**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**Πρόγραμμα Προπτυχιακών Σπουδών**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Τεχνολογίες μηχανικής μάθησης και όρασης υπολογιστών για την βελτιστοποίηση της απόδοσης στο πεδίο του αθλητισμού**

**Ιωάννης Καμπεράκης**

**Α.Μ. 71347254**

**Εισηγητής: Δρ Παναγιώτης Καρκαζής, Καθηγητής**

**(Κενό φύλλο)**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Τεχνολογίες μηχανικής μάθησης και όρασης υπολογιστών για την βελτιστοποίηση της απόδοσης στον πεδίο του αθλητισμού**

**Ιωάννης Καμπεράκης**

**Α.Μ. 71347254**

**Εισηγητής:**

**Δρ Παναγιώτης Καρκαζής, Καθηγητής**

**Εξεταστική Επιτροπή:**

**???**

**Ημερομηνία εξέτασης 0?/03/2022**

**(Κενό φύλλο)**

**ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Ιωάννης Καμπεράκης του Φιλίππου, με αριθμό μητρώου 71347254, φοιτητής/τρία του Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της προπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι την απόκτηση του πτυχίου μου και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Ο/Η Δηλών/ούσα



**(Κενό φύλλο)**

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές τους οποίους συνάντησα κατά την διάρκεια των σπουδών μου. Με βοήθησαν να γίνω αυτό που είμαι σήμερα δίνοντας μου τις κατάλληλες ωθήσεις ώστε να εντοπίσω τα λάθη μου και να εξελιχθώ από αυτά.

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Παναγιώτη Καρκαζή, για τις γνώσεις που μου παρείχε τόσα χρόνια κατά την διάρκεια των διαλέξεων του και για την επίβλεψη και την υποστήριξη της εργασίας αυτής. Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω θερμά και τον κ. Αποστόλη Αναγνωστόπουλο για την τόσο μεγάλη όρεξη που είχε να μεταλαμπαδεύσει τις γνώσεις που διαθέτει.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, η οποία μου παρείχε τα πάντα ώστε να βγάλω εις πέρας τις σπουδές μου. Με στήριζε και μου έδινε δύναμη στις δύσκολες στιγμές των σπουδών μου. Με βοηθούσε και με ενθάρρυνε κάθε στιγμή ώστε να τα βγάλω πέρα και με την βοήθεια τους τα κατάφερα. Χωρίς αυτούς δεν θα έφτανα έως εδώ.

**(Κενό φύλλο)**

# **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στην τωρινή εποχή, ο όρος Τεχνητή Νοημοσύνη έχει γίνει γνωστός σε όλο τον κόσμο. Κατακλυζόμαστε από την αγορά με έξυπνα κινητά, έξυπνα σπίτια, έξυπνες τηλεοράσεις κ.ο.κ. Δεν γίνεται πλήρως αντιληπτό όμως ότι ο τίτλος «έξυπνος» που έχει δοθεί πλέον στις συσκευές, οφείλεται κυρίως στην ανάπτυξη της Τεχνητής Νοημοσύνης και την ενσωμάτωσή της στην καθημερινότητα του ανθρώπου. Παρόλο που έχει γίνει μόδα η χρήση αυτού του όρου, η εικόνα που σχηματίζεται στο μυαλό των ανθρώπων είναι ενός ρομπότ, όμως η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι κάτι παραπάνω από αυτό. Η εικόνα του ρομπότ που σχηματίζεται στους περισσότερους ανθρώπους δεν είναι λάθος, όμως αντιπροσωπεύει ένα πολύ μικρό ποσοστό του φάσματος εφαρμογής της.

Οι δυνατότητες της Τεχνητής Νοημοσύνης και οι τομείς που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυξάνονται συνεχώς. Βρισκόμαστε στην εποχή όπου οι επιστήμονες συνειδητοποιούν τις προοπτικές και την διευκόλυνση που μπορούν να μας παρέχουν οι έξυπνες συσκευές, γι’ αυτό και έχει ξεκινήσει η παραγωγή ευφυών υπολογιστικών συστημάτων και η δημιουργία λογισμικών που μαθαίνουν από τα δεδομένα που παράγονται από τους ανθρώπους καθημερινά.

Είναι καιρός να συνειδητοποιήσει ο κόσμος την μοναδικότητα και τα οφέλη που μπορεί να παρέχει στην καθημερινότητα του η Τεχνητή Νοημοσύνη. Για να αποτυπωθούν πιο σωστά οι δυνατότητες και οι προοπτικές της Τεχνητής Νοημοσύνης, δημιουργείται παρακάτω ένα μοντέλο με την χρήση αλγορίθμων Μηχανικής Μάθησης και Όρασης Υπολογιστών το οποίο είναι εκπαιδευμένο με βάση ένα σύνολο από βίντεο ελεύθερων βολών ενός ανθρώπου Α και ένας άνθρωπος Β τροφοδοτεί το βίντεο του στο μοντέλο για να δει κατά πόσο είναι σωστή η τεχνική της ελεύθερης βολής του σύμφωνα με την τεχνική του Α.

**Λέξεις κλειδιά:** Μηχανική Μάθηση (Machine Learning - ML), Όραση Υπολογιστών (Computer Vision - CV), Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence - AI), Νευρωνικά Δίκτυα (Neural Networks - NN), Βαθιά Μάθηση (Deep Learning - DL), Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing - NLP), Γνωστική Υπολογιστική (Cognitive Computing - CC), Δεδομένα, Βελτιστοποίηση Αθλητικής Απόδοσης, Εκπαίδευση, Ευφυή, Μοντέλο, Έξυπνες Συσκευές, Ανάλυση Δεδομένων

# **ABSTRACT**

Nowadays, the term “Artificial Intelligence” has become known all over the world. We are flooded by the market with smart phones, smart homes, smart TVs and so on. However, it is not fully understood that the title "smart" that has now been given to devices is mainly due to the development of Artificial Intelligence and its integration into our everyday life. Although the use of this term has become fashionable, the image formed in the minds of people is a robot, but Artificial Intelligence is more than that. The image of the robot that is formed in most people is not wrong but it represents a very small percentage of its application range.

The capabilities of Artificial Intelligence and the areas that can be used are constantly increasing. We are in a time that scientists are realizing the prospects and convenience smart devices can provide us which is why the production of intelligent computer systems and the creation of software that learns from the data produced by humans on a daily basis has begun.

It is time for people to realize the uniqueness and the benefits Artificial Intelligence can provide in their daily lives. To better capture the capabilities and prospects of Artificial Intelligence, a model is created using Machine Learning and Computer Vision algorithms that is trained based on a set of free throw videos of a person A and a person B feeds his video to the model to see if the technique of his free throw is correct according to the technique of A.

**Keywords:** Machine Learning (ML), Computer Vision (CV), Artificial Intelligence (AI), Neural Networks (NN), Deep Learning (DL), Natural Language Processing (NLP), Cognitive Computing (CC), Data, Athletic Performance Optimization, Training, Intelligent, Model, Smart Devices, Data Analysis

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

[**ΠΕΡΙΛΗΨΗ** 8](#_Toc94954608)

[**ABSTRACT** 9](#_Toc94954609)

[**ΕΙΣΑΓΩΓΗ** 14](#_Toc94954610)

[**ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ** 16](#_Toc94954611)

[2.1 Ορισμός της Τεχνητής Νοημοσύνης 16](#_Toc94954612)

[2.2 Διαχωρισμός της Τεχνητής Νοημοσύνης σε υποκατηγορίες 17](#_Toc94954613)

[**2.2.1 Νευρωνικά Δίκτυα – Neural Networks (ποτε χρειαζεται το ΝΝ και τα υπολοιπα??)** 20](#_Toc94954614)

[**2.2.2 Βαθιά Μάθηση – Deep Learning** 21](#_Toc94954615)

[**2.2.3 Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας - NLP** 22](#_Toc94954616)

[**2.2.4 Γνωστική Υπολογιστική – Cognitive Computing** 23](#_Toc94954617)

[**2.2.5 Όραση Υπολογιστών – Computer Vision** 24](#_Toc94954618)

[**ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ** 25](#_Toc94954619)

[3.1 Τι είναι η Μηχανική Μάθηση 25](#_Toc94954620)

[3.2 Μέθοδοι Μηχανικής Μάθησης 30](#_Toc94954621)

[**ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ** 30](#_Toc94954622)

[4.1 Τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν 30](#_Toc94954623)

[4.2 Παρουσίαση του λογισμικού και των αποτελεσμάτων του 31](#_Toc94954624)

[4.2 Παρατηρήσεις 31](#_Toc94954625)

[**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ** 31](#_Toc94954626)

[5.1 Δεν το έχω σκεφτεί ακόμα 31](#_Toc94954627)

[5.2 Προοπτικές Τεχνητής Νοημοσύνης και το μέλλον της 31](#_Toc94954628)

[**Βιβλιογραφία** 35](#_Toc94954629)

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ**

**Σχήμα 1.1:** Η ιστορική εξέλιξη των αλγορίθμων **.................................................... 5**

**Σχήμα 1.2:** Καμπύλη απόκρισης **........................................................................... 7**

**Σχήμα 3.1:** Μπλοκ διάγραμμα κυκλώματος **........................................................ 14**

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

**Πίνακας 2.1:** Συγκριτικές τιμές αλγορίθμων **......................................................... 5**

**Πίνακας 3.1:** Τιμές μεταβλητών **.......................................................................... 7**

**Πίνακας 3.2:** Συγκριτικά αποτελέσματα για ν=10 **............................................... 14**

**ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ**

**AI** Artificial Intelligence

**ML** Machine Learning

**CV** Computer Vision

**NN** Neural Networks

**NLP** Natural Language Processing

**DL** Deep Learning

**CC** Cognitive Computing

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

# **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στην εποχή που ζούμε η τεχνολογία εξελίσσεται με ταχύτατους ρυθμούς δίνοντας την ευκαιρία στην αγορά να παράγει νέα προϊόντα εξελιγμένα, με νέες λειτουργίες και δυνατότητες. Πολλές νέες συσκευές, με καινούργιες και έξυπνες λειτουργίες, παράγονται σε σύντομο χρονικό διάστημα. Υπάρχει μεγάλος ανταγωνισμός στην αγορά, καθώς όλες οι εταιρείες που παράγουν τέτοιες συσκευές προσπαθούν καθημερινά να ανακαλύψουν νέους τρόπους για να γίνουν τα προϊόντα τους πιο χρήσιμα και πιο αρεστά από τον κόσμο ώστε να τα αγοράσει. Οι εφαρμογές των κινητών είχαν φτάσει ένα όριο σε θέμα λειτουργιών, το μόνο που μπορούσε να αλλάξει ήταν η πολυπλοκότητα των λειτουργιών και ο σχεδιασμός της εφαρμογής. Για να υπάρξει αλλαγή έπρεπε να συστηθεί κάτι καινούργιο που θα άλλαζε τα δεδομένα. Οπότε, το άλμα από τις απλές λειτουργίες στις έξυπνες λειτουργίες έγινε εφικτό επειδή συστήθηκε η Τεχνητή Νοημοσύνη.

Με την χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης καταφέραμε να προσθέσουμε νέες λειτουργίες οι οποίες κάνουν την χρήση των εφαρμογών πιο ευχάριστη, αλληλεπιδραστική και διασκεδαστική. Ως παράδειγμα αναφέρεται η επιρροή που έχει η Τεχνητή Νοημοσύνη στις συσκευές, μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλούς τομείς ώστε να επιτευχθούν παρόμοια αποτελέσματα. Για να επιτευχθούν αυτά τα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται μερικές από τις υποκατηγορίες της Τεχνητής Νοημοσύνης όπως η Μηχανική Μάθηση, η Όραση Υπολογιστών, η Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας, τα Νευρωνικά Δίκτυα, η Γνωστική Υπολογιστική ή η Βαθιά Μάθηση. Ανάλογα την περίπτωση χρησιμοποιείται και η κατάλληλη κατηγορία ή συνδυασμός αυτών.

Σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής είναι η παρουσίαση των παραπάνω υποκατηγοριών και η επίδειξη των δυνατοτήτων της Τεχνητής Νοημοσύνης μέσω της δημιουργίας ενός λογισμικού. Στην ουσία το λογισμικό αυτό θα χρησιμοποιεί ένα μοντέλο Μηχανικής Μάθησης το οποίο θα έχει εκπαιδευτεί με την χρήση βίντεο. Τα βίντεο θα περιέχουν την εκτέλεση ελεύθερης βολής μπάσκετ και η ελεύθερη βολή θα εκτελείται από τον συγγραφέα αυτής της διπλωματικής. Αφού εκπαιδευθεί το μοντέλο, θα χρησιμοποιείται στο λογισμικό το οποίο θα δέχεται βίντεο άλλων ανθρώπων που θα ρίχνουν και αυτοί ελεύθερη βολή ώστε να βγάλει ο αλγόριθμος ένα ποσοστό ομοιότητας. Αυτό το ποσοστό ομοιότητας σημαίνει κατά πόσο είναι «σωστή» η στάση σώματος του ανθρώπου που ρίχνει στο βίντεο την βολή σύμφωνα πάντα με την στάση σώματος του συγγραφέα της διπλωματικής. Πρόκειται για μία εφαρμογή βελτιστοποίησης αθλητικής απόδοσης όπου με την χρήση πραγματικών αθλητών θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να βελτιώσει τις επιδόσεις των αθλητών. Έπειτα θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα, οι παρατηρήσεις και πως η Τεχνητή Νοημοσύνη θα διαμορφώσει το μέλλον της ανθρωπότητας.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν θα παρουσιαστούν τα ακόλουθα:

* Ο ορισμός, τα χαρακτηριστικά, οι δυνατότητες, η χρησιμότητα και οι υποκατηγορίες στις οποίες χωρίζεται η Τεχνητή Νοημοσύνη (Κεφάλαιο 2, Τεχνητή Νοημοσύνη)
* Η έννοια και η χρησιμότητα της Μηχανικής Μάθησης, τα βήματα που απαιτούνται για την εκπαίδευση ενός μοντέλου και οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να εκπαιδευθεί ένα μοντέλο (Κεφάλαιο 3, Μηχανική Μάθηση)
* Η ανάπτυξη, ο σχεδιασμός, οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν και τα αποτελέσματα που παράχθηκαν από το μοντέλο που δημιουργήθηκε (Κεφάλαιο 4, Υλοποίηση Λογισμικού)
* Τα συμπεράσματα, οι παρατηρήσεις, οι προσδοκίες, οι αλλαγές και οι πιθανότητες για ένα πολλά υποσχόμενο μέλλον που μπορεί να μας προσφέρει η Τεχνητή Νοημοσύνη (Κεφάλαιο 5, Συμπεράσματα)

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

# **ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ**

## 2.1 Ορισμός της Τεχνητής Νοημοσύνης

Ο όρος της Τεχνητής Νοημοσύνης αρχικά συστήθηκε από τους φιλόσοφους οι οποίοι προσπάθησαν να σκεφτούν, να οραματιστούν και να περιγράψουν την διαδικασία της σκέψεις του ανθρώπου, ενσωματωμένη σε μία μηχανή []. Η συγκεκριμένη σκέψη κέντρισε το ενδιαφέρον των επιστημόνων του 20ου αιώνα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ένωση επιστημόνων από διάφορες κατευθύνσεις (μαθηματικών, ψυχολόγων, μηχανικών κλπ.) για την διερεύνηση και την προσπάθεια υλοποίησης αυτής της ιδέας [wiki/History\_of\_artificial\_intelligence, tutorialspoint.com/artificial\_intelligence]. Κάπως έτσι ξεκίνησε η ανάπτυξη της Τεχνητής Νοημοσύνης.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη ασχολείται με την αναπαραγωγή των νοητικών ικανοτήτων του ανθρώπου στις μηχανές. Ανάλογα με το πως θα προσεγγιστεί η Τεχνητή Νοημοσύνη, δηλαδή είτε με βάση την τεχνική που θα χρησιμοποιηθεί, είτε με βάση τον σκοπό που έχουμε, είτε με βάση την εφαρμογή ή είτε με βάση τις λειτουργίες που θέλουμε, ο όρος της Τεχνητής Νοημοσύνης μπορεί να αλλάξει και να γενικευθεί [RajRamesh]. Στην ουσία όμως είναι ένα σύνολο τεχνολογιών και τεχνικών που συμπληρώνουν τις νοητικές λειτουργίες των ανθρώπων. Μερικές από τις βασικές και σημαντικές νοητικές λειτουργίες του ανθρώπου είναι η δυνατότητα αναλυτικής σκέψης, η επίλυση προβλημάτων, η αυτοδιόρθωση, η ικανότητα λογικής και δημιουργικής σκέψης και η αντίληψη [wsimag, PwCUS, tutorialspoint.com/artificial\_intelligence/artificial\_intelligent\_systems]. Γενικά η υλοποίηση της αντίληψης παίζει ένα μεγάλο ρόλο για την ανάπτυξη ενός προηγμένου ευφυούς συστήματος και για την εφαρμογή μερικών δυνατοτήτων της Τεχνητής Νοημοσύνης όπως η όραση υπολογιστών και η ομιλία. Ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται και ερμηνεύει μέσω των αισθήσεων του τα διάφορα ερεθίσματα που δέχεται από το περιβάλλον. Αυτό πυροδοτεί την διαδικασία της σκέψης φτάνοντας κάποια στιγμή στην λήψη απόφασης και αντίδρασης. Με βάση τα παραπάνω, ένα ευφυές σύστημα χρειάζεται οπτικά και ακουστικά αισθητήρια μέσα σε συνδυασμό με έναν νου ο οποίος θα δέχεται και θα επεξεργάζεται τα σήματα των αισθητήριων μέσων. Έτσι, μία μηχανή θα μπορεί πρώτα να σκέφτεται και έπειτα να δρα. Ο απώτερος σκοπός είναι μέσω της ανάλυσης των δεδομένων που δέχεται (είτε από το περιβάλλον είτε από έναν προγραμματιστή) μία μηχανή να μαθαίνει, να εξελίσσεται και να προσαρμόζεται σε διάφορες καταστάσεις [RajRamesh].

Σύμφωνα με τις παραπάνω πληροφορίες και χρησιμοποιώντας την φαντασία μας, γίνονται αντιληπτές οι πιθανότητες εφαρμογής της Τεχνητής Νοημοσύνης. Αρχικά με την χρήση της, οι άνθρωποι θα έχουν περισσότερο ελεύθερο χρόνο, διότι οι δουλειές που χρειάζονται συγκεκριμένα βήματα μπορούν να υλοποιηθούν εύκολα και γρήγορα με την Τεχνητή Νοημοσύνη. Έτσι ο άνθρωπος απελευθερώνεται από αρκετές δουλειές οι οποίες χρειάζονται επαναλαμβανόμενα και συγκεκριμένα βήματα καθώς εξοικονομείται πολύτιμος χρόνος και ενέργεια [wsimag]. Εκτός από την εξοικονόμηση χρόνου και ενέργειας προσφέρει επίσης και ασφάλεια, ιδιαίτερα στα εργοστάσια και τις βιομηχανίες. Αυτό συμβαίνει διότι δεν υπάρχει η ανθρώπινη επέμβαση οπότε δεν υπάρχει περίπτωση τραυματισμού και λάθους. Ένα εύστοχο παράδειγμα της τεχνητής νοημοσύνης στην καθημερινότητα μας, είναι ο φωνητικός βοηθός (voice assistant). Οι πιο διαδεδομένοι φωνητικοί βοηθοί είναι η Cortana της Microsoft, η Siri της Apple και η Alexa της Amazon. Πρόκειται για μία έξυπνη λειτουργία που έχει προστεθεί σε πολλές συσκευές και παρέχει ακόμα ένα τρόπο αλληλεπίδρασης των ανθρώπων με τις συσκευές. Μερικές ακόμη από τις δυνατότητες της Τεχνητής Νοημοσύνης είναι η κατανόηση της ανθρώπινης ομιλίας, η κατανόηση διαφόρων γλωσσών, η δυνατότητα ομιλίας, η ρομποτική, η αναγνώριση ανθρώπων και άλλων αντικειμένων μέσω φωτογραφιών κλπ. Η λίστα των δυνατοτήτων και των εφαρμογών της Τεχνητής Νοημοσύνης συνεχίζει να αυξάνεται και να εμπλουτίζεται όσο περνάει ο καιρός καθώς προκύπτουν νέες ανάγκες και ιδέες.

## 2.2 Διαχωρισμός της Τεχνητής Νοημοσύνης σε υποκατηγορίες

Στο προηγούμενο υποκεφάλαιο έγινε μία σύντομη παρουσίαση της Τεχνητής Νοημοσύνης. Δόθηκε ο ορισμός της, εξετάστηκαν ορισμένες σύγχρονες εφαρμογές της και συζητήθηκαν μερικά από τα οφέλη της. Έχοντας κατά νου τα παραπάνω προκύπτουν νέες απορίες για αυτό τον τομέα της Επιστήμης των Υπολογιστών, όπως «Όλες αυτές οι εφαρμογές ανήκουν στην Τεχνητή Νοημοσύνη ή υπάρχουν υποκατηγορίες;», «Όλες αυτές οι λειτουργίες που είδαμε στο ορισμό της Τεχνητής Νοημοσύνης πως και πότε υλοποιούνται; Κατηγοριοποιούνται κάπως;». Σε αυτό το υποκεφάλαιο, θα απαντηθούν οι παραπάνω ερωτήσεις καθώς και πολλές άλλες που πιθανόν υπάρχουν ή έχουν προκύψει.

Έχοντας τις παραπάνω απορίες, κάποιος ίσως αναζητούσε αν υπάρχουν υποκατηγορίες της Τεχνητής Νοημοσύνης. Αναζητώντας για τις βασικότερες υποκατηγορίες της Τεχνητής Νοημοσύνης, το πρώτο σχήμα που βρέθηκε ήταν το ακόλουθο:

|  |
| --- |
| **Εικόνα 1.1:** Γενικές υποκατηγορίες της Τεχνητής Νοημοσύνης [community.intel.com] |

Είναι ένα από τα κλασσικά σχήματα τα οποία παρουσιάζουν οπτικά, μερικές από τις υποκατηγορίες της Τεχνητής Νοημοσύνης και την σχέση τους με αυτή. Παρατηρώντας την παραπάνω εικόνα αντιλαμβανόμαστε ότι η Τεχνητή Νοημοσύνη έχει μερικές υποκατηγορίες, όμως κάθε μία υποκατηγορία κατατάσσεται σε μία δικιά της κατηγορία η οποία όμως ανήκει στην Τεχνητή Νοημοσύνη. Για παράδειγμα η Μηχανική Μάθηση είναι ένας τομέας της Τεχνητής Νοημοσύνης η οποία έχει συγκεκριμένες λειτουργίες, γι’ αυτό και έχει δικό της τομέα, όμως δεν παύει να εξυπηρετεί ορισμένους από τους σκοπούς που έχει η Τεχνητή Νοημοσύνη. Όλοι οι τομείς εξειδικεύονται σε διαφορετικές λειτουργίες και έχουν διαφορετικούς στόχους όμως κάθε τομέας έχει ως σκοπό να κάνει τα υπολογιστικά συστήματά ευφυή. Με τον συνδυασμό όλων των τομέων, δημιουργείται ένα υπολογιστικό σύστημα πραγματικά ευφυές το οποίο μπορεί να μιλήσει, να καταλάβει, να σκεφτεί, να βλέπει, να αντιλαμβάνεται κλπ. (ορισμός Τεχνητής Νοημοσύνης). Η παραπάνω εικόνα όμως περιέχει μερικές από τις βασικότερες υποκατηγορίες της Τεχνητής Νοημοσύνης. Με λίγη παραπάνω έρευνα βρέθηκε η παρακάτω εικόνα η οποία περιέχει τις βασικότερες υποκατηγορίες της Τεχνητής Νοημοσύνης.



**Εικόνα 1.2:** Βασικές υποκατηγορίες της Τεχνητής Νοημοσύνης [softwaretestinghelp]

Ουσιαστικά η Τεχνητή Νοημοσύνη αποτελείται από αυτές τις έξι βασικές υποκατηγορίες οι οποίες είναι οι εξής [softwaretestinghelp]:

* Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)
* Νευρωνικά Δίκτυα (Neural Networks)
* Βαθιά Μάθηση (Deep Learning)
* Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing - NLP)
* Γνωστική Υπολογιστική (Cognitive Computing)
* Όραση Υπολογιστών (Computer Vision)

Κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες βοηθά με διαφορετικό τρόπο στην μίμηση ορισμένων διανοητικών ικανοτήτων του ανθρώπινου εγκεφάλου. Κάθε μία έχει τα δικά της χαρακτηριστικά καθώς και τις δικές της τεχνικές και λειτουργίες. Αξίζει να παρουσιαστούν και να σχολιαστούν όλες οι υποκατηγορίες για να κατανοηθούν καλύτερα οι δυνατότητες της Τεχνητής Νοημοσύνης στο σύνολο της. Θα εξαιρεθεί η Μηχανική Μάθηση καθώς το επόμενο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στην συγκεκριμένη υποκατηγορία.

### **2.2.1 Νευρωνικά Δίκτυα – Neural Networks (ποτε χρειαζεται το ΝΝ και τα υπολοιπα??)**

Η πρώτη υποκατηγορία που πρόκειται να αναλυθεί φέρει το όνομα Νευρωνικά Δίκτυα ή αλλιώς Neural Networks. Κατά την ανάπτυξη της Τεχνητής Νοημοσύνης αρκετοί επιστήμονες αναρωτήθηκαν και ασχολήθηκαν με το εξής ερώτημα, «Πώς θα μπορεί να σκέφτεται ένα υπολογιστικό σύστημα;» [/wiki/History\_of\_artificial\_intelligence]. Αυτό το ερώτημα ώθησε τους επιστήμονες στην ανακάλυψη των Νευρωνικών Δικτύων. Τα Νευρωνικά Δίκτυα αντιγράφουν τον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου εγκεφάλου [natureofcode]. Αυτός ο τομέας της Τεχνητής Νοημοσύνης μπορεί να αποκαλεστεί και «Το μυαλό της Τεχνητής Νοημοσύνης» αφού χρησιμοποιεί την νευροεπιστήμη, ένας κλάδος της βιολογίας όπου ασχολείται με την επιστημονική μελέτη του νευρικού συστήματος του ανθρώπου [softwaretestinghelp, wiki/Neural\_network#History, wiki/Neuroscience]. Συγκεκριμένα στα Νευρωνικά Δίκτυα είναι πιο σημαντική η λειτουργία του εγκεφάλου, γι’ αυτό και ασχολούνται πιο πολύ με τα νεύρα και την δομή του εγκεφάλου. Ο σκοπός των Νευρωνικών Δικτύων είναι ο προγραμματισμός νευρώνων στα υπολογιστικά συστήματα ώστε ένα σύστημα να μπορεί να λύσει προβλήματα όπως ο άνθρωπος [analyticssteps]. Δίνοντας του ένα πλήθος δεδομένων, το Νευρωνικό Δίκτυο εντοπίζει τις συσχετίσεις που μπορεί να υπάρχουν μεταξύ των δεδομένων [Simplilearn]. Με την παραγωγή των τεχνητών νευρώνων και των νευρωνικών συνάψεων, καταφέρνουμε να μιμηθούμε σε έναν βαθμό τον ανθρώπινο εγκέφαλο. Ο τεχνητός νευρώνας ονομάζεται perceptron [softwaretestinghelp, towardsdatascience], όπου στην πραγματικότητα είναι το απλούστερο νευρωνικό δίκτυο που υπάρχει περιέχοντας μόνο τρία επίπεδα, το επίπεδο των εισόδων στο οποίο τα δεδομένα εισέρχονται στο Νευρωνικό Δίκτυο, το κρυφό επίπεδο (hidden layer) όπου εκεί πραγματοποιείται η επεξεργασία των δεδομένων και το επίπεδο των εξόδων όπου αποφασίζεται από το σύστημα η έξοδος δεδομένου των εισόδων [bernardmarr]. Τέλος, τα βασικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται ένα perceptron είναι τα εξής: τις εισόδους, τα βάρη, το βεβαρημένο άθροισμα και την συνάρτηση ενεργοποίησης [softwaretestinghelp, towardsdatascience, deepai].

|  |
| --- |
| **Εικόνα 1.3:** Σχηματική αναπαράσταση του τεχνητού νευρώνα/perceptron [deepai] |

### **2.2.2 Βαθιά Μάθηση – Deep Learning**

Εφόσον αναλύθηκαν μέχρι ένα σημείο τα Νευρωνικά Δίκτυα, είναι εφικτή πλέον η ανάλυση της επόμενης υποκατηγορίας που είναι η Βαθιά Μάθηση ή αλλιώς, Deep learning. Η Βαθιά Μάθηση πέρα ότι είναι μία από τις βασικές υποκατηγορίες της Τεχνητής Νοημοσύνης, μπορεί να θεωρηθεί και ως υποκατηγορία της Μηχανικής Μάθησης σύμφωνα και με την Εικόνα 1.1. Η Μηχανική Μάθηση ουσιαστικά μαθαίνει στα υπολογιστικά συστήματα πως να μαθαίνουν από τα δεδομένα και πως να τα επεξεργάζονται, όμως με την Βαθιά Μάθηση τα υπολογιστικά συστήματα μπορούν να είναι αυτοδίδακτα [bernardmarr, rancholabs, softwaretestinghelp, javatpoint]. Δηλαδή πλέον ένας υπολογιστής μπορεί να μάθει πως να μαθαίνει και πως να επεξεργάζεται τις διάφορες πληροφορίες βάση ενός συνόλου δεδομένων αναπαράγοντας τον τρόπο που λειτουργεί ο ανθρώπινος εγκέφαλος. Η Βαθιά Μάθηση δεν μπορεί να υπάρξει χωρίς τα Νευρωνικά Δίκτυα καθώς βασίζεται στην λογική και την δομή τους [ibm, bernardmarr]. Η διαφοροποίηση που διακρίνεται μεταξύ τους είναι στο πλήθος των επιπέδων, δηλαδή ένας αλγόριθμος Βαθιάς Μάθησης χρειάζεται παραπάνω από τρία επίπεδα για να μπορέσει να λειτουργήσει άρα παραπάνω από ένα κρυφό επίπεδο [medium, bernardmarr, upgrad, softwaretestinghelp]. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε ένα Deep Neural Network, δηλαδή ένα δίκτυο διασυνδεδεμένων perceptrons χωρισμένων σε διάφορα κρυφά επίπεδα. Μόλις τα δεδομένα τροφοδοτηθούν στο δίκτυο, οι perceptrons αναλύουν και κάνουν μαθηματικές πράξεις στα δεδομένα έως ότου παραχθεί αποδεκτό αποτέλεσμα [intellipaat]. Ένα μεγάλο πλήθος δεδομένων απαιτείται για να γίνει σωστή εκπαίδευση καθώς και αρκετή υπολογιστική ισχύς [javapoint].

|  |
| --- |
| **Εικόνα 1.4:** Αναπαράστη ενός απλού Deep Neural Network [medium.com] |

### **2.2.3 Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας - NLP**

Ακολουθεί η Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας ή σε συντομία NLP. Αν παρατηρήσουμε τα κινητά του 21ου αιώνα, τα περισσότερα αν όχι όλα, διαθέτουν την λειτουργία της υπαγόρευσης κειμένου. Με αυτή την λειτουργία ο κάτοχος του κινητού μπορεί να υπαγορεύει προτάσεις και αυτές να γράφονται ως κείμενο στο κινητό. Αρκετοί θα γνωρίζουν πλέον πως η συγκεκριμένη λειτουργία έχει να κάνει με την Τεχνητή Νοημοσύνη, όμως λίγοι ξέρουν ότι για να δημιουργηθεί η λειτουργία αυτή ήταν αναγκαία η χρήση του NLP. Το NLP είναι μία υποκατηγορία της Τεχνητής Νοημοσύνης η οποία ασχολείται με την επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων και των υπολογιστών [rancholabs.medium]. Πλέον με την χρήση του NLP, τα υπολογιστικά συστήματα μπορούν να καταλαβαίνουν την γλώσσα που μιλάμε [intellipaat, softwaretestinghelp]. Η επικοινωνία με τους υπολογιστές είτε μπορεί να γίνεται με την ομιλία όπως είδαμε και με την υπαγόρευση κειμένου ή μέσω κειμένου [javatpoint]. Μια μηχανή που καταλαβαίνει τις ανθρώπινες γλώσσες σημαίνει ότι μπορεί και να αλληλεπιδράσει με ανθρώπους, χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η Siri. Η Siri είναι ένα λογισμικό το οποίο χρησιμοποιεί NLP και οι χρήστες μπορούν να την καλέσουν και να της υπαγορεύσουν κάποια εντολή ή κάποια απορία και εκείνη να τους υποδείξει την απάντηση, γι’ αυτό και ονομάζεται προσωπική βοηθός. Γνωρίζοντας αυτά, γίνεται αντιληπτό το εύρος χρήσης αυτής της υποκατηγορίας.

### **2.2.4 Γνωστική Υπολογιστική – Cognitive Computing**

Η επόμενη υποκατηγορία που πρόκειται να αναλυθεί είναι η Γνωστική Υπολογιστική (Cognitive Computing). Η επιθυμητή ιδιότητα των ρομπότ στην ζωή του ανθρώπου είναι αυτή του βοηθού. Ο σκοπός των ρομπότ πρέπει να αποσκοπεί στην καλυτέρευση της ανθρώπινης ζωής και στην βελτίωση της. Ως σύμβουλοι, τα ρομπότ μπορούν να κάνουν εξαιρετική δουλειά, καθώς δίνοντάς τους μεγάλους όγκους δεδομένων αυτά μπορούν να τα αναλύουν και να παράγουν συμπεράσματα ή λύσεις σε διάφορα θέματα, με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και ταχύτητα από ότι ένας άνθρωπος. Αυτός είναι ένας τρόπος με τον οποίο πρέπει να αξιοποιηθούν τα ρομπότ. Για να πραγματοποιηθεί αυτό το όραμα, είναι απαραίτητη η χρήση της Γνωστικής Υπολογιστικής. Η Γνωστική Υπολογιστική ασχολείται με την παραγωγή προγραμμάτων/μοντέλων (models) τα οποία αναπαράγουν την διαδικασία της ανθρώπινης σκέψης [techtarget]. Με την χρήση των μοντέλων αυτών ένα υπολογιστικό σύστημα θα μπορεί να επιλύει σύνθετα προβλήματα ακολουθώντας μια διαδικασία παρόμοια με αυτή της σκέψης [techtarget, digileaders]. Αφού βρεθούν πιθανές λύσεις, το σύστημα παρουσιάζει τις λύσεις στον άνθρωπο. Ουσιαστικά η Γνωστική Υπολογιστική έχει ως σκοπό την παροχή βοήθειας στους ανθρώπους όταν πρόκειται να πάρουν κάποια απόφαση. Για να τους βοηθήσουν, παράγουν ένα σύνολο πιθανών λύσεων και τις προτείνουν [toolbox]. Έπειτα ο άνθρωπος επιλέγει κάποια από αυτές τις λύσεις. Οι λύσεις που παράγονται, βασίζονται σε ένα μεγάλο πλήθος δεδομένων με το οποίο τροφοδοτούνται τα υπολογιστικά συστήματα. Για παράδειγμα, στην ιατρική, η Γνωστική Υπολογιστική βοηθάει τους γιατρούς και τους νοσοκόμους με την διάγνωση των ασθενών και με βάση την διάγνωση που θα γίνει, προτείνονται διάφορες θεραπείες και επιλέγεται η καταλληλότερη από τους ειδικούς [toolbox]. Με την μίμηση της διαδικασίας της ανθρώπινης σκέψης, ο άνθρωπος μπορεί να δημιουργήσει συστήματα τα οποία θα τον βοηθούν να πάρει σωστές αποφάσεις σε διάφορες καταστάσεις [towardsdatascience].

### **2.2.5 Όραση Υπολογιστών – Computer Vision**

Η τελευταία υποκατηγορία της Τεχνητής Νοημοσύνης είναι η Όραση Υπολογιστών. Για πολλά χρόνια οι επιστήμονες προσπαθούσαν να αναπτύξουν έναν τρόπο που οι υπολογιστές θα μπορούσαν να δουν και να αντιληφθούν τον χώρο γύρω τους. Μετά από χρόνια έρευνας και προσπαθειών, ανακαλύφθηκαν αρκετές τεχνικές επεξεργασίας εικόνας και σε συνδυασμό με τα Νευρωνικά Δίκτυα και την Βαθιά Μάθηση δημιουργήθηκε η Όραση Υπολογιστών [ibm.com/topics/computer-vision]. Η Όραση Υπολογιστών επιτρέπει στα υπολογιστικά συστήματα να επεξεργαστούν και να αναγνωρίσουν σε εικόνες και βίντεο, αντικείμενα/objects ακριβώς όπως ένας άνθρωπος. Tο υπολογιστικό σύστημα ερμηνεύει αυτό που βλέπει, παράγει συμπεράσματα και παίρνει αποφάσεις βάση των εικόνων που βλέπει [softwaretestinghelp, intellipaat]. Ο υπολογιστής αντιλαμβάνεται και καταλαβαίνει αυτό που βλέπει και με βάση τους κανόνες με τους οποίους έχει προγραμματιστεί, λαμβάνει τις κατάλληλες αποφάσεις, για παράδειγμα αν έχουμε σε έναν χώρο κάμερες θέλουμε σε περίπτωση που υπάρξει άνθρωπος σε έναν χώρο μετά από κάποια συγκεκριμένη ώρα τότε να ειδοποιείται η αστυνομία και ο ιδιοκτήτης του καταστήματος γιατί υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να είναι κλέφτης. Έχοντας τις εικόνες και τα βίντεο ως είσοδο, ο αλγόριθμος Όρασης Υπολογιστών καταφέρνει να εξάγει από αυτά πληροφορία με την χρήση διάφορων τεχνικών. Μερικές από τις βασικότερες τεχνικές είναι οι εξής: ανίχνευση αντικειμένων (object detection), ανίχνευση προσώπου (face detection), ανίχνευση γωνιών (corner detection), εντοπισμός αντικειμένων (object tracking), ταίριασμα προτύπων (template matching). Στην ρομποτική ανάλογα την περίπτωση, χρησιμοποιείται συχνά η Όραση Υπολογιστών. Αν θέλουμε να δημιουργηθεί ένα υπολογιστικό σύστημα το οποίο να αναγνωρίζει διάφορα αντικείμενα, χρειάζεται να έχει όραση ώστε να βλέπει το περιβάλλον του και να καταλαβαίνει τα αντικείμενα που βρίσκονται σε αυτό.

**Να βάλω εδώ αυτά που έχω σκεφτεί στο 5.**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

# **ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ**

## 3.1 Τι είναι η Μηχανική Μάθηση

Στην εποχή που ζούμε με την εξέλιξη της τεχνολογίας, το πλήθος των δεδομένων έχει αυξηθεί δραματικά και συνεχίζει να αυξάνεται καθημερινά. Η πρόκληση για τους ερευνητές ήταν να βγάλουν νόημα και συμπεράσματα από αυτή την μάζα δεδομένων. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning) [tutorialspoint.com/machine\_learning\_with\_python/machine\_learning\_with\_python\_basics]. Η Μηχανική Μάθηση είναι ένα υποπεδίο της επιστήμης των υπολογιστών με την χρήση του οποίου τα συστήματα υπολογιστών προσδίδουν νόημα στα δεδομένα. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα υποεπίπεδο της Τεχνητής Νοημοσύνης που αναγνωρίζει πρότυπα στα δεδομένα χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο [tutorialspoint.com/machine\_learning\_with\_python]. Ο κύριος στόχος της Μηχανικής Μάθησης είναι η εκπαίδευση των υπολογιστικών συστημάτων με την χρήση ενός αλγορίθμου. Όσο εκπαιδεύεται ένα υπολογιστικό σύστημα αποκτά εμπειρία. Μέσω της εμπειρίας τα υπολογιστικά συστήματα μαθαίνουν και αυτοβελτιώνονται οπότε δεν επαναπρογραμματίζονται εκ νέου, ούτε χρειάζεται να παρέμβει κάποιος άνθρωπος κατά την διάρκεια της εκπαίδευσης. Όλα εξαρτώνται από τον αλγόριθμο ο οποίος βελτιώνει την συμπεριφορά του όσο αυξάνεται η εμπειρία του [netapp, dataversity].

**Ο άνθρωπος είναι το πιο ευφυές είδος που υπάρχει αυτή την στιγμή στην Γη διότι μπορεί να λύσει σύνθετα προβλήματα, μπορεί να σκεφτεί σύνθετα πράγματα, να κατανοήσει σύνθετες έννοιες και να μάθει από την καθημερινότητα του. Αφού ο άνθρωπος είναι το εξυπνότερο είδος, γιατί είναι αναγκαία η εκπαίδευση των υπολογιστικών συστημάτων; Γιατί ο άνθρωπος χρειάζεται πολύ χρόνο για να επεξεργαστεί αυτό το πλήθος δεδομένων που παράγονται καθημερινά [tutorialspoint.com/machine\_learning\_with\_python/machine\_learning\_with\_python\_basics]. Με την Μηχανική Μάθηση ο προγραμματιστής μπορεί να εισάγει στον αλγόριθμο ένα μεγάλο πλήθος δεδομένων. Έπειτα ο αλγόριθμος αναλύει τα δεδομένα, παράγει προβλέψεις και παίρνει αποφάσεις με βάση τα δεδομένα εισόδου. Σε περίπτωση που παρατηρηθεί κάποιο σφάλμα τότε είναι εφικτό να διορθωθεί και να ενσωματωθεί στον αλγόριθμο αυτή η πληροφορία ώστε να βελτιωθεί η ικανότητα λήψης αποφάσεων του αλγορίθμου [netapp.com/artificial-intelligence/what-is-machine-learning/]. Άρα, στόχος της Μηχανικής Μάθησης είναι η αποτελεσματική επίλυση προβλημάτων μεγάλης κλίμακας, η αυτοματοποίηση διάφορων καθημερινών εργασιών, η διευκόλυνση και η καλυτέρευση της ζωής του ανθρώπου.**

**Τα τελευταία χρόνια, με βάση έρευνες, ο όγκος των δεδομένων έχει αυξηθεί εκθετικά. Το 2020 εκτιμάται ότι κάθε άνθρωπος παρήγαγε 1.7 ΜΒ (MegaBytes) σε ένα δευτερόλεπτο και εκτιμάται ότι το πλήθος των δεδομένων που παράγονται στο διαδίκτυο ημερησίως αγγίζει τα 2.5 Quintillion Bytes [understanding-generation-data, techjury, the-tech-trend]! Από αυτά γίνεται κατανοητό ότι έχει αυξηθεί δραματικά το πλήθος των χρηστών που χρησιμοποιούν το διαδίκτυο, καθώς και οι υπηρεσίες και οι εφαρμογές που βρίσκονται σε αυτό. Για την ακρίβεια, 4.71 δισεκατομμύρια είναι το πλήθος των χρηστών που είναι συνδεδεμένοι καθημερινά στο διαδίκτυο. Επίσης έχει αυξηθεί ο χρόνος που καταναλώνουν οι χρήστες στο διαδίκτυο, όπου πλέον ο μέσος χρήστης καταναλώνει 7 ώρες την ημέρα πλοηγώντας στο διαδίκτυο και συγκεκριμένα οι περισσότεροι από τους χρήστες χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο τους [understanding-generation-data, techjury, the-tech-trend]. Φαίνεται ότι οι άνθρωποι την τωρινή εποχή αναζητούν συνέχεια και θέλουν να μάθουν πράγματα, θέλουν πληροφορία. Αυτό φαίνεται από το πλήθος των αναζητήσεων που γίνονται καθημερινά όπου σύμφωνα με την Google παράγονται 3.5 δισεκατομμύρια αναζητήσεις την ημέρα [understanding-generation-data, seedscientific]. Επιπρόσθετα, την ίδια χρονολογία εκτιμάται ότι το μέγεθος της κίνησης του διαδικτύου ήταν μεγαλύτερη από 3 Zettabytes δηλαδή 3 τρισεκατομμύρια GB (GigaBytes) και μέχρι το 2022 η κίνηση του διαδικτύου προβλέπεται ότι θα έχει αυξηθεί κατά 50% συγκριτικά με την κίνηση του διαδικτύου το 2020 [worldbank]. Στην επομένη εικόνα φαίνεται η άνοδος της παγκόσμιας κίνησης του διαδικτύου τα τελευταία 30 χρόνια.**

|  |
| --- |
| **Εικόνα 1.4:** Η κίνηση του διαδικτύου τα τελευταία 30 χρόνια [worldbank] |

**Όπως είδαμε, τα τελευταία χρόνια το πλήθος των δεδομένων και η κίνηση του διαδικτύου έχουν αυξηθεί δραματικά και θα συνεχίσουν να αυξάνονται. Αυτό το μεγάλο πλήθος των δεδομένων αποθηκεύεται και το μεγαλύτερο ποσοστό τους μένει ανεκμετάλλευτο ενώ θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί προς όφελος μας. Είναι αδύνατο όλα αυτά τα δεδομένα να μπορέσει να τα διαχειριστεί ο άνθρωπος, ειδικά με την ταχύτητα που παράγονται πλέον. Έχοντας αυτό το πρόβλημα, έγινε αναζήτηση για έναν τρόπο που θα βοηθήσει τον άνθρωπο σε αυτό το έργο. Η λύση βρέθηκε και ήταν τα έξυπνα υπολογιστικά συστήματα.**

Προκειμένου τα υπολογιστικά συστήματα να αποκαλούνται έξυπνα, χρειάζονται ένα μοντέλο. Ένα μοντέλο δημιουργείται μέσω της εκπαίδευσης, δηλαδή με βάση ορισμένα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί και σε συνδυασμό με την επιλογή ενός αλγορίθμου μηχανικής μάθησης, παράγεται ένα μοντέλο. Έπειτα με την χρήση αυτού του μοντέλου, είναι εφικτή η πρόβλεψη των αποτελεσμάτων και η παραγωγή συμπερασμάτων που έχουν ως σκοπό την βελτιστοποίηση. Όμως, για να είναι εφικτή η έγκυρη πρόβλεψη των αποτελεσμάτων πρέπει πρώτα να ακολουθηθούν ορισμένα βήματα τα οποία θα διασφαλίσουν την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Τα βήματα εκπαίδευσης ενός μοντέλου είναι τα εξής: συλλογή των δεδομένων, προετοιμασία των δεδομένων, επιλογή αλγορίθμου, εκπαίδευση του μοντέλου, αξιολόγηση του μοντέλου, ρύθμιση απόδοσης και παραγωγή προβλέψεων [GoogleCloudTech, DataMagic].

Το πρώτο βήμα είναι η συλλογή των δεδομένων η οποία είναι εξαιρετικά σημαντική. Η ακρίβεια και η αξιοπιστία του μοντέλου που πρόκειται να παραχθεί εξαρτάται από τα δεδομένα από τα οποία εκπαιδεύεται. Επίσης όσα περισσότερα δεδομένα έχουμε τόσο καλύτερες προβλέψεις θα παράγονται. Επομένως, πρέπει να δοθεί μεγάλη έμφαση στην ποσότητα και την ποιότητα των δεδομένων [GoogleCloudTech, DataMagic].

Έπειτα ακολουθεί η προετοιμασία των δεδομένων όπου τα δεδομένα τοποθετούνται σε ένα σημείο όπου μπορεί να τα αντλήσει ο αλγόριθμος, για παράδειγμα μία βάση δεδομένων. Αφού τοποθετηθούν τα δεδομένα στο σημείο αυτό, αλλάζουμε την σειρά τους ώστε να αποφύγουμε την επανάληψη κάποιου μοτίβου. Επίσης πρέπει να συλλεχθεί ίδιο πλήθος δεδομένων για κάθε κατηγορία. Για παράδειγμα, για να δημιουργηθεί ένα μοντέλο το οποίο αναγνωρίζει το γιασεμί και το νυχτολούλουδο πρέπει να εισάγουμε στο μοντέλο ίδιο πλήθος φωτογραφιών και για τα δύο είδη λουλουδιών ώστε να μην αναγνωρίζει την μία κατηγορία περισσότερο από την άλλη. Τέλος, τα δεδομένα χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, δεδομένα για εκπαίδευση και δεδομένα για αξιολόγηση. Αν χρησιμοποιηθούν όλα τα δεδομένα για την εκπαίδευση του μοντέλου τότε δεν θα είναι εφικτή η αντικειμενική αξιολόγηση του μοντέλου, γι’ αυτό τα δεδομένα χωρίζονται στις παραπάνω κατηγορίες με την χρήση μίας αναλογίας (π.χ. 80/20) [GoogleCloudTech, DataMagic].

Αφού συλλεχθούν και προετοιμαστούν τα δεδομένα, το επόμενο βήμα είναι η επιλογή του αλγορίθμου. Ανάλογα με τον τύπο των δεδομένων που έχουμε επιλέγουμε και τον αλγόριθμο που θα χρησιμοποιηθεί κατά την εκπαίδευση, για παράδειγμα υπάρχουν αλγόριθμοι που παράγουν καλύτερα μοντέλα για αριθμητικά δεδομένα, υπάρχουν αλγόριθμοι που παράγουν καλύτερα μοντέλα όταν έχουμε ως δεδομένα εικόνες κ.ο.κ. Επίσης παίζει σημαντικό ρόλο το πλήθος των χαρακτηριστικών που θα χρησιμοποιηθούν κατά την εκπαίδευση, για παράδειγμα τα πέταλα του γιασεμιού έχουν άσπρο χρώμα ενώ του νυχτολούλουδου έχουν φούξια χρώμα [GoogleCloudTech, DataMagic].

Κατά την εκπαίδευση του μοντέλου αφού τα δεδομένα έχουν επεξεργαστεί και έχουν διαχωριστεί σε κατηγορίες, δεδομένα για εκπαίδευση και δεδομένα για αξιολόγηση, πλέον ο αλγόριθμος παίρνει τα δεδομένα για εκπαίδευση και μαθαίνει με βάση τα χαρακτηριστικά του κάθε είδους. Δηλαδή, έχοντας τα χαρακτηριστικά του γιασεμιού και του νυχτολούλουδου ο αλγόριθμος πλέον καταλαβαίνει και μαθαίνει ποια είναι τα χαρακτηριστικά του γιασεμιού και ποια του νυχτολούλουδου οπότε πλέον μπορεί να κάνει τον διαχωρισμό μεταξύ αυτών των δύο ειδών [GoogleCloudTech, DataMagic].

Μετά την εκπαίδευση του μοντέλου πρέπει να μάθουμε την ακρίβεια του, γι’ αυτό και είναι σημαντική η αξιολόγηση του μοντέλου. Για να μάθουμε την ακρίβεια του πρέπει να γίνει χρήση της δεύτερης κατηγορίας δεδομένων, δηλαδή των δεδομένων για αξιολόγηση. Έτσι γίνεται αντιληπτό πόσο καλά έχει εκπαιδευθεί το μοντέλο βάση των δεδομένων για εκπαίδευση και τις τιμές που έχουν δοθεί στις παραμέτρους του αλγορίθμου [GoogleCloudTech, DataMagic].

Σε περίπτωση που ο αλγόριθμος δεν παράγει τα επιθυμητά αποτελέσματα πρέπει να γίνουν αλλαγές ώστε να αυξηθεί η απόδοση του. Αυτό το βήμα ονομάζεται ρύθμιση απόδοσης. Ουσιαστικά, πρέπει είτε να ελεγχθούν τα δεδομένα εκπαίδευσης ξανά ή να αλλαχθούν οι τιμές των παραμέτρων του αλγορίθμου. Όσο για την δεύτερη περίπτωση, υπάρχουν μεταβλητές οι οποίες ελέγχουν την διαδικασία μάθησης του μοντέλου, για παράδειγμα σε έναν αλγόριθμο συσταδοποίησης επιλέγεται το πλήθος των συστάδων που θα χωριστούν τα δεδομένα. Γενικά αυτές οι παράμετροι επηρεάζουν την διαδικασία μάθησης και η ρύθμιση τους αποτελεί πειραματική διαδικασία καθώς κάθε σύνολο δεδομένων έχει διαφορετικές ανάγκες, οπότε η προσαρμογή είναι ένα πολύ βασικό χαρακτηριστικό για την δημιουργία ακριβών και αξιόπιστων μοντέλων [[GoogleCloudTech, DataMagic, Hyperparameter\_(machine\_learning), riskspan].

Τέλος, αφού η απόδοση του μοντέλου είναι υψηλή μένει η παραγωγή προβλέψεων. Σε αυτό το βήμα πλέον ο αλγόριθμος θεωρείται αξιόπιστος οπότε του δίνονται νέα δεδομένα και παράγονται προβλέψεις, δηλαδή πλέον αν δοθεί στο μοντέλο μία φωτογραφία γιασεμιού ως είσοδος τότε το μοντέλο θα αναγνωρίσει ότι είναι γιασεμί, αντίστοιχα θα γίνει το ίδιο και στην περίπτωση που δοθούν ως είσοδοι φωτογραφίες του νυχτολούλουδου [GoogleCloudTech, DataMagic].

Εν κατακλείδι, παρατηρώντας την διαδικασία εκμάθησης και παραγωγής ενός μοντέλου Μηχανικής Μάθησης, γίνεται αντιληπτό ότι πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην ποιότητα των δεδομένων. Αν δεν έχουμε τα επιθυμητά δεδομένα τότε είναι δύσκολο να παραχθεί ένα αξιόπιστο μοντέλο.

## 3.2 Μέθοδοι Μηχανικής Μάθησης

Κατά καιρούς και από διάφορα εκπαιδευτικά ιδρύματα έχουν αναπτυχθεί πρότυπα συγγραφής διπλωματικών εργασιών.

Google scholar

<https://www.analyticssteps.com/blogs/what-are-different-types-learning-machine-learning>

<https://www.tutorialspoint.com/machine_learning_with_python/machine_learning_with_python_types_of_learning.htm>

<https://towardsdatascience.com/what-are-the-types-of-machine-learning-e2b9e5d1756f>

<https://www.geeksforgeeks.org/ml-types-learning-supervised-learning/?ref=lbp>

<https://www.geeksforgeeks.org/ml-types-learning-part-2/?ref=lbp>

<https://www.javatpoint.com/types-of-machine-learning>

<https://www.tutorialspoint.com/machine_learning_with_python/machine_learning_with_python_methods.htm>

<https://machinelearningmastery.com/types-of-learning-in-machine-learning/> Απλά διάβασε το και συμπλήρωσε στο word αν υπάρχουν ελλείψεις.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

# **ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ**

## 4.1 Τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν

## 4.2 Παρουσίαση του λογισμικού και των αποτελεσμάτων του

## 4.2 Παρατηρήσεις

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

# **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

## 5.1 Δεν το έχω σκεφτεί ακόμα

**Κεφάλαιο 5**

On average, only [50%](https://bi-survey.com/used-information) of organizational data is used every day to make decisions. (να ασχοληθώ με αυτό στο κεφάλαιο 5)

## 5.2 Προοπτικές Τεχνητής Νοημοσύνης και το μέλλον της

In the future, these robots could help humans at work and in daily living, performing tasks that are dangerous for humans and assisting in medicine, caregiving, security, building and industry.

AI has many advantages: reduction in human error, risk-taking in place of humans, 24/7 availability, help in repetitive jobs, digital assistance and faster decision-taking.

If coded properly, AI would have a lower error rate than humans. It would have incredible precision, accuracy and speed, and would not be affected by hostile environments, thus able to complete dangerous tasks, explore in space and endure problems that would injure or kill people.

We can expect a totally different future for healthcare, with operations being performed by a robot surgeon. A physical surgeon will only be a spectator. Nanotechnology engineers have 3D-printed a lifelike functional blood vessel network that could pave the way towards artificial organs and regenerative therapies.

Social robots can be used in health and educational systems to support therapists and can be programmed to practise vocabulary with children.

Criminal justice algorithms could have a function in supporting the rule of law in the criminal justice system. AI could be used to predict crime and, thanks to AI, we will see judgments from which human bias and the emotional way of thinking of judges have been removed.

Smart weather forecasting has given us a much-needed insight into extreme climatic events and AI has aptly demonstrated its indispensability in analysing smart disaster responses.

Policy and regulatory frameworks for AI remain at an initial, formative stage. Key policy questions that have arisen relate to:

* Use, accuracy and methods used by AI tools, including in relation to humans, including the development of bias in machine learning models and the data used to train them;
* Accountability and responsibility accompanying the use of AI models;
* Purposes for which they are used; as well as
* Datasets used to train them, and the methods used to collect (or 'scrape') data.

Major questions arise in relation to the **quality and representativeness of the datasets** that have been used to train AI. Researchers are also working to improve the accuracy of software tools and algorithms, amid concerns they magnify racial and socioeconomic biases. For example, while the COVID-19 pandemic has, in many countries, disproportionately affected minorities, AI-based prediction models may not always include other relevant health disparities and thus may not always correctly assess risks for each person or group.

**Data ownership**has emerged as a major issue. Data must be continually aggregated to help keep every model valid, accurate and effective in predicting outcomes. There is an increasing proliferation of **deep fakes**(e.g. convincing programmed videos of high-profile personalities saying or doing things the video creator has requested)andother **AI-generated materials**. Indeed, deep fake technologies have been used to generate misleading videos in the mainstream media, as well as to animate photos of long-dead celebrities. Aside from crucial ethical questions about use and accuracy, who owns the copyright to these “new" works?

**AI has extraordinary potential to act as a force for good. However, considerable challenges persist:**

1. **Fundamental trust and the transparency of models:** It is frequently unclear how deep learning models arrive at their conclusion and the models may be opaque and not very transparent. Depending on the purpose, although researchers want AI to make accurate predictions, some researchers may still prefer simple yet explainable AI models to more accurate, but more opaque models. Some people are willing to 'trust' machines with complex systems and tough decisions, while others may fundamentally prefer to retain some degree of human involvement.
2. **Bias:** While AI can be used for extremely useful purposes, it can also inadvertently generate poor or inappropriate purposes or unintended outcomes. There is growing concern about issues of racial, disability and gender bias in AI and machine learning algorithms, and their wider impact on society at large. The accuracy of an AI ML model depends on the quality and the amount of data that an AI model is trained on. In real life, data is often poorly labelled. Standardization of data sets is needed. Data are also often biased. Training courses on the ethical applications of AI are needed, and not just for computer engineering students.
3. **Data availability and ownership:** Getting data is very difficult. Best practices need to be defined under which circumstances data can be made available and to whom, whilst respecting ownership and explicit promises of confidentiality for certain types of data.
4. **Data privacy and security:**Security breaches due to cyber-attacks can have horrific consequences. Techniques such as federated learning can reduce the risks by enabling AI models to be trained across devices that hold data locally, without exchanging them,  while privacy-preserving technologies help ensure personal data protection.
5. **Limited know-how:** AI can tackle many problems, but there is only a limited pool of experts who know how to apply AI ethically. Many researchers point to the need to involve sociologists and policy-makers in discussions, rather than assume that AI designed by a narrow pool of 'technologists', computer engineers and data scientists will be used ethically. Education is key to learn about the responsible use of AI.
6. **Equitable uses of AI:** AI research is computationally intensive. Unequal access to computing power and to data deepens the divide between a few companies and elite universities which do have resources, and the rest of the world which does not.

The use of AI tools and techniques is driving new opportunities across many diverse domains.

The Alexa virtual assistant developed by Amazon is learning faster than any other assistant, and can also control several smart devices, using itself as a home automation system. Alexa will typically take a few weeks to learn its owner’s habits using their smart home devices. Using AI technology in the cloud, Alexa builds up a picture of its owners' routines, paying attention to the time of day, weather patterns and even the changing of the season.

Powerful solutions and the capabilities of Artificial Intelligence are developing very rapidly, and AI systems have the ability to understand human emotions and respond to them.

Hanson Robotic's most advanced human-like robot Sophia personifies people’s dreams for the future of AI. Sofia is also a framework for cutting edge robotics and AI research, particularly for understanding human-robot interactions and their potential service and entertainment applications.

Developments in AI are closely tied to data policies, including data protection and privacy legislation.

<https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/artificial-intelligence-for-good.aspx>

In **healthcare** for SDG3, AI is being used to help offer remote health checks and follow-up tools. AI can analyse large amounts of data to bring together insights from across large populations of patients, improving diagnosis and predictive analysis. AI has been applied with some success to models for diagnosing COVID from lung scans and imagery, or to diagnosing the 'COVID' cough from other types of coughs. AI and big data have the potential to improve healthcare systems by optimizing workflows in hospitals, providing more accurate diagnoses, optimizing clinical decision-making and bringing better treatments and higher-quality care at a lower cost.

1. In **education** for SDG4, AI is being used to monitor pupils' attention or to carry out emotional surveillance to determine how comfortable children are learning certain subjects, identifying students who are struggling before their test results become available. In many countries, AI is being used to develop personalized testing tools, to identify areas of weakness and help students improve.
2. In **finance**, AI commonly provides insights and assistance with accounting and investment work, including automating routine tasks and uncovering new data patterns that could help with micro-investments to combat poverty (SDG1) or introduce new financial services and infrastructure (SDG9).
3. In **manufacturing**, industry and sustainable economic growth (SDG8), the use of automation, fifth generation (5G) mobile telephony, the Internet of Things (IoT) and more extensive robotics has transformed factories, supply depots and warehouses throughout Asia and Europe and the Americas, enabling more efficient and effective manufacturing, production and distribution.
4. Online **translation and publishing**software has transformed online publishing, media, and the distribution of text and materials, including books and websites. Many industries now employ chatbots and intelligent assistants to cope with routine customer queries and concerns.
5. In **transport**, AI is helping facilitate fully autonomous vehicles and autonomous driving systems (ADS), which steadily improve their driving and navigation skills through self-learning programs, as well as for real-time traffic management through urban spaces.
6. In **agriculture**, AI can be used for farm management and predictive analytics based on data from crop, soil, and weather monitoring to support decision-making and to optimize the use of resources (water, fertilizers, etc.). It can help detect pests and diseases by analysing images of plants and data on the behaviour of livestock. Agricultural robots and automation are saving labour in many resource-consuming tasks.

The latest developments in Artificial Intelligence are chatbots, smart cars and IoT devices. The healthcare, banking, logistics and travel sectors all use Artificial Intelligence to provide a superior experience.

The best examples of AI in daily life are travel navigation, smart home devices, smartphones, drones and smart cars. Tesla electric cars are a prime example of how Artificial Intelligence is impacting people’s daily lives, while companies like Amazon and Walmart are investing heavily in drone delivery programs.

the computers will become capable of delivering logical responses towards human speech or query.

The finance industry is using AI to analyse data to find the best avenues for investing money. Banking and the finance industry rely heavily on Artificial Intelligence, taking full advantage of this technology in customer service, fraud protection and more. A simple example is the automated email that a person receives from the bank whenever an out of the ordinary transaction is made.

<https://www.protothema.gr/technology/article/1143691/gia-proti-fora-vouvos-borei-na-milisei-hari-stin-tehniti-noimosuni/>

<https://www.brookings.edu/research/how-artificial-intelligence-is-transforming-the-world/>

<https://intellipaat.com/blog/what-is-artificial-intelligence/>

# **Βιβλιογραφία**

1. σδσδσδσδσδσδσδσδ

Checked Πηγές

<https://www.netapp.com/artificial-intelligence/what-is-machine-learning/>

[https://www.dataversity.net/a-brief-history-of-machine-learning/#](https://www.dataversity.net/a-brief-history-of-machine-learning/)

<https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_artificial_intelligence>

<https://wsimag.com/science-and-technology/64215-artificial-intelligence-has-changed-our-world>

<https://www.youtube.com/watch?v=nKW8Ndu7Mjw&ab_channel=GoogleCloudTech>

<https://www.kdnuggets.com/2020/05/guide-choose-right-machine-learning-algorithm.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=GyrhVZnKM00&ab_channel=DataMagic>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Hyperparameter_(machine_learning)>

<https://riskspan.com/tuning-machine-learning-models/>

<https://searchenterpriseai.techtarget.com/feature/How-to-build-a-machine-learning-model-in-7-steps>

<https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/artificial-intelligence-for-good.aspx>

<https://www.youtube.com/watch?v=JEX2BoScTFY&ab_channel=PwCUS>

<https://www.intel.la/content/www/xl/es/artificial-intelligence/posts/difference-between-ai-machine-learning-deep-learning.html>

<https://www.tutorialspoint.com/machine_learning_with_python/index.htm>

<https://www.tutorialspoint.com/machine_learning_with_python/machine_learning_with_python_basics.htm>

<https://deepai.org/machine-learning-glossary-and-terms/perceptron>

Sources A.I.

<https://www.youtube.com/watch?v=2ePf9rue1Ao&t=2s&ab_channel=RajRamesh>

<https://www.youtube.com/watch?v=JEX2BoScTFY&ab_channel=PwCUS>

<https://wsimag.com/science-and-technology/64215-artificial-intelligence-has-changed-our-world>

<https://www.tutorialspoint.com/artificial_intelligence/artificial_intelligence_overview.htm>

<https://www.tutorialspoint.com/artificial_intelligence/artificial_intelligent_systems.htm>

Sources NN

<https://www.softwaretestinghelp.com/what-is-artificial-intelligence/>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Neural_network#History>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuroscience>

<https://towardsdatascience.com/what-the-hell-is-perceptron-626217814f53>

<https://www.analyticssteps.com/blogs/6-major-branches-artificial-intelligence-ai>

<https://natureofcode.com/book/chapter-10-neural-networks/>

<https://www.youtube.com/watch?v=bfmFfD2RIcg&ab_channel=Simplilearn>

<https://deepai.org/machine-learning-glossary-and-terms/perceptron>

Sources Deep Learning

<https://www.ibm.com/cloud/blog/ai-vs-machine-learning-vs-deep-learning-vs-neural-networks>

<https://www.softwaretestinghelp.com/what-is-artificial-intelligence/#2_Deep_learning>

<https://www.javatpoint.com/subsets-of-ai>

<https://intellipaat.com/blog/what-is-artificial-intelligence/>

<https://www.upgrad.com/blog/deep-learning-vs-neural-networks-difference-between-deep-learning-and-neural-networks/#What_is_the_difference_between_Deep_Learning_and_Machine_Learning>

<https://bernardmarr.com/deep-learning-vs-neural-networks-whats-the-difference/>

<https://medium.com/swlh/what-is-deep-learning-b2cd80911cbc>

<https://rancholabs.medium.com/6-major-sub-fields-of-artificial-intelligence-77f6a5b28109>

Cognitive Computing

<https://digileaders.com/ai-and-cognitive-computing/>

<https://www.toolbox.com/tech/artificial-intelligence/articles/cognitive-computing-vs-ai/>

<https://www.youtube.com/watch?v=Zsl7ttA9Kcg&ab_channel=edureka%21>

<https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/cognitive-computing>

<https://towardsdatascience.com/what-is-cognitive-computing-how-are-enterprises-benefitting-from-cognitive-technology-6441d0c9067b>

CV sources

<https://www.ibm.com/topics/computer-vision>

<https://www.softwaretestinghelp.com/what-is-artificial-intelligence/#5_Natural_Language_Processing>

<https://intellipaat.com/blog/what-is-artificial-intelligence/>

<https://medium.com/@neha49712/artificial-intelligence-and-its-sub-fields-a5a63d8263e8>

<https://www.softwaretestinghelp.com/what-is-artificial-intelligence/>

ML Sources

<https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/08/02/understanding-generation-data/?sh=295ddb3136b7>

<https://seedscientific.com/how-much-data-is-created-every-day/>

<https://the-tech-trend.com/reviews/how-much-data-is-produced-every-day/>

<https://techjury.net/blog/how-much-data-is-created-every-day/#gref>

<https://wdr2021.worldbank.org/stories/crossing-borders/>