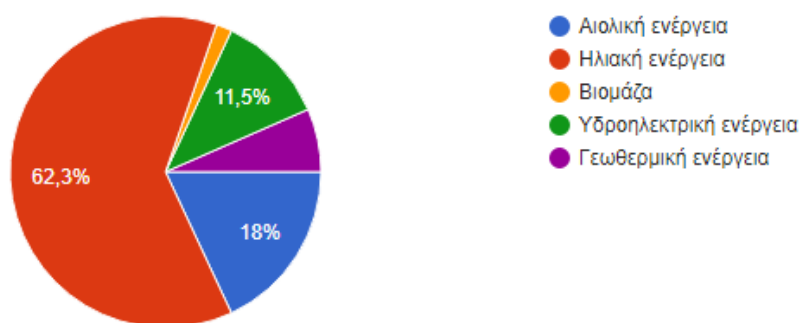
Γράφημα 3: Ενημέρωση για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

### Ποια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γνωρίζετε



Γράφημα 4: Γνωρίζετε κάποια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας

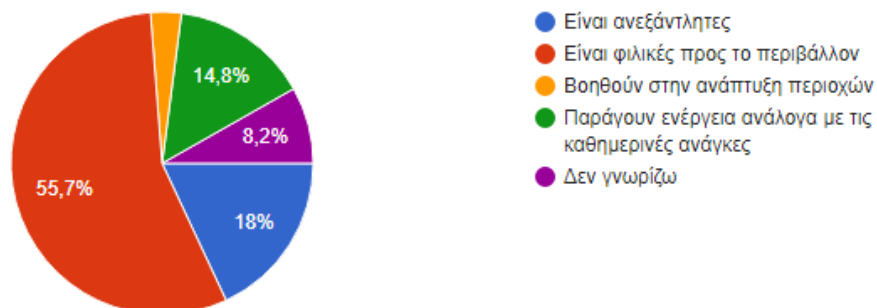
### Ποια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας θεωρείτε ότι είναι καλύτερη



Γράφημα 5: Γνωρίζετε ποιά ανανεώσιμη πηγή ενέργειας είναι καλύτερη

### Ποιο θεωρείτε το σημαντικότερο πλεονέκτημα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

3



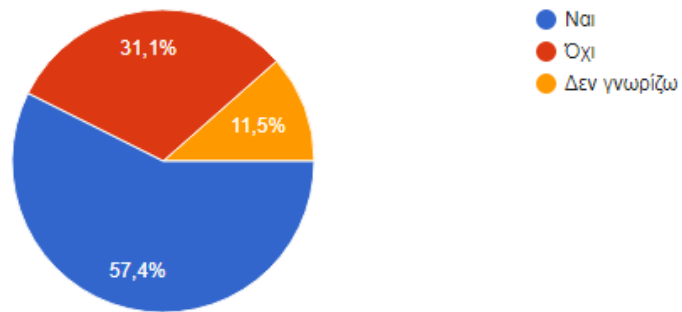
Γράφημα 6: Γνωρίζετε ποιά ανανεώσιμη πηγή ενέργειας πλεονεκτεί

### Ποιο θεωρείτε το σημαντικότερο μειονέκτημα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας



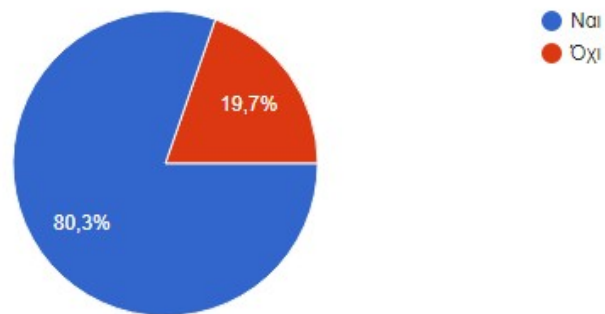
Γράφημα 7: Γνωρίζετε ποιά ανανεώσιμη πηγή ενέργειας μειονεκτεί

### Γνωρίζετε τις επιπτώσεις από τις ανεμογεννήτριες



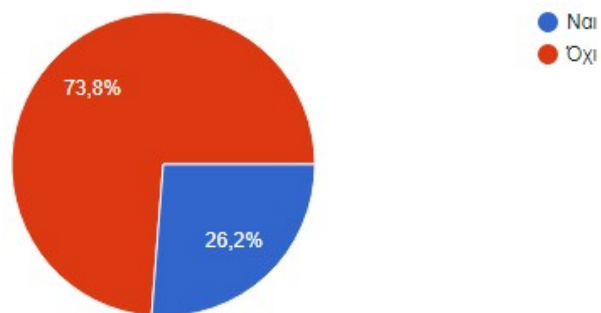
Γράφημα 8: Γνωρίζετε τις επιπτώσεις από τις ανεμογεννήτριες

### Γνωρίζετε τα Αιολικά Πάρκα



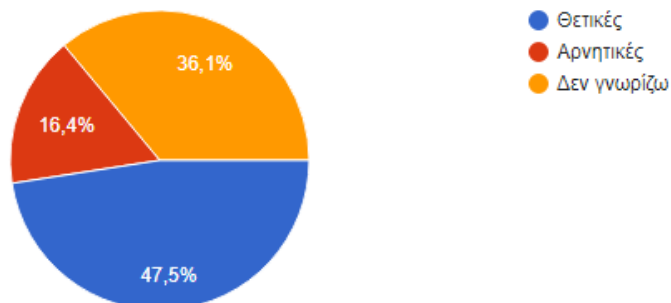
Γράφημα 9: Γνωρίζετε τα Αιολικά Πάρκα

Έχετε επισκεφτεί κάποιο αιολικό πάρκο



Γράφημα 10: Έχετε επισκεφτεί κάποιο Αιολικό Πάρκο

Πιστεύετε ότι η αιολική ενέργεια έχει πιο πολλές θετικές ή αρνητικές επιπτώσεις



Γράφημα 11: Η αιολική ενέργεια έχει θετικές ή αρνητικές επιπτώσεις



## 5.3 Αποτελέσματα Ταξινόμησης

### 5.3.1 Random Forest

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ακρίβειας πρόβλεψης για τον αλγόριθμο Random Forest

```
==== Summary ====
Correctly Classified Instances      23      41.0714 %
Incorrectly Classified Instances    33      58.9286 %
Kappa statistic                    -0.0405
Mean absolute error                 0.3882
Root mean squared error             0.4584
Relative absolute error             94.7551 %
Root relative squared error        101.3619 %
Total Number of Instances          56

==== Detailed Accuracy By Class ====
      TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
      0,654   0,733   0,436     0,654   0,523     -0,086   0,518    0,559    thetikes
      0,000   0,042   0,000     0,000   0,000     -0,079   0,536    0,179    arnhtikes
      0,273   0,265   0,400     0,273   0,324     0,009    0,599    0,575    oudeteres
Weighted Avg.  0,411   0,450   0,360     0,411   0,370     -0,048   0,552    0,511

==== Confusion Matrix ====
```

Εικόνα 24: Random Forest

### 5.3.2 Naïve Bayes Classifier

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ακρίβειας πρόβλεψης για τον αλγόριθμο Naïve Bayes Classifier

```
==== Summary ====
Correctly Classified Instances      26      46.4286 %
Incorrectly Classified Instances    30      53.5714 %
Kappa statistic                    0.0948
Mean absolute error                 0.3575
Root mean squared error             0.4665
Relative absolute error             87.2691 %
Root relative squared error        103.1553 %
Total Number of Instances          56

==== Detailed Accuracy By Class ====
      TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
      0,615   0,567   0,485     0,615   0,542     0,049   0,569    0,511    thetikes
      0,125   0,104   0,167     0,125   0,143     0,024   0,531    0,282    arnhtikes
      0,409   0,235   0,529     0,409   0,462     0,185   0,689    0,604    oudeteres
Weighted Avg.  0,464   0,370   0,457     0,464   0,454     0,099   0,611    0,515

==== Confusion Matrix ====
 a  b  c  <-- classified as
16  4  6  | a = thetikes
 5  1  2  | b = arnhtikes
12  1  9  | c = oudeteres
```

Εικόνα 25: Naïve Bayes Classifier

### 5.3.3 Decision Trees

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ακρίβειας πρόβλεψης για τον αλγόριθμο Decision Trees

```

Correctly Classified Instances      27      48.2143 %
Incorrectly Classified Instances   29      51.7857 %
Kappa statistic                    0.0988
Mean absolute error                0.4045
Root mean squared error            0.4959
Relative absolute error            98.7235 %
Root relative squared error        109.6628 %
Total Number of Instances          56

=== Detailed Accuracy By Class ===

      TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
      0,731    0,567    0,528     0,731    0,613     0,171    0,554    0,521    thetikes
      0,000    0,063    0,000     0,000    0,000     -0,097   0,225    0,110    arnhitikes
      0,364    0,265    0,471     0,364    0,418     0,185    0,462    0,389    oudeteres
Weighted Avg.  0,482    0,376    0,430     0,482    0,446     0,107    0,471    0,411

=== Confusion Matrix ===
  a  b  c  <-- classified as
19  2  5 | a = thetikes
 4  0  4 | b = arnhitikes
13  1  8 | c = oudeteres

```

Εικόνα 26: Decision Trees

### 5.3.4 Support Vector Machine - SVM

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ακρίβειας πρόβλεψης για τον αλγόριθμο Support Vector Machine - SVM

```

Correctly Classified Instances      28      50 %
Incorrectly Classified Instances   28      50 %
Kappa statistic                    0.1506
Mean absolute error                0.381
Root mean squared error            0.4811
Relative absolute error            92.9862 %
Root relative squared error        106.3923 %
Total Number of Instances          56

=== Detailed Accuracy By Class ===

      TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
      0,615    0,533    0,500     0,615    0,552     0,083    0,551    0,495    thetikes
      0,250    0,063    0,400     0,250    0,308     0,230    0,484    0,207    arnhitikes
      0,455    0,265    0,526     0,455    0,488     0,196    0,608    0,467    oudeteres
Weighted Avg.  0,500    0,361    0,496     0,500    0,492     0,148    0,564    0,443

=== Confusion Matrix ===
  a  b  c  <-- classified as
16  2  8 | a = thetikes
 5  2  1 | b = arnhitikes
11  1 10 | c = oudeteres

```

Εικόνα 27: Support Vector Machine - SVM

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα από τους τέσσερις ταξινομητές.

<b>Naïve Bayes Acc(%)</b>	<b>Decision Trees Acc(%)</b>	<b>Support Vector Machines Acc(%)</b>	<b>Random Forest Acc(%)</b>
<b>46,4286</b>	<b>48,2143</b>	<b>50</b>	<b>41,0714</b>

**Πίνακας 1: Αποτελέσματα ακρίβειας ταξινόμησης**

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήσαμε τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ονομάζονται οι ενεργειακές πηγές οι οποίες συναντώνται σε απεριόριστο βαθμό στο περιβάλλον. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι το ότι δεν θα εξαντληθούν με το πέρασμα των χρόνων όπως θα συμβεί με την ανεξέλεγκτη χρήση που γίνεται καθημερινά των ορυκτών καυσίμων. Σαφώς και η χρήση των ΑΠΕ βοηθούν αρκετά στην μειωμένη χρήση των συμβατικών ενεργειακών πόρων. Το σημαντικότερο μειονέκτημα τους είναι πως για να επενδύσει κανείς σε μία μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας κοστίζει πολύ παραπάνω εν συγκρίσει με μία επένδυση στα συμβατικά καύσιμα που υπάρχουν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γνωρίσαμε την αιολική ενέργεια, τη γεωθερμική ενέργεια, την υδροηλεκτρική και την ηλιακή ενέργεια.

Στο τρίτο κεφάλαιο μελετήσαμε την μηχανική μάθηση. Μηχανική Μάθηση ονομάζεται η δημιουργία μοντέλων ή προτύπων από ένα σύνολο δεδομένων. Στη συνέχεια γνωρίσαμε τους αλγορίθμους : κοντινότερο γείτονα, Μπευζιανό ταξινομητή, δέντρα αποφάσεων και μηχανές διανυσμάτων υποστήριξης.

Επειτα στο κεφάλαιο τέσσερα παρουσιάσαμε το λογισμικό Weka και το περιβάλλον εργασίας του. Το Weka (Waikato Environment for Knowledge Analysis) αποτελεί ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα που σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Waikato στη Νέα Ζηλανδία.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάσαμε τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα μιας έρευνας που διεξάγαμε και θα τρέξουμε τους αλγορίθμους ώστε να καταλήξουμε σε συμπεράσματα. Πιο συγκεκριμένα στην έρευνα που διεξάγαμε το 55,7% των συμμετεχόντων είναι γυναίκες ενώ το 44,3% άνδρες. Το 46,7% είναι ηλικίας 30-40 ενώ το 38,3% είναι 20-30. Στην ερώτηση αν έχουν ενημερωθεί για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας το 82% αποκρίθηκε θετικά. Σε ποσοστό 57,4% υπερταίρει η ηλιακή ενέργεια. Στην ερώτηση ποια είναι καλύτερη απανεώσιμη πηγή ενέργειας το 62,3% απάντησε η ηλιακή. Όσον αφορά το σημαντικότερο πλεονέκτημα το 55,7% απάντησε ότι είναι φιλικές προς το περιβάλλον ενώ σχετικά με το σημαντικότερο μειονέκτημα το 35% απάντησε ότι δεν καλύπτουν τις μεγάλες ανάγκες των αστικών κέντρων. Στην ερώτηση εάν είναι ενημερωμένοι για τις επιπτώσεις των ανεμογεννητριών το 57,4% είναι ενημερωμένο και το 80,3% γνωρίζει τα αιολικά πάρκα. Στην ερώτηση αν έχει επισκεφθεί κάποιο αιολικό πάρκο το 73,8% απάντησε αρνητικά. Τέλος στην ερώτηση αν η αιολική ενέργεια έχει θετικές η αρνητικές επιπτώσεις το 47,5%

απάντησε θετικές. Από τους ταξινομητές που χρησιμοποιήθηκαν ικανότερος και πιο αποδοτικός αποδείχτηκε ο ταξινομητής SVM.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

[1] **Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.** (χ.χ). Ανακτήθηκε 5 Ιανουαρίου 2021. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο: <http://www.allaboutenergy.gr/Piges23.html>

[2] Laconialive. (2017). **Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.** Ανακτήθηκε 15 Ιανουαρίου 2021.: Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο <https://laconialive.gr/%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CF%8E%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CF%82-%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%AD%CF%82-%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82-%CF%80%CE%BB%CE%B5%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CE%BA/>

[3] Wikipedia.(2021). **Αιολική Ενέργεια.** Ανακτήθηκε 16 Ιανουαρίου 2021: Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE\\_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1)

[4] 8ο ΕΠΑΛ Θεσσαλονίκης(2010). **Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.** Ανακτήθηκε 20 Φεβρουαρίου 2021. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : [http://users.sch.gr/kpara/ape2009\\_10/geothermia.html](http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/geothermia.html)

[5] 8ο ΕΠΑΛ Θεσσαλονίκης(2010). **Υδροηλεκτρική ενέργεια.** Ανακτήθηκε 28 Φεβρουαρίου 2021

Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο: [http://users.sch.gr/kpara/ape2009\\_10/ydrauliki.html](http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/ydrauliki.html)

[6] **ΔΕΗ Ανανεώσιμες.**(2021). Ανακτήθηκε 8 Μάρτιος 2021. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο: <https://ppcr.gr/el/solar-general-info>

[7] Naftemporiki.gr. (2021). **Αυξήθηκε στο 19,7% η κατανάλωση ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα** Ανακτήθηκε 28 Φεβρουαρίου 2021. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : <https://www.naftemporiki.gr/story/1678588/auksithike-sto-197-i-katanalosi-energeias-apo-ape-stin-ellada>

[8] Wikipedia.(2021). **Ηλιακή ενέργεια.** Ανακτήθηκε 18 Μάρτιος 2021. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο: [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE\\_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1)

[9] Κωνσταντίνος Κίτρου(χ.χ). Καθηγητής MSc Medical Informatics. **Μηχανική Μάθηση.** Ανακτήθηκε 30 Μαΐου 2022. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : [https://www.iekdelta360.gr/ti-einai-i-michaniki-mathisi-machine-learning?fbclid=IwAR3yPH1KcXGfJ434N4nsRN3fnLR574gX2xV\\_VtIz9OgQitWek1LGCqoVq50](https://www.iekdelta360.gr/ti-einai-i-michaniki-mathisi-machine-learning?fbclid=IwAR3yPH1KcXGfJ434N4nsRN3fnLR574gX2xV_VtIz9OgQitWek1LGCqoVq50)

[10] **What is Weka.**(2022). Ανακτήθηκε 30 Μαΐου 2022. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : [https://www.tutorialspoint.com/weka/what\\_is\\_weka.htm?fbclid=IwAR2XO BhnP4xho6EZny1Ma26wvhyGyCCobuYmCqrAk4ApOnW\\_rL75qLMiy6E](https://www.tutorialspoint.com/weka/what_is_weka.htm?fbclid=IwAR2XO BhnP4xho6EZny1Ma26wvhyGyCCobuYmCqrAk4ApOnW_rL75qLMiy6E)

[11] Wikipedia(2022). **Naive\_Bayes\_classifier** . Ανακτήθηκε 30 Μαΐου 2022. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : [https://en.wikipedia.org/wiki/Naive\\_Bayes\\_classifier](https://en.wikipedia.org/wiki/Naive_Bayes_classifier)

[12] **Naive Bayes Classifiers.**(2022).Ανακτήθηκε 30 Μάϊου 2022. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : <https://www.geeksforgeeks.org/naive-bayes-classifiers/>

[13] scikit-learn.org **.1.9. Naive Bayes.** Ανακτήθηκε 30 Μάϊου 2022. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : [https://scikit-learn.org/stable/modules/naive\\_bayes.html](https://scikit-learn.org/stable/modules/naive_bayes.html)

[14] ΣΤΑΛΕΝΤΣΗ ΒΛΑΔΙΜΗΡΟΥ.(2005). «**ΘΕΩΡΙΑ ΔΕΝΔΡΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**» Ανακτήθηκε 30 Μάϊου 2022. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : <http://digilib.teiimt.gr/jspui/bitstream/123456789/2405/1/022005x03x011.pdf>

[15] **Δέντρο Απόφασης.** Ανακτήθηκε 30 Μάϊου 2022. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : <https://el.economy-pedia.com/11031443-decision-tree>

[16] Κοσμόπουλους Γεώργιος & Μαθιουδάκης Ευάγγελος . (2019).**ΤΑ ΔΕΝΤΡΑ ΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ TREEPLAN.** Ανακτήθηκε 30 Μάϊου 2022. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : <http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/8183/%CE%9A%CE%9F%CE%A3%CE%9C%CE%9F%CE%A0%CE%9F%CE%A5%CE%9B%CE%9F%CE%A3.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[17] *Οδηγός Weka – Πώς Να Κατεβάσετε, Να Εγκαταστήσετε Και Να Χρησιμοποιήσετε Το Weka Tool.* (2022). Ανακτήθηκε 30 Μάϊου 2022. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : [https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-softwaretestinghelp-com.translate.goog/weka-tutorial/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

[18] Sunil Ray. (2017). **Understanding Support Vector Machine(SVM) algorithm from examples.** Ανακτήθηκε 30 Μάϊου 2022. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : [https://www-analyticsvidhya-com.translate.goog/blog/2017/09/understaing-support-vector-machine-example-code/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-analyticsvidhya-com.translate.goog/blog/2017/09/understaing-support-vector-machine-example-code/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=sc)

[19] Avinash Navlani (2018). **KNN Classification Tutorial using Scikit-learn.** Ανακτήθηκε 30 Μάϊου 2022. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : <https://www.datacamp.com/tutorial/k-nearest-neighbor-classification-scikit-learn>

[20] Durgesh Srivastava, Lekha Bhambhu. (2010). **Data classification using support vector machine.** Ανακτήθηκε 27 Αυγούστου 2022. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : [https://www.researchgate.net/publication/285663733\\_Data\\_classification\\_using\\_support\\_vector\\_machine](https://www.researchgate.net/publication/285663733_Data_classification_using_support_vector_machine)

[21] Shichao Zhang, Shichao Zhang. **Efficient kNN Classification With Different Numbers of Nearest Neighbors.** Ανακτήθηκε 27 Αυγούστου 2022. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : [https://www.researchgate.net/publication/316079952\\_Efficient\\_kNN\\_Classification\\_With\\_Different\\_Numbers\\_of\\_Nearest\\_Neighbors](https://www.researchgate.net/publication/316079952_Efficient_kNN_Classification_With_Different_Numbers_of_Nearest_Neighbors)

[22] **A Decision Tree Classification Model for University Admission System.** Ανακτήθηκε 27 Αυγούστου 2022. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : [https://www.academia.edu/51131766/A\\_Decision\\_Tree\\_Classification\\_Model\\_for\\_University\\_Admission\\_System](https://www.academia.edu/51131766/A_Decision_Tree_Classification_Model_for_University_Admission_System)

[23] Harsh Patel, Purvi Prajapati. **Study and Analysis of Decision Tree Based Classification Algorithms.**

Ανακτήθηκε 27 Αυγούστου 2022. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : [https://www.researchgate.net/publication/330138092\\_Study\\_and\\_Analysis\\_of\\_Decision\\_Tree\\_Based\\_Classification\\_Algorithms](https://www.researchgate.net/publication/330138092_Study_and_Analysis_of_Decision_Tree_Based_Classification_Algorithms)

[24] **Application of K-Nearest Neighbor (KNN) Approach for Predicting Economic Events: Theoretical Background.** Ανακτήθηκε 27 Αυγούστου 2022. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : [https://www.academia.edu/37220525/Application\\_of\\_K\\_Nearest\\_Neighbor\\_KNN\\_Approach\\_for\\_Predicting\\_Economic\\_Events\\_Theoretical\\_Background](https://www.academia.edu/37220525/Application_of_K_Nearest_Neighbor_KNN_Approach_for_Predicting_Economic_Events_Theoretical_Background)

[25] Surya Prasath, Haneen Abu Alfeilat, Omar Lasassmeh, Ahmad S. Tarawneh (2017). **Distance and Similarity Measures Effect on the Performance of K-Nearest Neighbor Classifier - A Review.** Ανακτήθηκε 27 Αυγούστου 2022. Διαθέσιμο στο Δικτυακό ιστότοπο : [https://www.researchgate.net/figure/An-example-of-KNN-classification-with-k-neighbors-k-3-solid-line-circle-and-k-5\\_fig5\\_319135278](https://www.researchgate.net/figure/An-example-of-KNN-classification-with-k-neighbors-k-3-solid-line-circle-and-k-5_fig5_319135278)