

**Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Σχολή Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών
Τμήμα Πολιτικής Επιστήμης και Διεθνών Σχέσεων**

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Διακυβέρνηση και Δημόσιες Πολιτικές»**

**Η τεχνητή νοημοσύνη στην Ευρωπαϊκή Ένωση.
Από τη θεωρία των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων
στην πράξη**

Αλεξάνδρα Παπαναστασοπούλου

Κόρινθος, Σεπτέμβριος 2020

**University of Peloponnese
Faculty of Social and Political Sciences)
Department of Political Studies and International Relations**

**Master Program in
“Governance and Public Policies”**

**Artificial Intelligence in European Union
From theory of Artificial Neural Networks to practice**

Alexandra Papanastasopoulou

Corinth, September 2020

Η τεχνητή νοημοσύνη στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Από την θεωρία των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων στην πράξη

Σημαντικοί Όροι: Τεχνητή Νοημοσύνη, Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, Ευρωπαϊκή Πολιτική

Περίληψη

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι η ικανότητα για μάθηση και κρίση με σκοπό την πρόβλεψη, την ταξινόμηση ή την προτυποποίηση δεδομένων. Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα έχουν δανειστεί τον τρόπο λειτουργίας τους από τη λειτουργία του ανθρώπινου μυαλού έχοντας την ικανότητα να προβλέπουν την εξέλιξη των τιμών σε διάφορους τομείς, όπως η οικονομία, η διοίκηση επιχειρήσεων κ.ά.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει επικεντρώσει την προσπάθειά της στο να καταστεί ηγέτιδα δύναμη στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης, διασφαλίζοντας παράλληλα την ίση μεταχείριση, τον ανταγωνισμό και την αποφυγή στερεότυπων αντιλήψεων. Η προσπάθεια επικεντρώνεται στην προώθηση της συνεργασίας και τον συντονισμό των κρατών μελών ως προς την έρευνα, τις επενδύσεις, την κοινωνική και περιβαλλοντική ευημερία και την αξιοποίηση δεδομένων. Από τη συγκεκριμένη πολιτική αναμένονται σημαντικά οφέλη για την οικονομία και το κοινωνικό σύνολο. Παρά τα σημαντικά προβλήματα και ρίσκα που υπάρχουν τα οφέλη για τις επιχειρήσεις, τους πολίτες και τα κράτη υπερτερούν σημαντικά.

Artificial Intelligence in European Union From theory of Artificial Neural Networks to practice

Keywords: Artificial Intelligence, Artificial Neural Networks, European Policies

Abstract

Artificial Intelligence (AI) refers to the ability to learn and judge in order to predict, classify and standardize data. Artificial Neural Networks (ANN) have borrowed their structure and components from human brain. They can implement many predictions such as price evolution in various sectors (economy, business administration etc.).

The European Union has focused its efforts to lead in the field of AI, ensuring equal treatment, fair competition and avoidance of cultural stereotypes. It tries to promote cooperation and coordination between Member States on research, investments, social prosperity and data utilization. EU expects significant benefits for the economy and society, thus despite the potential risks, the benefits for businesses, citizens and the State are more important.

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

Με την παρούσα δήλωση:

1. Δηλώνω ρητά και ανεπιφύλακτα ότι η διπλωματική εργασία που σας καταθέτω αποτελεί προϊόν δικής μου πνευματικής προσπάθειας, δεν παραβιάζει τα δικαιώματα τρίτων μερών και ακολουθεί τα διεθνώς αναγνωρισμένα πρότυπα επιστημονικής συγγραφής, τηρώντας πιστά την ακαδημαϊκή δεοντολογία.
2. Οι απόψεις που εκφράζονται αποτελούν αποκλειστικά ευθύνη του/ης συγγραφέα/ως και ο/η επιβλέπων/ουσα, οι εξεταστές, το Τμήμα και το Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου δεν υιοθετούν κατ' ανάγκη τις εκφραζόμενες απόψεις ούτε φέρουν οποιαδήποτε ευθύνη για τυχόν λάθη και παραλείψεις.

Η δηλούσα

Αλεξάνδρα Παπαναστασοπούλου
(Υπογραφή)

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	8
	1.1 Ορισμός της τεχνητής νοημοσύνης	10
	1.2 Η εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης	11
2	Μοντέλα λήψης αποφάσεων – Τα τεχνητά νευρωνικά Δίκτυα	13
	2.1 Γενικά περί Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων	13
	2.2 Μοντέλα τεχνητού νευρώνα πρόσθιας τροφοδότησης	18
	2.3 Άλλα μοντέλα	21
	2.4 Επιδόσεις των μοντέλων	23
3	Η λήψη αποφάσεων με τη χρήση των τεχνητών νευρωνικών δικτύων	24
	3.1 Εφαρμογές στην οικονομία	24
	3.2 Εφαρμογές στη διοίκηση	25
	3.3 Εφαρμογές στη λήψη αποφάσεων	26
	3.4 Εφαρμογές στη διοίκηση έργων και προγραμμάτων	27
	3.5 Εφαρμογές στην υγεία	29
4	Η Ευρωπαϊκή Πολιτική για την τεχνητή νοημοσύνη	30
	4.1 Βασικοί στόχοι της Ευρωπαϊκής Πολιτικής	30
	4.2 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ε.Ε.	32
5	Κοινωνικοπολιτικά οφέλη και ρίσκα	34
	5.1 Τα οφέλη της τεχνητής νοημοσύνης	34
	5.2 Η διακινδύνευση της τεχνητής νοημοσύνης	36
	5.3 Ζητήματα Δημοκρατίας και ανθρωπίνων δικαιωμάτων	36
6	Συμπεράσματα – Επίλογος	39
7	Βιβλιογραφία	41

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Αρ. Διαγρ.	Τίτλος Διαγράμματος	Σελίδα
1.1	Το προφίλ των εταιρειών που χρησιμοποιούν την Τεχνητή Νοημοσύνη	9
1.2	Απλοποιημένο μοντέλο του ανθρώπινου νου	10
1.3	Η εξέλιξη των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων	12
2.1	Σύγκριση της λειτουργίας των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων με τα Νευρωνικά Δίκτυα του εγκεφάλου	13
2.2	Συνήθης τοπολογία Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων	14
2.3	Συνοπτική αναπαράσταση της διαδικασίας της μάθησης του τεχνητού νευρώνα	16
2.4	Το παράδειγμα της οπτικής αναγνώρισης γραμμάτων	17
2.5	Συνάρτηση αθροίσματος και συνάρτηση μεταφοράς	19
2.6	Το μοντέλο τεχνητού νευρώνα πρόσθιας τροφοδότησης	19
2.7	Τοπολογία ανάστροφης μετάδοσης λάθους (Backpropagation)	20
2.8	Τοπολογία δικτύου Hopfield	21
2.9	Τοπολογία δικτύου Kohonen	22

1 Εισαγωγή

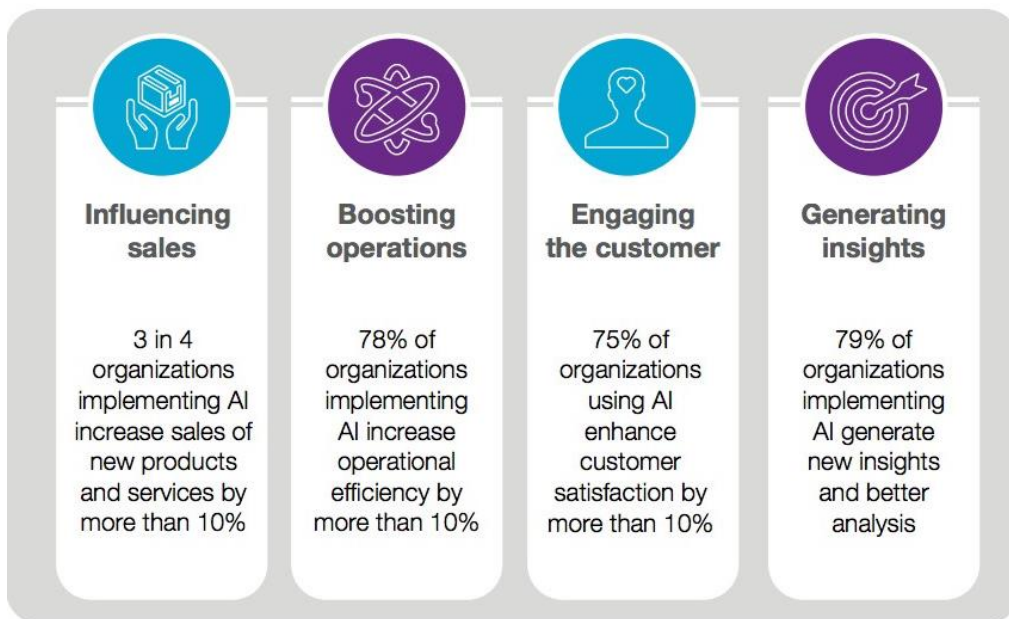
Τα τελευταία χρόνια με την ανάπτυξη και την ραγδαία εξέλιξη της πληροφορικής η συζήτηση για τη μηχανική μάθηση και την τεχνητή νοημοσύνη έχει απασχολήσει τους ερευνητές πολλών επιστημονικών κλάδων. Η τάση για συστηματοποίηση εργασιών και ανάθεση λήψης αποφάσεων σε υπολογιστές έχει προκαλέσει πολλές συζητήσεις και ανησυχίες. Είναι σωστό άραγε οι μηχανές να αποφασίζουν για σημαντικά ή ασήμαντα πράγματα αντί των ανθρώπων; Πόσο ορθολογικές είναι οι αποφάσεις που λαμβάνουν και πόσο σίγουροι είμαστε για το εάν οι αποφάσεις αυτές συμβαδίζουν με τα χρηστά ήθη; Θα μπορούσαμε ως κοινωνία να αναθέσουμε σημαντικές αποφάσεις στις μηχανές (πχ. Αποφάσεις για τη διεξαγωγή πολέμων) ή μήπως θα επιβεβαιώναμε τους φόβους των συνωμοσιολόγων ή τα σενάρια πλήθους κινηματογραφικών ταινιών;

Η κοινωνία και η επιστημονική κοινότητα έχουν κατά καιρούς εκφράσει την ανησυχία τους για τα ανωτέρω διλήμματα, ωστόσο τα οφέλη που προκύπτουν έχουν οδηγήσει -παγκοσμίως- σε ευρεία χρήση της τεχνητής νοημοσύνης. Ειδική μέριμνα λαμβάνεται έτσι ώστε να μην υποκαθίσταται η ανθρώπινη σκέψη και οι τελικές αποφάσεις να παίρνονται από τους ανθρώπους. Συγκεκριμένα, έχουν αναπτυχθεί συγκεκριμένα μοντέλα -όπως αυτά των τεχνητών νευρωνικών δικτύων- τα οποία λειτουργούν ως προσομοίωση των νευρώνων του εγκεφάλου του ανθρώπου με την ικανότητα να αξιολογούν δεδομένα και να προβλέπουν μελλοντικές τιμές. Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες ιστορικών δεδομένων, μαθαίνουν να «σκέφτονται» με πολύπλοκες διαδικασίες -όμοιες με εκείνες του ανθρώπινου νου- και παράγουν μια σειρά από εκτιμήσεις. Οι εκτιμήσεις αυτές χρησιμοποιούνται ως στοιχεία που θα επηρεάσουν αποφάσεις τις οποίες καλούνται τελικά να λαμβάνουν οι άνθρωποι.

Τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης έχουν χρησιμοποιηθεί με μεγάλη επιτυχία σε διάφορους κλάδους της επιστήμης και της επιχειρηματικότητας. Μεγάλες και μικρές επιχειρήσεις έχουν επιδοθεί σε προσπάθειες για αυτοματοποίηση των διαδικασιών τους με σκοπό να χρησιμοποιούν ιστορικά δεδομένα για να λάβουν αποφάσεις με την υποστήριξη της τεχνητής νοημοσύνης. Προς την κατεύθυνση αυτή έχουν γίνει σημαντικές επενδύσεις σε συστήματα πληροφορικής και μεγάλων δεδομένων ενώ η επιλογή αυτή οδηγεί σε σημαντική αύξηση των πωλήσεων, της αποτελεσματικότητας των επιχειρηματικών λειτουργιών και της ικανοποίησης των πελατών (τουλάχιστον κατά 10%) (Διάγραμμα 1.1). Στην πράξη δεν είναι εύκολο να στηθούν τα συστήματα και τα μοντέλα που θα αποφέρουν τα ανωτέρω οφέλη, ωστόσο η χρήση τους αποτελεί πρόκληση. Οι δυσκολίες οφείλονται κατά κύριο λόγο στην αδυναμία συγκέντρωσης του συνόλου των δεδομένων, που ιδανικά χρειάζονται προκειμένου οι αλγόριθμοι να υπολογίσουν σωστά τα ζητούμενα στοιχεία. Πολλές φορές οι φορείς δεν έχουν καν πρόσβαση στα δεδομένα που χρειάζονται εξαιτίας της ευρωπαϊκής νομοθεσίας η οποία προστατεύει τα προσωπικά δεδομένα των πολιτών.

Διάγραμμα 1.1

Το προφίλ των εταιρειών που χρησιμοποιούν την Τεχνητή Νοημοσύνη



Πηγή: Capgemini Digital Transformation Institute, (2017). *State of AI survey, N=993 companies that are implementing AI* [on line] Διαθέσιμο:

<https://blog.rossintelligence.com/post/benefits-artificial-intelligence> [Πρόσβαση 16 Σεπτεμβρίου 2020}

Συμπερασματικά, σήμερα η τεχνητή νοημοσύνη είναι ένα πεδίο στο οποίο πολλοί οικονομικοί φορείς επιθυμούν να εμπλακούν για να αποκομίσουν οφέλη. Η παρούσα διπλωματική εργασία στοχεύει στη μελέτη των κοινωνικοπολιτικών οφελών που προκύπτουν από τη χρήση της στη διαδικασία λήψης αποφάσεων σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης. Θα παρουσιαστούν εν συντομία οι βασικές λειτουργίες της τεχνητής νοημοσύνης και κυρίως εκείνες των τεχνητών νευρωνικών δικτύων. Θα μελετηθούν βασικά μοντέλα λήψης αποφάσεων και θα παρουσιαστούν τα οφέλη από τη χρήση τους. Στη συνέχεια, θα γίνει παρουσίαση της ευρωπαϊκής πολιτικής για την τεχνητή νοημοσύνη, των στόχων που έχουν τεθεί και των τρόπων με τους οποίους προγραμματίζεται η επίτευξη. Αναμένεται να απαντηθούν ερωτήματα όπως: Πως θα επηρεάσει η πολιτική αυτή τα κράτη-μέλη; Υπάρχουν καλές πρακτικές που έχουν ήδη αποδώσει κάπου; Σε ποιος τομείς και με ποιες δημόσιες πολιτικές μπορεί ένα κράτος-μέλος να υιοθετήσει μια τέτοια ευρωπαϊκή πολιτική; Στο τέλος θα γίνει αναφορά για τα αναμενόμενα κοινωνικοπολιτικά οφέλη από την υιοθέτηση της τεχνητής νοημοσύνης στη λήψη αποφάσεων τόσο σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης όσο και σε επίπεδο κρατών-μελών.

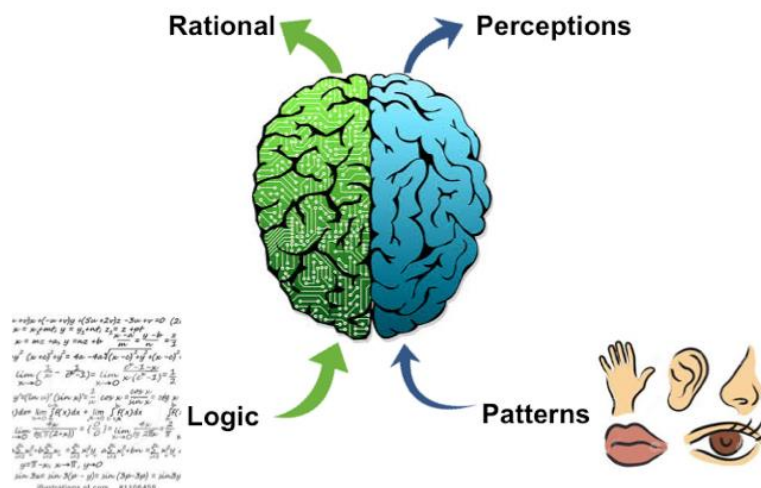
1.1 Ορισμός της τεχνητής νοημοσύνης

Για να ορίσουμε τον όρο *τεχνητή νοημοσύνη* θα πρέπει να αντιληφθούμε τι ακριβώς ορίζεται *νοημοσύνη*. Γενικά η νοημοσύνη θεωρείται η ικανότητα για μάθηση, κατανόηση και κρίση και η αιτιολογημένη έκφραση γνώμης (Vlachavas et al, 2011). Ουσιαστικά η νοημοσύνη αναφέρεται σε μια διαδικασία η οποία προϋποθέτει την ύπαρξη αισθήσεων που λαμβάνουν εισερχόμενα μηνύματα και παραστάσεις από το εξωτερικό περιβάλλον. Τα δεδομένα αυτά αποθηκεύονται στη μνήμη, ιεραρχούνται, κατηγοριοποιούνται και στη συνέχεια μέσω πολύπλοκων συνδυασμών δημιουργούν αντίληψη και κατανόηση. Η διαδικασία αυτή όταν επαναλαμβάνεται οδηγεί στη *μάθηση* και στη δυνατότητα *κρίσης* και έκφρασης *γνώμης*.

Η τεχνητή νοημοσύνη στη διεθνή βιβλιογραφία ορίζεται με διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με την οπτική του κάθε ερευνητή. Σε γενικές γραμμές αφορά τη σχεδίαση συστημάτων που έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά με την ανθρώπινη νοημοσύνη (Barr & Feigenbaum, 1981). Ανάλογα με τον εκάστοτε ερευνητικό στόχο (Russell & Norvig, 2003) ο ορισμός διαφοροποιείται και άλλοτε προσδιορίζει την τεχνητή νοημοσύνη ως σύστημα που σκέφτεται όπως οι άνθρωποι (Haugeland, 1989), άλλοτε που σκέφτεται λογικά (Winston, 1992), άλλοτε που συμπεριφέρεται όπως οι άνθρωποι (Rich & Knight, 1991) και άλλοτε που συμπεριφέρεται λογικά (Luger, 2002).

Διάγραμμα 1.2

Απλοποιημένο μοντέλο του Ανθρώπινου Νου



Πηγή: Gandhi, S., (2017), *AI is Essentially "Artificial Perception"*, [online] Διαθέσιμο στη <https://towardsdatascience.com/ai-is-essentially-artificial-perception-f69f0493613d> [Πρόσβαση 16 Σεπτεμβρίου 2020]

Σε κάθε περίπτωση η τεχνητή νοημοσύνη έχει να κάνει με τη μίμηση των γνωστικών ικανοτήτων του ανθρώπινου νου και πιο συγκεκριμένα την αντίληψη και τη

μάθηση (Διάγραμμα 1.2). Βασική αρχή της τεχνητής νοημοσύνης είναι η προσομοίωση της ανθρώπινης σκέψης με σκοπό την δημιουργία προβλέψεων, την αναγνώριση μοτίβων, την οργάνωση και την ταξινόμηση δεδομένων που αφορούν την Οικονομία και τη Διοίκηση (Wong and Selvi, 1998). Τα συστήματα που χρησιμοποιούν μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης έχουν τη δυνατότητα να αποθηκεύουν μεγάλο όγκο δεδομένων τα οποία συνδυάζουν και επεξεργάζονται με αποτέλεσμα να μαθαίνουν και να λαμβάνουν αποφάσεις.

1.2 Η εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης

Η ιδέα της προσομοίωσης της ανθρώπινης σκέψης σε μια μηχανή εισήχθη αρχικά από τον Alan Turing το 1950, ο οποίος υποστήριξε ότι εάν η αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής μοιάζει με την αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπων, τότε θα πρέπει να θεωρηθεί ο ηλεκτρονικός υπολογιστής εν δυνάμει έξυπνος. Από τότε τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης ενεργούν όπως οι άνθρωποι υπό την έννοια ότι έχουν την ανάγκη να λαμβάνουν και να επεξεργάζονται τη γνώση με σκοπό να λύνουν προβλήματα και να λαμβάνουν αποφάσεις (Carling, 1992).

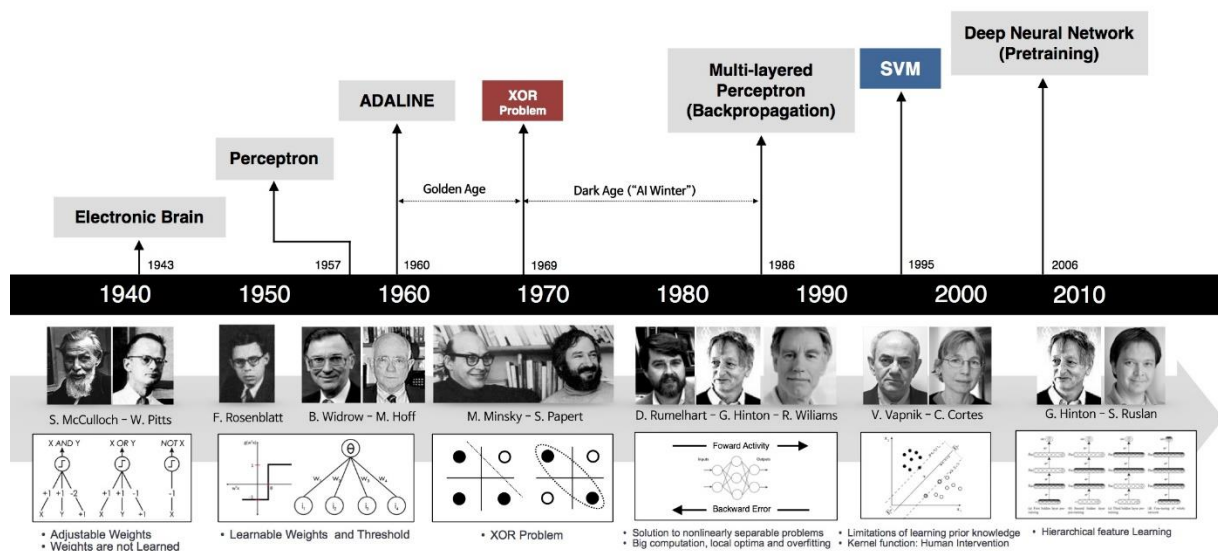
Βέβαια η τεχνητή νοημοσύνη δεν μπορεί να λειτουργήσει ως αυτόνομη επιστήμη καθώς βασίζεται στη ανάπτυξη άλλων επιστημονικών κλάδων όπως για παράδειγμα ης πληροφορική, τα μαθηματικά, η βιολογία κ.ά. Θα μπορούσε δηλαδή να υποθέσουμε ότι η θεμελίωσή της γίνεται ήδη με την διαδικασία συλλογισμού της ορθής σκέψης του Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.). Σημαντικό κομβικό σημείο μπορεί επίσης να θεωρηθεί και η εμφάνιση μιας νέας για τα δεδομένα της εποχής αναπαράστασης συλλογισμών σε δυαδική μορφή που εισάγει η Άλγεβρα Boole (Boole G., 1854) η οποία βοήθησε στην ανάπτυξη των υπολογιστών και την ψηφιοποίηση όλων των δεδομένων. Με βάση τη θεωρία της Άλγεβρας Boole όλα τα δεδομένα είτε είναι κείμενα είτε εικόνες είτε ήχος μπορούν να μεταφραστούν με τη χρήση δύο ψηφίων (0 και 1). Αυτό είναι πολύ χρήσιμο στην ψηφιακή τεχνολογία διότι κάνει δυνατή την αναγνώριση, την αποθήκευση, τη μετάδοση και την επεξεργασία όλων των στοιχείων από τις υπολογιστικές μηχανές.

Η ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης ουσιαστικά ξεκίνησε με την παρουσίαση της ιδέας των τεχνητών νευρωνικών δικτύων (McCulloch & Pitts, 1943) ως μοντέλα που μπορούν να επεξεργάζονται δεδομένα μέσω δυαδικών στοιχείων εισόδου -που ονομάζονται «νευρώνες»- και που διαφέρουν από τη συνήθη υπολογιστική επιστήμη καθώς η διαδικασία επεξεργασίας δεν γίνεται σειριακά αλλά παράλληλα. Η ιδέα των τεχνητών νευρωνικών δικτύων αναπτύχθηκε και βελτιώθηκε από πολλούς ερευνητές στη συνέχεια. Το 1949 οι αλγόριθμοι εμπλουτίστηκαν με διαδικασίες μάθησης μέσω της βελτίωσης των τιμών των συνδέσεων των νευρώνων (Hebb, 1949), το 1954 δοκιμάστηκε ο πρώτος νευρο-υπολογιστής (Minsky, 1954), το 1958 προτάθηκε η τοπολογία πρόσθιας τροφοδότησης (Perceptron) η οποία έχει τη δυνατότητα να μαθαίνει τροποποιώντας τις τιμές των στοιχείων της με αποτέλεσμα να αναγνωρίζει

πρότυπα (Rosenblatt, 1958). Στη συνέχεια ακολούθησαν πολλές μελέτες σχετικά με την ανάπτυξη των τεχνητών νευρωνικών δικτύων (Διάγραμμα 1.3) που οδήγησαν στη σημερινή κατάσταση όπου πολλά από τα αρχικά μοντέλα έχουν βελτιστοποιηθεί ή έχουν προταθεί άλλα πιο βελτιωμένα όπως για παράδειγμα η τοπολογία ανάστροφης μετάδοσης λάθους (Backpropagation) που προτάθηκε το 1986.

Διάγραμμα 1.3

Η εξέλιξη των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων



Πηγή: Sefik Ilkin Serengil, (2017). *Evolution of Neural Networks*, [online] Διαθέσιμο στη <https://sefiks.com/2017/10/14/evolution-of-neural-networks/> [Πρόσβαση 16 Σεπτεμβρίου 2020]

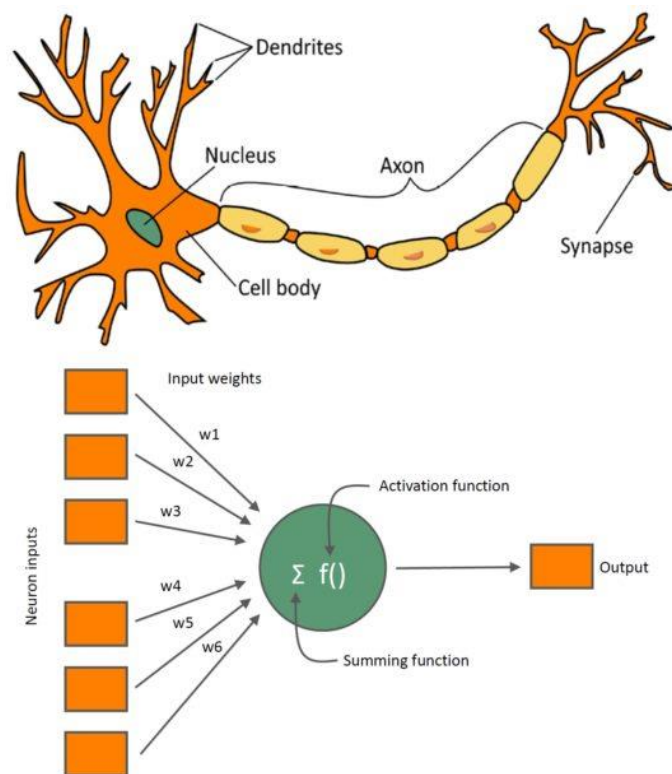
2 Μοντέλα λήψης αποφάσεων – Τα τεχνητά νευρωνικά Δίκτυα

2.1 Γενικά περί Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα είναι από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης. Πληθώρα μελετών πιστοποιεί ότι τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα έχουν σημαντικές εφαρμογές στη βιομηχανία, στην οικονομία, στη διοίκηση επιχειρήσεων και γενικότερα στη λήψη αποφάσεων (Tkáč and Verner, 2016). Οι μέθοδοι αυτοί βοηθούν στη λήψη αποφάσεων τόσο σε υψηλό επίπεδο (πχ σε επίπεδο κυβέρνησης ή Ευρωπαϊκής Ένωσης) όσο και σε χαμηλότερη κλίμακα και συνδράμουν στη βέλτιστη κατανομή πόρων. Για να το πετύχουν αυτό θα πρέπει να «μάθουν» πως σκέφτεται και πως λειτουργεί η αγορά, μέσω εμπειρικών στοιχείων, με αποτέλεσμα να μπορούν να εκτιμήσουν σωστά τη μελλοντική αντίδρασή της.

Διάγραμμα 2.1

Σύγκριση της λειτουργίας των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων με τα Νευρωνικά Δίκτυα του εγκεφάλου



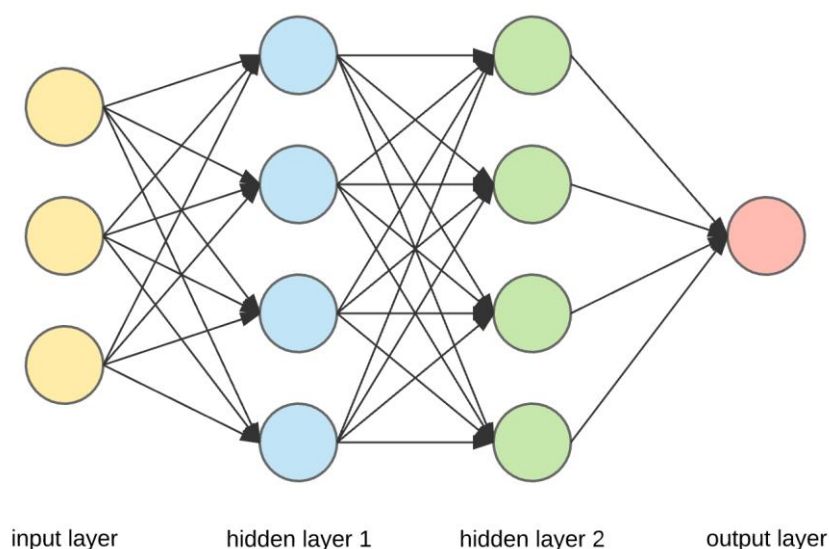
Πηγή: Marais, F., Thompson, J., (2019). *Machine learning algorithms in boiler plant root cause analysis*, EE Publishers

Τα δίκτυα αυτά είναι εμπνευσμένα από τη βιολογία με ανάλογη λειτουργία και ανάλογα στοιχεία με εκείνα των ζωντανών οργανισμών (Garson, 1998) (Διάγραμμα 2.1). Στη βιολογία οι δενδρίτες συλλέγουν και στέλνουν πληροφορίες μέσω των νευρώνων ενώ αναλογικά τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα προσομοιώνουν τους νευρώνες ακολουθώντας λογικές λειτουργίες (τύπου εάν-τότε) αναλύοντας δεδομένα και αναγνωρίζοντας αλληλεπιδράσεις και πρότυπα (Chen, 1996). Το μυαλό του ανθρώπου είναι ένα τεράστιο δίκτυο συνδεδεμένων νευρώνων που συλλέγουν πληροφορίες (μέσω των δενδριτών). Οι πληροφορίες συγκεντρώνονται, αθροίζονται και αποδίδουν κάποιο αποτέλεσμα εφόσον είναι ανώτερο από κάποιο ορισμένο επίπεδο τιμών. Ο τύπος που υπολογίζει την συγκεντρωτική τιμή καθώς και το όριο του αποτελέσματος είναι μεταβλητές τιμές και καθορίζονται από τη διαδικασία μάθησης του εγκεφάλου κατά τη διάρκεια της ζωής.

Στα δίκτυα αυτά (Διάγραμμα 2.2) υπάρχει ένα επίπεδο εισόδου, το οποίο αποτελείται από τους νευρώνες και τροφοδοτεί το δίκτυο με δεδομένα. Το επίπεδο εισόδου μεταδίδει πληροφορίες στο/α κρυφό/α επίπεδο/α (μπορεί τα κρυφά επίπεδα να είναι περισσότερα του ενός ανάλογα με το πόσο πολύπλοκη είναι η λειτουργία του δικτύου) το οποίο αποτελείται από επίπεδα ομάδων νευρώνων τα οποία αναμεταδίδουν τις πληροφορίες που λαμβάνουν από το επίπεδο εισόδου ή το προηγούμενο επίπεδο αφού τις συνδυάσουν, τις επεξεργαστούν και τις αξιολογήσουν. Σε απλά δίκτυα με ένα κρυφό επίπεδο οι νευρώνες επεξεργάζονται τα δεδομένα και στέλνουν την απάντηση στο επίπεδο εξόδου. Σε πιο πολύπλοκα δίκτυα -με περισσότερα κρυφά επίπεδα- οι νευρώνες ενός επιπέδου στέλνουν στους νευρώνες του επόμενου το αποτέλεσμα της επεξεργασίας του προηγούμενου. Όλα τα δεδομένα καταλήγουν στο επίπεδο εξόδου όπου έχουμε το τελικό αποτέλεσμα της επεξεργασίας όλων των δεδομένων του δικτύου.

Διάγραμμα 2.2

Συνήθης τοπολογία Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων



Πηγή: Ognjanovski, G., (2019). *Everything you need to know about Neural Networks and Backpropagation — Machine Learning Easy and Fun*, [online] Διαθέσιμο στη <https://towardsdatascience.com/everything-you-need-to-know-about-neural-networks-and-backpropagation-machine-learning-made-easy-e5285bc2be3a> [Πρόσβαση 16 Σεπτεμβρίου 2020]

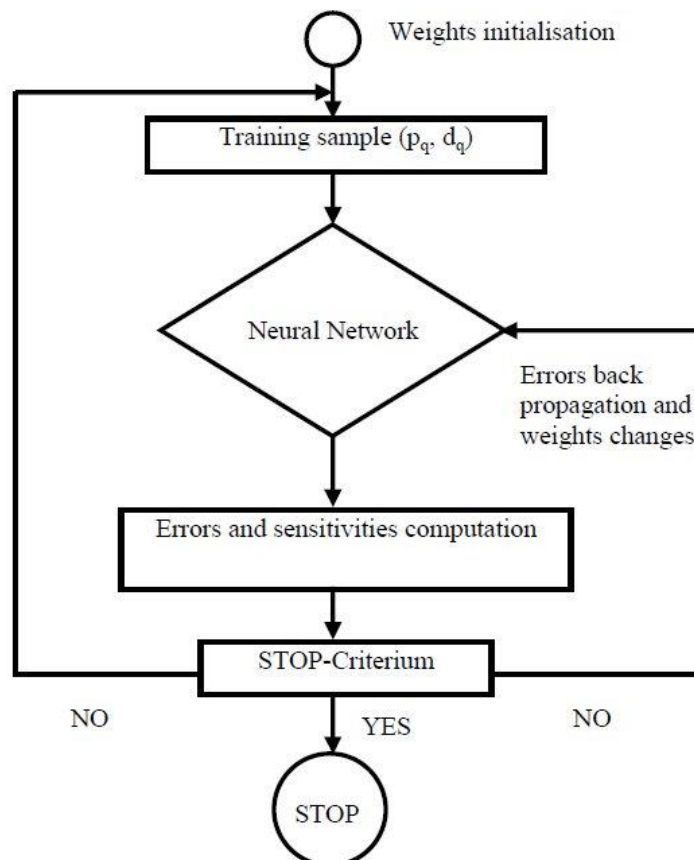
Για να κατανοήσουμε στην πράξη πως μπορεί η διάταξη αυτή να οδηγήσει στη λήψη μιας ορθής απόφασης θα εξετάσουμε ένα απλό παράδειγμα από τους νευρώνες του ανθρώπινου εγκεφάλου. Για να μάθει ένα μικρό παιδί μερικών μηνών να περπατάει ή ακόμα και να κρατάει ένα ποτήρι με νερό χωρίς να το χύσει θα πρέπει να κάνει πάρα πολλές αποτυχημένες δοκιμές μέχρι να το καταφέρει. Ας πάρουμε το παράδειγμα του ποτηριού που φαντάζει απλό. Για να πάρει ένα παιδί ένα ποτήρι νερό, να το κρατήσει και να πιει νερό χωρίς να χύσει τίποτα θα πρέπει να κάνει κάποιες συγκεκριμένες κινήσεις με το χέρι (να ανοίξει την παλάμη, να την κλείσει, να σηκώσει το χέρι, να γυρίσει ελαφριά το ποτήρι κλπ...). Οι κινήσεις αυτές μεταφράζονται σε επίπεδο νευρώνων του σώματος σε εκατομμύρια εντολές που δίνονται από τον εγκέφαλο στους μύες του χεριού. Το ποιος είναι ο σωστός συνδυασμός των εντολών αυτόν δεν τον γνωρίζει ένα μωρό από την πρώτη μέρα που γεννήθηκε. Όποιος έχει μεγαλώσει παιδί γνωρίζει πολύ καλά ότι το παιδί θα πρέπει να ψηλαφίσει το ποτήρι για να καταλάβει την υφή του, μετά θα κάνει πολλές δοκιμές να το πιάσει, μετά θα το πετάει, μετά θα καταλάβει ότι υπάρχει μέσα το νερό το οποίο θα χυθεί κλπ. Για όλα αυτά τα στάδια **μάθησης** της κίνησης που συζητάμε θα γίνουν πάρα πολλές αποτυχημένες προσπάθειες. Θα δοθούν λοιπόν πολλοί λανθασμένοι συνδυασμοί εντολών στους μύες οι οποίοι δεν θα καταλήξουν στον επιθυμητό στόχο με αποτέλεσμα το παιδί, εξαιτίας της ευφυΐας του, να αντιληφθεί ότι η κίνηση είναι λανθασμένη και να αρχίσει σιγά σιγά να αλλάζει τον συνδυασμό των εντολών. Όταν βλέπει ότι κάποια επιμέρους εργασία πέτυχε (πχ κατάφερε να πιάσει το ποτήρι) θα κρατήσει το μέρος των εντολών που αφορούν τον στόχο αυτό και θα συνεχίσει να αλλάζει τις υπόλοιπες. Γενικά η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι το παιδί να καταφέρει να πετύχει τον στόχο του (να πιει νερό) οπότε και θα εκπαιδεύσει τον εγκέφαλό του για τον συγκεκριμένο σκοπό (δηλαδή για τον σκοπό: «θέλω να πλώ νερό» μια πιθανή είσοδος στο δίκτυο θα ήταν ίσως η λέξη «διψάω»). Σε μια τέτοια περίπτωση εάν η είσοδος του δικτύου είναι «διψάω», τότε οι εκατομμύρια νευρώνες θα είναι εκπαιδευμένοι με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να δοθούν οι εντολές στους μύες που θα οδηγήσουν στις κινήσεις για να πιει νερό και το αποτέλεσμα θα είναι ότι έγιναν σωστά οι κινήσεις αυτές.

Αντίστοιχα, τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, μέσω της διαδικασίας μάθησης (Διάγραμμα 2.3), μαθαίνουν από τα δεδομένα της εμπειρίας να ρυθμίζουν τους νευρώνες έτσι ώστε να βγάζουν το σωστό αποτέλεσμα μαθαίνοντας από τα λάθη τους. Για να λειτουργήσουν θα πρέπει να υπάρχει ένα σύνολο δεδομένων εμπειρίας το οποίο έχει τιμές για τις μεταβλητές που επηρεάζουν έμμεσα ή άμεσα το αποτέλεσμα και το πραγματικό αποτέλεσμα που παρατηρήθηκε με βάση τις τιμές αυτές. Το δίκτυο θα

ξεκινήσει να εκπαιδεύεται μέσα από τα δεδομένα δοκιμάζοντας κάθε μια ομάδα δεδομένων η οποία θα παράγει, αρχικά με τυχαίο τρόπο, ένα αποτέλεσμα. Το αποτέλεσμα αυτό συγκρίνεται με το επιθυμητό (από την εμπειρία) και εφόσον διαφέρει τροποποιούνται τα βάρη των νευρώνων (δηλαδή οι αριθμοί που εκπροσωπούν το κατά πόσο επηρεάζει στο τελικό αποτέλεσμα η τιμή εισόδου) και η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να φτάσουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Θεωρητικά όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία μάθησης μέσω ενός ικανοποιητικού αριθμού επαναλήψεων, κατά τη επόμενη είσοδο τιμών στις μεταβλητές θα παράγεται το σωστό αποτέλεσμα με βάση την εμπειρία που έχει αποκτηθεί.

Διάγραμμα 2.3

Συνοπτική αναπαράσταση της διαδικασίας της μάθησης του τεχνητού νευρώνα



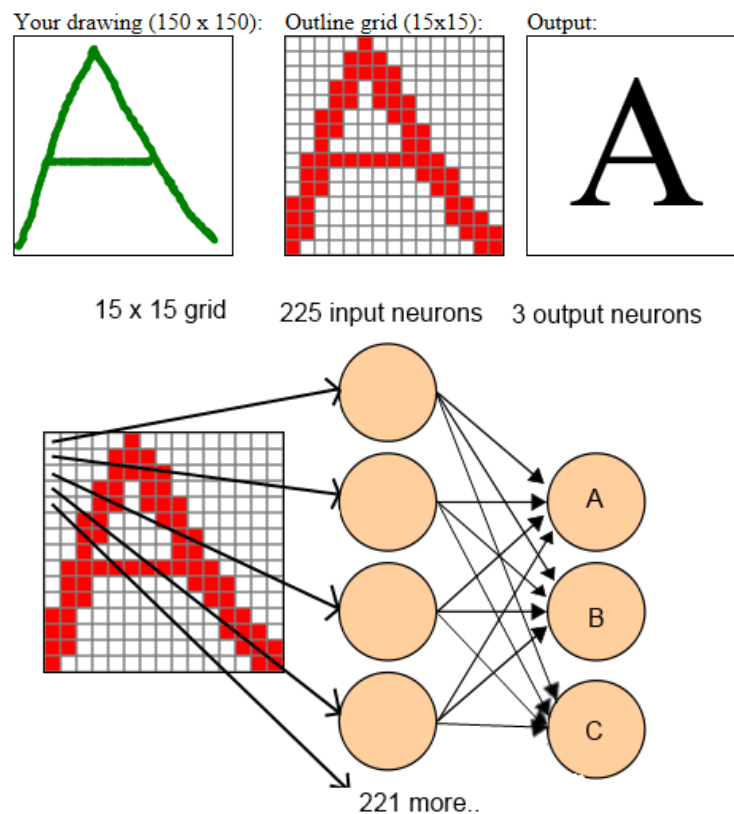
Πηγή: Tengeleng, S., Armand, N., (2014). *Performance of Using Cascade Forward Back Propagation Neural Networks for Estimating Rain Parameters with Rain Drop Size Distribution*, Atmosphere 2014, 5, 454-472.

Όπως αναφέρθηκε, τα νευρωνικά δίκτυα είναι ικανά να αναγνωρίζουν μοτίβα σε αρχεία υπολογιστών μέσω υποθέσεων και ταξινομήσεων και να επιτυγχάνεται υψηλός βαθμός επιτυχίας. Σε σύγκριση με τα άλλα γνωστά στατιστικά μοντέλα πρόβλεψης τα

συγκεκριμένα θεωρούνται πως αποδίδουν καλύτερα ειδικά όταν δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί ο τρόπος και το ποσοστό με το οποίο σχετίζονται μεταξύ τους τα δεδομένα εμπειρίας (Pradhana, et al 2010, Lacher et al., 1995). Πριν τη δημιουργία τους, οι υπολογιστές έλυναν προβλήματα ακολουθώντας συγκεκριμένες προκαθορισμένες εντολές. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να περιορίζεται η πολυπλοκότητα και το εύρος των προβλημάτων, που ήταν δυνατό να επιλυθούν, μόνο σε όσα είχαν προβλεφθεί από τον προγραμματιστή. Στον πραγματικό κόσμο τα προβλήματα είναι πολύπλοκα και συχνά απαιτούνται εναλλακτικές προσεγγίσεις κάτι το οποίο δεν μπορεί να υποστηριχθεί από τα παραπάνω.

Διάγραμμα 2.4

Το παράδειγμα της οπτικής αναγνώρισης γραμμάτων



Πηγή: Beisicht, R., (2014). *Feed forward Neural Network in Javascript*, [online] Διαθέσιμο στη <https://robertbeisicht.wordpress.com/2014/07/04/feed-forward-neural-network-in-javascript/> [Πρόσβαση 16 Σεπτεμβρίου 2020]

Ας πάρουμε ως παράδειγμα τα μηχανήματα σάρωσης και τα προγράμματα οπτικής αναγνώρισης γραμμμάτων. Για να μπορέσει ένα συμβατικό πρόγραμμα να αναγνωρίσει ένα γράμμα το οποίο σαρώνεται από κάποιο μηχάνημα, θα πρέπει είτε να έχει αποθηκευμένο κάθε δυνατό τρόπο με τον οποίο μπορεί αυτό να εμφανιστεί (κάτι το οποίο βέβαια είναι αδύνατο να συμβεί εάν λάβει κανείς υπόψη τις χιλιάδες γραμματοσειρές που υπάρχουν, τα πλάγια και έντονα γράμματα ή ακόμα και τα σφάλματα στη σάρωση από έναν κόκκο που μπορεί να βρεθεί ή κάποιο λερωμένο μέρος) ή θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει πρότυπα -δια της μάθησης- όπως ακριβώς μπορεί να γίνει με τους αλγόριθμους του τεχνητού νευρώνα. Η λύση στο πρόβλημα είναι να μπορέσουμε να δημιουργήσουμε έναν αλγόριθμο ο οποίος θα μπορεί να αναγνωρίσει πρότυπα και να εκτιμήσει το γράμμα που σαρώνεται (Διάγραμμα 2.4), ακόμα και εάν ο ίδιος ο προγραμματιστής δεν θα έχει τη δυνατότητα να καταλάβει με ποιον ακριβώς τρόπο το πετυχαίνει αυτό το πρόγραμμα που δημιούργησε ο ίδιος. Με τον τρόπο αυτόν το πρόγραμμα μαθαίνει από την εμπειρία μόνο του και μπορεί να αναγνωρίσει οποιοδήποτε γράμμα με οποιαδήποτε γραμματοσειρά και αν έχει γραφεί.

2.2 Μοντέλα τεχνητού νευρώνα πρόσθιας τροφοδότησης

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα είναι κατάλληλα για την πρόβλεψη προβλημάτων τα οποία έχουν τα εξής χαρακτηριστικά (Berry, et. al, 2011):

1. Τα δεδομένα που εισάγονται είναι κατανοητά
2. Το αποτέλεσμα είναι κατανοητό, και
3. Υπάρχει εμπειρία (εμπειρικά δεδομένα)

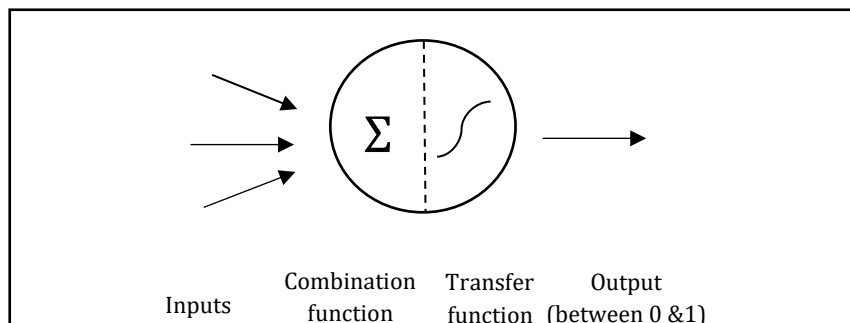
Τα μοντέλα τεχνητού νευρώνα αποτελούνται από ένα επίπεδο εισόδου, ένα ή περισσότερα κρυφά επίπεδα και ένα επίπεδο εξόδου (Διάγραμμα 2.2). Κάθε κρυφό επίπεδο χρησιμοποιεί τα βάρη των νευρώνων και στέλνει με βάση αυτά αποτελέσματα είτε σε επόμενο κρυφό επίπεδο είτε -εφόσον είναι το τελευταίο ή το μοναδικό- στο επίπεδο εξόδου (Garson, 1998). Το βάρος ενός νευρώνα είναι μια αριθμητική τιμή (συνήθως συμβολίζεται με w : weight) και είναι η τιμή εκείνη η οποία πολλαπλασιάζεται στην τιμή που έρχεται από το επίπεδο εισόδου ή το προηγούμενο κρυφό στον συγκεκριμένο νευρώνα και αποτελεί κριτήριο για το εάν και με ποιον τρόπο θα ενεργοποιηθεί ο νευρώνας για να στείλει κάποιο αποτέλεσμα στο επόμενο επίπεδο. Η τιμή αυτή είναι το στοιχείο που το μοντέλο συνεχώς μεταβάλλει σε κάθε νευρώνα -κατά τη διαδικασία της μάθησης- μέχρι να παράγεται τελικά το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Αναλυτικότερα, το μοντέλο τεχνητού νευρώνα έχει ανάλογη συμπεριφορά με εκείνη του βιολογικού συνδυάζοντας τα δεδομένα εισόδου μέσω μιας συνάρτησης ενεργοποίησης η οποία αποφασίζει εάν και ποιο θα είναι το αποτέλεσμα εξόδου. Σε κάθε είσοδο ο νευρώνας φέρει κάποιο διαφορετικό βάρος w_i ο οποίος διαισθητικά

φωτογραφίζει το πόσο σημαντικό είναι το συγκεκριμένο δεδομένο που διέρχεται από τον νευρώνα i στη διαμόρφωση του τελικού αποτελέσματος (Pradhana, et al 2010). Η συνάρτηση ενεργοποίησης αποτελείται από δύο βασικά μέρη (Διάγραμμα 2.5): i. Τη συνάρτηση αθροίσματος η οποία αθροίζει όλες τις τιμές εισόδου σε μία πολλαπλασιάζοντας τις τιμές εισόδου με τα αντίστοιχα βάρη και αθροίζοντας όλα τα γινόμενα (Kirkos, et all, 2007) ii. Τη συνάρτηση μεταφοράς η οποία δημιουργεί το τελικό αποτέλεσμα το οποίο συνήθως είναι κάποια τιμή ανάμεσα στο 0 και το 1 έτσι ώστε να εξυπηρετείται και η ανάγκη της ηλεκτρονικής ψηφιακής μετάδοσης. Για μπόρέσει να περιοριστεί το αποτέλεσμα ανάμεσα στο 0 και στο 1 χρησιμοποιούνται συνήθως συναρτήσεις που ανήκουν στην κατηγορία των σιγμοειδών συναρτήσεων όπως για παράδειγμα η $S(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$.

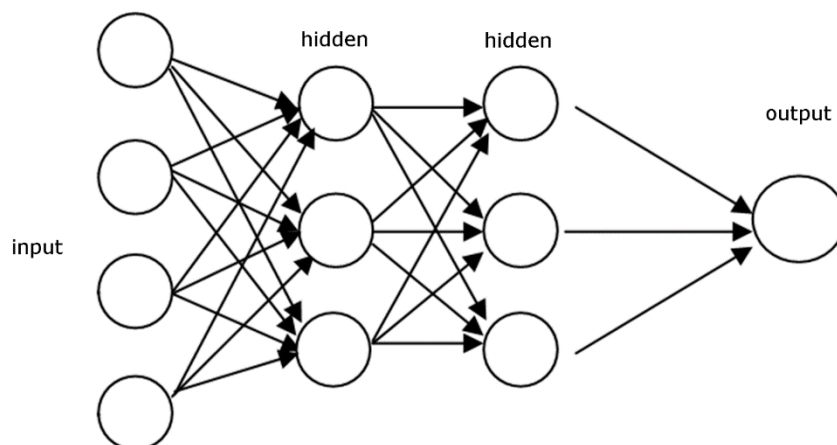
Διάγραμμα 2.5

Συνάρτηση αθροίσματος και συνάρτηση μεταφοράς



Διάγραμμα 2.6

Το μοντέλο τεχνητού νευρώνα πρόσθιας τροφοδότησης



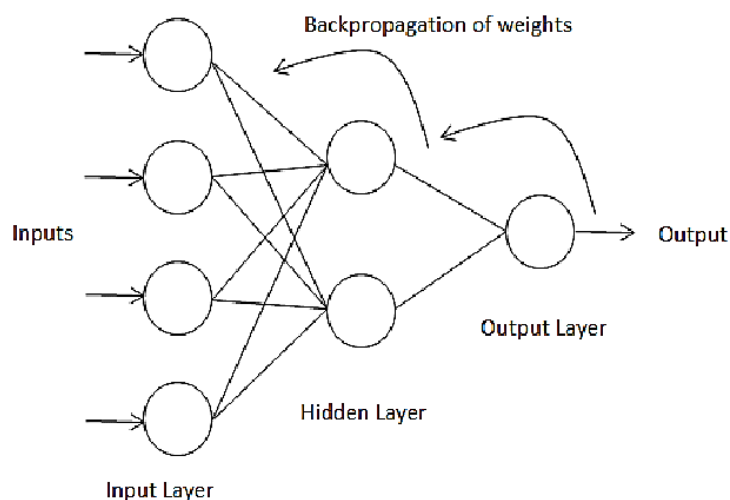
Πηγή: Payne, J., (2020). *An Introduction to Recurrent Neural Networks*, [online] Διαθέσιμο στη <https://medium.com/@joshua.payne/an-introduction-to-recurrent-neural-networks-8151823daeb7> [Πρόσβαση 16 Σεπτεμβρίου 2020]

Τα μοντέλα τεχνητού νευρώνα πρόσθιας τροφοδότησης (Διάγραμμα 2.6) είναι από τα πιο απλοποιημένα και έχουν δανειστεί το όνομά τους από την μετάδοση της πληροφορίας προς μία κατεύθυνση εντός του δικτύου. Βασικό χαρακτηριστικό τους αποτελεί ο τρόπος μάθησης (Jarkowicz, 200) ο οποίος λειτουργεί αντιμετωπίζοντας τις αποκλίσεις κάθε τιμής της διαδικασίας μάθησης με την τιμή στόχου ως σφάλμα το οποίο θα πρέπει να διορθωθεί ελαχιστοποιώντας την απόκλιση (Reed et al, 1999). Ανάλογα με την τοπολογία του νευρωνικού δικτύου, τον αριθμό των νευρώνων και τις συναρτήσεις που κάθε φορά διορθώνουν τις αποκλίσεις, υπάρχουν διάφορες κατηγορίες δικτύων πρόσθιας τροφοδότησης.

Μια από τις πιο απλές τοπολογίες δικτύου αποτελεί το Perceptron (Διάγραμμα 2.5) το οποίο δεν έχει κρυφά επίπεδα και παρουσιάστηκε από τον Rosenblatt το 1958 ως ένας αλγόριθμος ο οποίος θα μπορούσε να μάθει να ταξινομεί στοιχεία, μέσω μιας διαδικασίας διόρθωσης βαρών με σκοπό σταδιακά να πλησιάζουν την επιθυμητή τιμή. Η διαδικασία διόρθωσης γίνεται από ένα δείγμα εμπειρικών δεδομένων εισόδου και εξόδου. Σε κάθε γύρο εκπαίδευσης δίνονται αρχικά τυχαίες τιμές οι οποίες διορθώνονται εάν διαφέρουν από την επιθυμητή τιμή εξόδου κατά μια διαφορά ίση με τη διαφορά επιθυμητής με υπολογισμένης τιμής επί τον ρυθμό εκπαίδευσης του μοντέλου. Μια βελτίωση της ανωτέρω τοπολογίας αποτέλεσε ο κανόνας Δέλτα ο οποίος παρουσιάστηκε το 1981 από τους Widrow και Hoff (Widrow and Hoff, 1981) ο οποίος στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του MSE (Mean square Error).

Διάγραμμα 2.7

Τοπολογία ανάστροφης μετάδοσης λάθους (Backpropagation)



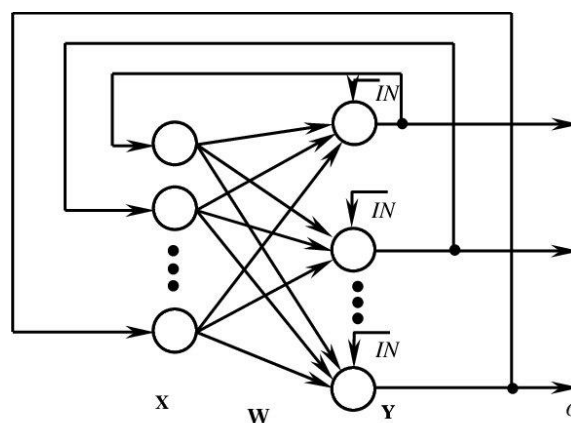
Πηγή: 12 tutorials, (2020). *How do Neural Networks update weights and Biases during Back Propagation?*, [online] Διαθέσιμο στη <https://www.i2tutorials.com/how-do->

Μια από τις πιο γνωστές μεθόδους αποτελεί η ανάστροφη μετάδοση λάθους (Backpropagation) η οποία έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν πολυπληθή εμπειρικά δεδομένα και έχει την ικανότητα να αναγνωρίζει σχέσεις και λάθη προβλέποντας ένα πιθανό αποτέλεσμα (Hornik et al., 1989). Ο αλγόριθμος χρησιμοποιείται κυρίως σε τοπολογίες δικτύων με ένα ή περισσότερα κρυφά επίπεδα και χρησιμοποιεί μια διαδικασία μάθησης η οποία χρησιμοποιεί δοκιμαστικές τιμές ενώ στη συνέχεια διορθώνει τα σφάλματα προκειμένου να προσεγγιστεί η επιθυμητή τιμή. Η διαδικασία διόρθωσης των σφαλμάτων ξεκινάει από τα τελευταία επίπεδα (Διάγραμμα 2.7) όπου υπολογίζονται και διορθώνονται τα βάρη των επιπέδων που είναι προς το επίπεδο εξόδου ενώ σταδιακά γίνονται υπολογισμοί και διορθώσεις των βαρών και στα υπόλοιπα επίπεδα φτάνοντας σταδιακά προς το επίπεδο εισόδου. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται περισσότερο μέχρι και σήμερα σε μια σειρά από προβλέψεις οικονομικών δεδομένων.

2.3 Άλλα μοντέλα

Διάγραμμα 2.8

Τοπολογία δικτύου Hopfield



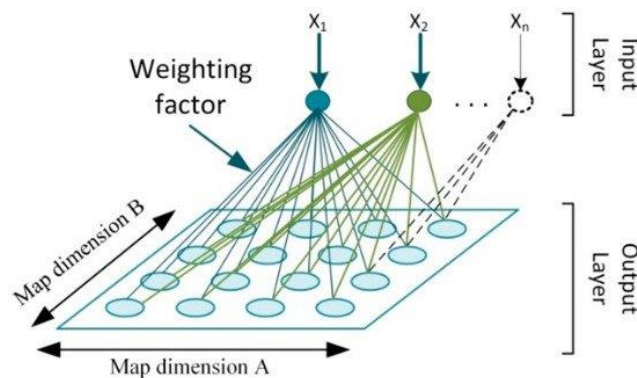
Πηγή: Denisov, I.V., Kulchin, Y.N., Panov A.V., Rybalchenko, N.A. (2005). *Neural network methods of reconstruction tomography problem solutions*, Optical Memory & Neural Networks, 14 (1), pp. 45-58

Μια σημαντική καινοτομία στις μελέτες για τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα έφερε το μοντέλο Hopfield (Hopfield, 1982) το οποίο εισάγει την έννοια της συνάρτησης ενέργειας

η οποία, σε αναλογία με τη θερμοδυναμική, αναφέρεται στην κατάσταση του δικτύου το οποίο τείνει να μεταβαίνει σε κατάσταση μικρότερης ενέργειας. Η τοπολογία του δικτύου Hopfield είναι απλή (ένα επίπεδο) όπου κάθε νευρώνας είναι συνδεδεμένος με όλους τους άλλους με διπλή κατεύθυνση και συμμετρικά βάρη (Διάγραμμα 2.8). Στο μοντέλο αυτό οι νευρώνες παίρνουν ως τιμή εισόδου την πραγματική τιμή εισόδου που εισάγεται στον αλγόριθμο κατά τη διαδικασία της μάθησης και το άθροισμα των τιμών εξόδων όλων των άλλων νευρώνων. Μια βελτίωση του ανωτέρω δικτύου αποτέλεσε η τοπολογία Bidirectional Associative Memories (BAM) (Kosko, 1988) η οποία έχει άλλο ένα επίπεδο (σύνολο δύο). Η μέθοδος αυτή είναι πολύ σημαντική για μερικές εφαρμογές καθώς επιτυγχάνει αυξημένη δυνατότητα κατηγοριοποιήσεων και αναγνώρισης προτύπων.

Διάγραμμα 2.9

Τοπολογία δικτύου Kohonen



Πηγή: Skowron, M., Wolkiewicz, M., Orłowska-Kowalska, T., Kowalski, C., (2019). *Application of Self-Organizing Neural Networks to Electrical Fault Classification in Induction Motors*, Applied Sciences, Special Issue Fault Detection and Diagnosis in Mechatronics Systems

Το μοντέλο Kohonen διαφέρει στη λειτουργία του σημαντικά από τα υπόλοιπα καθώς αποτελείται από νευρώνες τοποθετημένους σε μια καθορισμένη γεωμετρική τοπολογία (Kohonen, 1982) (Διάγραμμα 2.9). Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μάθησης το δίκτυο αντιστοιχίζει τους νευρώνες σε κατηγορίες που αντιστοιχούν στις τιμές εισόδου με έναν νευρώνα που επηρεάζει τους κοντινούς νευρώνες. Οι νευρώνες που γειτνιάζουν μπαίνουν στη διαδικασία διόρθωσης των βαρών τους ενώ οι άλλοι βρίσκονται εκτός της διαδικασίας μάθησης.

2.4 Επιδόσεις των μοντέλων

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα έχουν μεν τη δυνατότητα να κάνουν -υπό προϋποθέσεις- πιο ρεαλιστικές και αξιόπιστες προβλέψεις σε σύγκριση με τα συνήθη στατιστικά μοντέλα (Hill et al, 1994) αλλά αυτό δεν συμβαίνει σε όλες τις περιπτώσεις. Ανάλογα με το είδος του προβλήματος που πρέπει να επιλυθεί, το είδος και το μέγεθος των δεδομένων που έχουμε στην κατοχή μας, την ταχύτητα και την ακρίβεια της επιθυμητής πρόβλεψης, επιλέγονται τα καταλληλότερα μοντέλα. Σε γενικές γραμμές τα νευρωνικά δίκτυα αποδίδουν καλύτερα σε πρακτικά προβλήματα (Yoon and Swales, 1990) και όταν έχουμε μη γραμμικά δεδομένα (όπως για παράδειγμα τα Οικονομικά στοιχεία) (Donaldson et al., 1993). Επιπλέον τα μοντέλα τεχνητού νευρώνα φαίνονται να είναι ανθεκτικά στον θόρυβο (δηλαδή στα λάθη στις τιμές των ιστορικών δεδομένων που οφείλονται συνήθως σε ακραίες τιμές) γεγονός που τα φέρνει σε πλεονεκτική θέση έναντι άλλων. Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να πούμε με βεβαιότητα ότι είναι τα πλέον κατάλληλα μοντέλα όταν τα δεδομένα εμπειρίας έχουν μεγάλες διακυμάνσεις και μεγάλα επίπεδα λαθών.

Ακόμα και μεταξύ των μοντέλων τεχνητού νευρώνα υπάρχουν διαφορετικές επιδόσεις ανάλογα με το είδος του προβλήματος που πρέπει να επιλυθεί. Για παράδειγμα η τοπολογία Perceptron συνήθως χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση γραμμικά διαχωρίσιμων μοτίβων (Freund et al, 1998), ενώ η γενίκευση της τοπολογίας με τη χρήση του κανόνα Δέλτα χρησιμοποιείται όταν θέλουμε ταχύτερες διαδικασίες μάθησης (πχ επειδή έχουμε λίγα δεδομένα). Η μέθοδος ανάστροφης μετάδοσης λάθους (Backpropagation) είναι από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται περισσότερο σήμερα ειδικά με τη βελτιστοποιημένη μορφή της με τη χρήση του αλγορίθμου “conjugate gradient” ο οποίος μπορεί να ξεπεράσει τα πιθανά σφάλματα του αλγορίθμου και να βρει την τιμή που προσεγγίζει καλύτερα την επιθυμητή τιμή (Johannson et al., 1992). Το Μοντέλο Hopfield χρησιμοποιείται συνήθως για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης και ταξινόμησης καθώς είναι σε θέση να παράγει δισδιάστατους χάρτες και να μετατρέπει τις μη γραμμικές στατιστικές σχέσεις σε γεωμετρικές (Dragomir et al, 2014).

3 Η λήψη αποφάσεων με τη χρήση των τεχνητών νευρωνικών δικτύων

Η επιστημονική και ερευνητική κοινότητα έχει μελετήσει εκτενώς και από πολλές οπτικές γωνίες τη χρήση των τεχνητών νευρωνικών δικτύων στην επιχειρηματικότητα, την οικονομία ή τη διοίκηση (Tkáč and Verner, 2016). Κάθε επιχείρηση από τη φύση της είναι σε θέση να λαμβάνει σε καθημερινή βάση πολλές και σημαντικές αποφάσεις. Πολλές φορές μάλιστα οι αποφάσεις αυτές πρέπει να λαμβάνονται υπό πίεση ή με ελλιπή πληροφόρηση, ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να είναι ορθολογικές και να λαμβάνουν υπόψη όλα τα δεδομένα. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται, προκειμένου σύμφωνα με την οικονομική θεωρία να είναι ορθολογικές, θα πρέπει να είναι αποτέλεσμα υπολογισμών διαφόρων δεικτών. Αυτό στον πραγματικό κόσμο και υπό κανονικές συνθήκες είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί λόγω της ελλιπούς πληροφόρησης των οικονομικών φορέων.

Οι σύγχρονες απαιτήσεις διοίκησης επιχειρήσεων απαιτούν την υιοθέτηση διαδικασιών που διασφαλίζουν γρήγορες και ασφαλείς προβλέψεις. Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα μπορούν να συμβάλουν στη γρήγορη και αποτελεσματική λήψη αποφάσεων στις επιχειρήσεις καθώς διαθέτουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων μαθηματικών μοντέλων λήψης απόφασης ειδικά όταν τα ιστορικά δεδομένα που πρέπει να ληφθούν υπόψη έχουν μη γραμμική και πολύπλοκη δομή (Hill and Remus, 1994; Chiang et al., 2006). Προκειμένου να μπορέσουμε να αντιληφθούμε την χρησιμότητα των ανωτέρω αλγορίθμων καλό είναι να αναλυθούν μερικές από τις πιο σημαντικές εφαρμογές τους. Με την ανάλυση αυτή θα μπορέσουμε να αντιληφθούμε καλύτερα τους τομείς της επιχειρηματικότητας, της επιστήμης και της έρευνας στους οποίους μπορούν να χρησιμεύσουν προκειμένου να αποκωδικοποιηθούν στη συνέχεια τα οφέλη και τα προβλήματα που σχετίζονται με αυτούς.

3.1 Εφαρμογές στην οικονομία

Σύμφωνα με τον Poesche (2019) η αναπτυσσόμενη οικονομική, νομική και πρακτική χρησιμότητα του πλουραλισμού στις επιχειρήσεις οδηγεί σε περαιτέρω μελέτες που αφορούν την παρατήρηση και κατηγοριοποίηση οικονομικών στοιχείων, ενώ σύμφωνα με τις περισσότερες επιστημονικές μελέτες τα μοντέλα τεχνητού νευρώνα χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο στην χρηματοοικονομική στατιστική ανάλυση (McNELIS, 2005). Βασικό πλεονέκτημα των μοντέλων αυτών αποτελεί το γεγονός ότι έχουν τη δυνατότητα να υπολογίζουν τιμές με αρκετά καλή προσέγγιση σε κάθε μη γραμμική συνάρτηση καθώς και να υπολογίζουν βέλτιστες τιμές απόδοσης οικονομικών στοιχείων, μέσω της αναγνώρισης προτύπων, όταν δεν είναι καν γνωστές οι συναρτήσεις που τις υπολογίζουν. Ωστόσο η ίδια η βιβλιογραφία παραδέχεται ότι,

παρόλο που η θεωρία υποστηρίζει ότι οι προβλέψεις και η αναγνώριση προτύπων μέσω την νευρωνικών δικτύων είναι εφικτή, η χρήση των μεθόδων αυτών στην πράξη είναι δύσκολο να γίνει καθώς πολλές φορές δεν εγγυόνται ικανοποιητικές προβλέψεις για τιμές και δεδομένα εκτός δείγματος.

Με τον τρόπο αυτό τα μοντέλα τεχνητού νευρώνα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε χρηματοοικονομικά μοντέλα για την εκτίμηση (πρόβλεψη) χρηματιστηριακών ή νομισματικών αξιών ή κατά τη διάρκεια αναλύσεων για την ταξινόμηση δεδομένων και καταστάσεων. Με τον τρόπο αυτόν γνωστές τράπεζες όπως για παράδειγμα οι Chase Manhattan Bank, Peat Marwick και American Express χρησιμοποιούν παρόμοια μοντέλα για την επίλυση πραγματικών προβλημάτων που αφορούν τη χρηματοδότηση και τη διαχείριση χαρτοφυλακίου (Maditinos and Chatzoglou, 2004). Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές μελέτες οι οποίες πιστοποιούν ότι τα εν λόγω μοντέλα αποδίδουν καλά όταν χρησιμοποιούνται από χρηματοπιστωτικά συστήματα (Trippi and Turban, 1993) ενώ έχουν τη δυνατότητα να προβλέπουν την αποτυχία ή την πτώχευση εταιρειών (O'Leary, 1998), τις συναλλαγματικές ισοτιμίες, τις τιμές των μετοχών, τον πιστωτικό κίνδυνο και τις επιχειρηματικές αστοχίες (Yu, Wang, & Lai, 2008).

Από τα ανωτέρω προκύπτει ότι τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα είναι αποτελεσματικά και μπορούν, μέσω της προσομοίωσης, να προβλέπουν χρηματοοικονομικά στοιχεία. Οι Zhang et al. (1998) σε άρθρο τους παρουσίασαν τα αποτελέσματα της σύγκρισης 21 μελετών που αφορούν μοντέλα με θέμα την προσομοίωση και πρόβλεψη τιμών και 11 μελετών που αφορούν την απόδοση των μοντέλων σε σύγκριση με άλλες συμβατικές στατιστικές μεθόδους. Τα συμπεράσματα της μελέτης τους ήταν ότι τα μοντέλα τεχνητού νευρώνα είναι μεν αποτελεσματικά ωστόσο υπάρχουν πολλά προβλήματα που αφορούν την μοντελοποίησή τους όπως για παράδειγμα: Ο αριθμός των διαθέσιμων δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία της μάθησης, ο σχεδιασμός του μοντέλου (δηλαδή ο αριθμός των νευρώνων, των επιπέδων, ο τύπος κλπ), ο συγκεκριμένος αλγόριθμος που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί και η διαδικασία της ομαλοποίησης των δεδομένων.

3.2 Εφαρμογές στη διοίκηση

Ένας άλλος τομέας στον οποίο μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά τα μοντέλα αυτά είναι η διοίκηση (διοίκηση επιχειρήσεων), η μελέτη δηλαδή της λειτουργίας, των αρχών, της αξίας και των αποφάσεων μιας εταιρείας κατά το «επιχειρείν» (Oberg, 2018) δηλαδή κατά τις τέσσερις παρακάτω λειτουργίες:

1. Προγραμματισμός: Η λειτουργία αφορά τον προσδιορισμό των κατάλληλων στόχων που πρέπει να τεθούν προκειμένου να καθοριστούν οι στρατηγικές, οι αποφάσεις και οι πόροι που εμπλέκονται για την επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων

2. Οργάνωση: Αφορά τον συγχρονισμό ανθρώπινων, φυσικών και οικονομικών πόρων με κατάλληλο τρόπο προκειμένου να επιτυγχάνονται τα επιθυμητά αποτελέσματα.
3. Ηγεσία: Αφορά την παρακίνηση των εργαζομένων υιοθετώντας και χρησιμοποιώντας την έμπνευση, το όραμα, τη δύναμη, τις διαπροσωπικές δεξιότητες, την ενδυνάμωση και την ενθάρρυνση.
4. Έλεγχος: Αφορά την αξιολόγηση του βαθμού επίτευξης στόχων μέσω του εντοπισμού προτύπων που θα χρησιμοποιηθούν για τη σύγκριση και την μέτρηση των αποτελεσμάτων.

Στη διοίκηση επιχειρήσεων τα περισσότερα προβλήματα που απασχολούν τους ερευνητές αφορούν κυρίως προβλήματα κατηγοριοποίησης και τα νευρωνικά δίκτυα μπορούν να προβάλουν αξιόπιστες λύσεις. Με τα μοντέλα αυτά είναι εφικτή η πρόβλεψη μελλοντικών στοιχείων λαμβάνοντας υπόψη μοτίβα που παρατηρούνται σε ιστορικά δεδομένα εκπαίδευσης, η κατηγοριοποίηση άγνωστων πληροφοριών σε προκαθορισμένες ομάδες με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, η ομαδοποίηση δεδομένων εκπαίδευσης σε ομάδες με ομοιότητες στα χαρακτηριστικά (Smith and Gupta, 2002), η καθιέρωση συστημάτων ποιοτικού ελέγχου καθώς και η παροχή οδηγιών στους επιχειρηματίες σχετικά με την βελτιστοποίηση των επιδόσεων και τις αντίστοιχες στρατηγικές που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για αυτό (Montagno, Sexton, Smith, 2002).

3.3 Εφαρμογές στη λήψη αποφάσεων

Οι επιχειρήσεις στην καθημερινότητά τους καλούνται να λαμβάνουν αποφάσεις για απλά ή σημαντικά ζητήματα που τις απασχολούν. Από την πιο σημαντική απόφαση που σχετίζεται με τη στρατηγική της επιχείρησης, τον σκοπό της και τους τρόπους που αυτός θα επιτευχθεί μέχρι την πιο απλή που μπορεί για παράδειγμα να αφορά την αγορά αναλωσίμων για την κάλυψη των συνήθων αναγκών της, η επιχείρηση πρέπει να είναι σίγουρη ότι θα πράξει ορθολογικά και η απόφαση θα μεγιστοποιεί τα κέρδη της. Η λήψη των αποφάσεων των οικονομικών φορέων αποτελεί μια διαδικασία- βήμα προς βήμα- η οποία μπορεί να διαιρείται σε μικρότερες αποφάσεις (Blai, 1986) και που ακολουθεί τα εξής βήματα: 1. Παρακολούθηση του περιβάλλοντος της απόφασης, 2. Ορισμός του προβλήματος που πρέπει να επιλυθεί, 3. Διάγνωση του προβλήματος, 4. Προσδιορισμός εναλλακτικών λύσεων, 5. Ανάλυση των εναλλακτικών λύσεων, 6. Επιλογή των καλύτερων εναλλακτικών λύσεων, 7. Εφαρμογή της εναλλακτικής λύσης και 8. Αξιολόγηση της απόφασης.

Τα ανώτερα διευθυντικά στελέχη των επιχειρήσεων παίρνουν συνήθως προγραμματισμένες αποφάσεις σε αντίθεση με τα πιο χαμηλόβαθμα στελέχη που παίρνουν μη προγραμματισμένες. Ανεξάρτητα με το εάν οι αποφάσεις είναι προγραμματισμένες ή μη επηρεάζονται από την εμπειρία που έχει αποκτηθεί στην επιχείρηση από το παρελθόν για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Αυτός είναι και ο

λόγος για τον οποίο τα νευρωνικά δίκτυα μπορούν να υπηρετήσουν τον σκοπό της υποβοήθησης στη λήψη των αποφάσεων. Τα συγκεκριμένα δίκτυα μπορούν να αποφασίζουν τους κατάλληλους πόρους που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για μια συγκεκριμένη λειτουργία (Schocken and Ariav, 1991) ή για την παραγωγή ή μη ενός νέου προϊόντος (Mazhar and Kaebnick, 2007).

Μερικές έρευνες υποστηρίζουν ότι ακόμα και πολιτικές αποφάσεις μπορούν να ληφθούν με την βοήθεια των νευρωνικών δικτύων. Οι πολιτικοί κατά τη διάρκεια της διακυβέρνησής τους καλούνται να λαμβάνουν πολλές αποφάσεις οι οποίες μάλιστα μπορεί να επηρεάσουν άμεσα το πολιτικό τους μέλλον. Οι αποφάσεις οι οποίες αποδεικνύονται σωστές μπορούν να ανεβάσουν έναν πολιτικό στην κορυφή ενώ όσες αποδεικνύονται λανθασμένες ενδέχεται να τους καταδικάσουν στην πολιτική απομόνωση. Θεωρητικά θα ήταν δυνατό να δημιουργηθεί μια εφαρμογή η οποία θα μπορούσε να επεξεργαστεί όλα τα δεδομένα που επηρεάζουν τους ανθρώπους στην λήψη μιας απόφασης με αποτέλεσμα να μπορεί να προβλέψει πως θα αντιδράσουν οι πολίτες σε κάποιο εθνικό ή διεθνές ζήτημα (Khashman and Khashman, 2016). Σε μια τέτοια περίπτωση θα μπορούσε η εφαρμογή να παίξει τον ρόλο του συμβούλου προκειμένου ο πολιτικός να λάβει την απόφαση εκείνη που συμβαδίζει με την απόφαση που θα ελάμβανε η πλειοψηφία των πολιτών. Μια τέτοια διαδικασία θα μπορούσε κατ'επέκταση να προβλέψει εκλογικά αποτελέσματα, τις τάσεις της κοινής γνώμης και τις αντιδράσεις των αντιπάλων πολιτικών παραγόντων και ως εκ τούτου να συντελέσει στην λήψη της βέλτιστης απόφασης η οποία θα μεγιστοποιεί το όφελος του λήπτη της.

3.4 Εφαρμογές στη διοίκηση έργων και προγραμμάτων

Σύμφωνα με την οικονομική θεωρία οι οικονομικοί φορείς καλούνται να επιλέγουν μεταξύ εναλλακτικών επιλογών καθώς οι πόροι τους είναι περιορισμένοι. Ειδικά στην περίπτωση της εκτέλεσης έργων και της υλοποίησης συγχρηματοδοτούμενων προγραμμάτων όπου οι φορείς χρηματοδότησης επιλέγουν μεταξύ μιας ή περισσότερων προτάσεων για χρηματοδότηση εξετάζονται πολλοί παράγοντες. Για να αποφασιστεί ποιο έργο θα πρέπει να χρηματοδοτηθεί και ποιο όχι εξετάζονται οικονομικοί και κοινωνικοί παράγοντες οι οποίοι αποτυπώνονται αριθμητικά ως ένα μετρήσιμο μέγεθος γνωστό ως Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value - NPV) μιας επένδυσης (Dowd, 1995) στο πλαίσιο της Μελέτης Κόστους - Οφέλους μιας επένδυσης (European Union, 2015). Με τον τρόπο αυτό δίνονται αριθμητικές τιμές σε κάθε θετική ή αρνητική επίδραση στην ευημερία από κάποια επένδυση (έργο) (Cheung et al, 2006). Εφόσον οι φορείς χρηματοδότησης επιλέγουν ορθολογικά ποια έργα είναι καλύτερα για την κοινωνία, αυτό επηρεάζει το σύνολο της κοινωνίας και των πολιτών οι οποίοι θα έχουν ως αποτέλεσμα καλύτερες συνθήκες διαβίωσης.

Αναλυτικότερα η ιδέα της απόδοσης αριθμητικής τιμής στις μεταβολές ευημερίας έχει δύο διαστάσεις. Την χρηματοοικονομική και την οικονομική. Η χρηματοοικονομική

(Financial Net Present Value - FNPV) αποτελεί την παρούσα αξία (δηλαδή η αποτύπωση όλων των μελλοντικών αξιών σε σημερινό χρήμα λαμβάνοντας υπόψη τις αποδόσεις κεφαλαίου, τους τόκους, τις μεταβολές της αξίας του χρήματος λόγω πληθωρισμού κλπ) του αθροίσματος των εσόδων και των εξόδων ενός έργου για δεδομένο προεξοφλητικό επιτόκιο (Allen et all, 2016). Εάν η τιμή αυτή είναι θετική (δηλαδή $FNPV \geq 0$) αυτό σημαίνει ότι το έργο έχει περισσότερα ή ίσα έσοδα από έξοδα και ως εκ τούτου δεν χρειάζεται χρηματοδότηση από κάποιον φορέα, αλλά εάν είναι αρνητική (δηλαδή $FNPV < 0$) αυτό σημαίνει ότι για να υλοποιηθεί το έργο χρειάζεται χρηματοδότηση καθώς τα έξοδα υπερβαίνουν τα έσοδα.

Στην περίπτωση των δράσεων που για να υλοποιηθούν έχουν ανάγκη χρηματοδότησης, ο φορέας χρηματοδότησης (συνήθως το κράτος ή η Ευρωπαϊκή Ένωση στην περίπτωση συγχρηματοδοτούμενων δράσεων) αξιολογεί εάν θα χρηματοδοτήσει ή όχι. Η λήψη της απόφασης αυτής δεν είναι εύκολη ειδικά στην περίπτωση όπου υπάρχουν πολλές διαφορετικές προτάσεις για χρηματοδότηση και θα πρέπει ορθολογικά, υπολογίζοντας τα εναλλακτικά κόστη ευκαιρίας, να επιλεγούν εκείνες που είναι πιο σημαντικές, ή που βελτιώνουν την ποιότητα ζωής των πολιτών περισσότερο, ή που αντιμετωπίζουν μικρότερο κίνδυνο να αποτύχουν, ή που έχουν καλύτερες εξωτερικότητες κά (Baye et all, 2013) Για να γίνει αυτή η επιλογή αποτυπώνεται αριθμητικά η οικονομική επίπτωση της υλοποίησης της δράσης με την μέτρηση της Οικονομικής Καθαρής Παρούσας Αξίας (Economic Net Present Value - ENPV) η οποία αποτυπώνει την παρούσα αξία του αθροίσματος των εξωτερικοτήτων και των έμμεσων επιπτώσεων μιας δράσης στο κοινωνικό σύνολο. Στην περίπτωση αυτή εάν $ENPV \geq 0$ αυτό σημαίνει ότι οι θετικές επιπτώσεις είναι περισσότερες από τις αρνητικές με αποτέλεσμα να μπορούμε να περιμένουμε ότι η δράση έχει θετική επίδραση στο κοινωνικό σύνολο, άρα είναι καλό να χρηματοδοτηθεί, ενώ αντιθέτως εάν $ENPV < 0$ η δράση δεν θα χρηματοδοτηθεί καθώς αναμένεται ότι η κοινωνία είναι καλύτερα χωρίς την υλοποίηση της δράσης. Η θετική τιμή της ENPV μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ταξινόμηση εναλλακτικών δράσεων. Δηλαδή, δεδομένου του περιορισμού των πόρων, είναι αναμενόμενο ότι από τις εναλλακτικές προτάσεις δράσεων θα χρηματοδοτηθούν μόνο όσες έχουν θετικό ENPV και επειδή πιθανώς δεν είναι εφικτό να χρηματοδοτηθούν όλες, θα επιλεγούν εκείνες με το υψηλότερο ENPV (δηλαδή με το μεγαλύτερο κοινωνικό όφελος) μέχρι εξαντλήσεως των διατιθέμενων πόρων.

Οι ανωτέρω διαδικασίες αξιολόγησης επενδύσεων που αποσκοπούν στην επιλογή των δράσεων που έχουν την καλύτερη επίδραση στην κοινωνία δεν είναι εύκολο να υλοποιηθούν στην πράξη καθώς θα πρέπει να υπολογιστούν παράγοντες με επισφαλείς πληροφορίες και υψηλό ρίσκο εσφαλμένης εκτίμησης (Sward, 2006). Καθώς η υλοποίηση ενός αξιόπιστου πλαισίου για αξιολόγηση δράσεων αποτελεί δύσκολη υπόθεση ειδικά για δράσεις με πολλαπλές εξωτερικότητες και μεγάλη κλίμακα, η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης και των μοντέλων τεχνητού νευρώνα μπορεί να προβλέψει ικανοποιητικά τις τιμές όλων των σχετιζόμενων παραγόντων (Mavaahebi and Nagasaka, 2013).

3.5 Εφαρμογές στην υγεία

Όσο μεγαλώνει το προσδόκιμο ζωής παγκοσμίως (για την Ε.Ε. 80,9) τα συστήματα υγείας δοκιμάζονται και προσπαθούν να προσφέρουν σημαντικές υπηρεσίες (McKinsey & Company, 2020). Επιπλέον, ειδικά σήμερα κατά την εποχή της πανδημίας του κορονοϊού, τα υψηλά κόστη και η υψηλή ζήτηση επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες. Η τεχνητή νοημοσύνη έχει τη δυνατότητα να μετασχηματίσει τον τρόπο που προσφέρονται οι υπηρεσίες υγείας και «έχει τη δυνατότητα ενός υπολογιστικού προγράμματος στο να πραγματοποιεί εργασίες και συλλογιστικές διαδικασίες τις οποίες συνήθως συσχετίζουμε με την του ανθρώπινου εγκεφάλου» (European Parliament, 2016b) ενώ αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για την πρόβλεψη της πορείας και την εξάπλωση του κορονοϊού (Mesko,2020),

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα μπορούν να υποστηρίξουν καλύτερα τα αποτελέσματα της υγειονομικής φροντίδας, την εμπειρία των ασθενών καθώς και την πρόσβαση σε υπηρεσίες ενώ αναβαθμίζουν την αποδοτικότητα και την παραγωγικότητα (McKinsey & Company, 2020). Πιο συγκεκριμένα προωθούν τον αυτοματισμό αλλάζοντας τον τρόπο που εργάζονται οι επαγγελματίες του συστήματος υγείας (American Hospital Association, 2019), βοηθούν στην ταχύτερη διάγνωση ασθενειών μέσω της αναγνώρισης προτύπων στη ραδιολογία (Health Education England, 2019) και στην προσωποποιημένη νοσηλεία και στην εξατομικευμένη θεραπευτική και στην αντιμετώπιση μακροχρόνιων προβλημάτων (Colclough et al., 2018).

4 Η Ευρωπαϊκή Πολιτική για την τεχνητή νοημοσύνη

Τα τελευταία χρόνια στην Ευρωπαϊκή Ένωση γίνεται ολοένα και περισσότερο αντιληπτό ότι προκειμένου να μπορέσει να ανταπεξέλθει στη μεγάλη ένταση του ανταγωνισμού σε παγκόσμιο επίπεδο θα πρέπει να ενεργοποιήσει διαδικασίες μιας κοινής στρατηγικής για την Τεχνητή Νοημοσύνη, για την αναβάθμιση της επιστήμης και την στήριξη της καινοτομίας. Τα ανωτέρω σχεδιάζονται να προκύψουν με παρεμβάσεις στο κοινοτικό κανονιστικό πλαίσιο (Leyen U.v.d., 2019) και με τη διάδοση της τεχνητής νοημοσύνης (European Economic and Social Committee, 2017) τόσο σε ό,τι αφορά τις βασικές ερευνητικές εφαρμογές όσο και τις βιομηχανικές με στόχο «να καταστεί η τεχνητή νοημοσύνη προσιτή σε όλους τους δυνητικούς χρήστες, με έμφαση στις μικρές και μικρομεσαίες επιχειρήσεις». Η αντιμετώπιση της πρόκλησης της παγκόσμιας ανταγωνιστικότητας προϋποθέτει όσο το δυνατόν περισσότερες οντότητες να έχουν πρόσβαση στα της τεχνητής νοημοσύνης ενώ προτίθεται να υποστηρίξει την καινοτομία που βασίζεται σε αυτήν μέσω χρηματοδοτήσεων (European Economic and Social Committee, 2018).

4.1 Βασικοί στόχοι της Ευρωπαϊκής Πολιτικής

Οι σύγχρονες τάσεις στην οικονομία και τη διοίκηση επιχειρήσεων βασίζονται ολοένα και περισσότερο στην έγκυρη και έγκαιρη χρήση και αξιοποίηση δεδομένων. Όπως αναλύσαμε εκτενώς οι αλγόριθμοι Τεχνητής Νοημοσύνης είναι ιδανικοί για την οικονομική των δεδομένων η οποία δημιουργεί νέες ευκαιρίες καθώς αναπτύσσεται η τεχνολογία και η υπολογιστική ισχύς των οικονομικών φορέων. Ο στόχος της ένωσης για την προσέγγιση της αριστείας και της εμπιστοσύνης είναι -μεταξύ άλλων- ο συνδυασμός της εξέλιξης της τεχνολογίας και της βιομηχανίας με το κατάλληλο κανονιστικό πλαίσιο προκειμένου η Ε.Ε: «να καταστεί παγκόσμια ηγέτιδα δύναμη στον τομέα της καινοτομίας στην οικονομία των δεδομένων και των εφαρμογών της» (European Commission, 2020a). Με βάση τη στρατηγική αυτή για τα δεδομένα ο στόχος της Ε.Ε. είναι να μπορέσει να αναπτύξει την Τεχνητή Νοημοσύνη έτσι ώστε οι πολίτες να απολαμβάνουν νέα οφέλη (πχ. Καλύτερες υπηρεσίες υγείας), να αναπτυχθούν οι επιχειρήσεις και να παρέχονται καλύτερες υπηρεσίες δημοσίου συμφέροντος (μεταφορές, εκπαίδευση, ενέργεια και διαχείριση αποβλήτων) (European Commission, 2020b).

Από τους βασικούς στόχους της πολιτικής της Ε.Ε. αποτελεί η επίτευξη μιας αποτελεσματικότερης συνεργασίας μεταξύ των Κρατών Μελών στους τομείς αιχμής (έρευνα, επενδύσεις, κοινωνική και περιβαλλοντική ευημερία, αξιοποίηση δεδομένων, συνεργασία κ.ά) έτσι ώστε τα ερευνητικά ιδρύματα που μέχρι σήμερα δρουν αυτόνομα - κατακεραματίζοντας το σύνολο των ικανοτήτων της Ένωσης- να ευθυγραμμιστούν και να βελτιώσουν την αριστεία τους (European Commission, 2020b). Με τον τρόπο αυτόν η Ε.Ε. θα μπορεί να λειτουργεί ως συντονιστικό κέντρο για την έρευνα και την ανάπτυξη

με αποτέλεσμα να μπορεί να κατευθύνει την ερευνητική προσπάθεια εκεί που απαιτείται προκειμένου να βελτιστοποιήσει το όφελος για εκείνη. Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας πολιτικής αναμένεται να είναι ιδιαίτερα θετικό για το σύνολο της Ένωσης καθώς η οικονομική ισχύς των κρατών μελών της και η τεχνογνωσία που αυτά διαθέτουν αθροιστικά μπορούν να συμβάλουν καθοριστικά στην ανάπτυξη της γνώσης και της εμπειρογνωμοσύνης. Με τη χρηματοδότηση και τον συντονισμό από την Ε.Ε. τα κέντρα αριστείας γίνονται περισσότερο ανταγωνιστικά σε παγκόσμια κλίμακα, δημιουργούν συγκριτικό πλεονέκτημα για την οικονομία, προσελκύουν νέα ταλέντα και βελτιώνουν τις συνθήκες εργασίας.

Για τη δημόσια διοίκηση και τις υπηρεσίες παροχής δημοσίων υπηρεσιών η Ε.Ε. έχει θέσει ως στόχο τη διεύρυνση της χρήσης της τεχνητής νοημοσύνης στις δραστηριότητες της ειδικά στους τομείς της υγείας και μεταφορών (European Commission, 2020b). Τα κράτη μέλη θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι η διεύρυνση της χρήσης της τεχνητής νοημοσύνης και η οικονομία των δεδομένων δεν θα οδηγήσει στην καταπάτηση ατομικών δικαιωμάτων που αποτελούν τον θεμέλιο λίθο της Ε.Ε. και δεν θα δημιουργήσει αδικαιολόγητους φραγμούς για τις επιχειρήσεις. Η νέα πολιτική θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να σέβεται τα δεδομένα προσωπικού χαρακτήρα, την πολυφωνία και την προστασία της ιδιωτικής ζωής (Leyen U.v.d., 2019), θα πρέπει να συμβαδίζει με τις υπόλοιπες πολιτικές για την καινοτομία και ανάπτυξη, που προωθεί η ένωση, ενώ θα πρέπει να δημιουργεί στους πολίτες και στις επιχειρήσεις υψηλό αίσθημα ασφάλειας δικαίου παρέχοντας τις παρακάτω εγγυήσεις (European Commission, 2019):

1. Ανθρώπινη παρέμβαση και εποπτεία
2. Τεχνική στιβαρότητα και ασφάλεια
3. Ιδιωτική ζωή και διακυβέρνηση των δεδομένων
4. Διαφάνεια
5. Πολυμορφία, απαγόρευση των διακρίσεων και δικαιοσύνη
6. Κοινωνική και περιβαλλοντική ευημερία
7. Λογοδοσία

Ειδική μέριμνα λαμβάνεται για τα ζητήματα προάσπισης των θεμελιωδών δικαιωμάτων καθώς η Τεχνητή Νοημοσύνη δύναται να συμβάλλει στην καταπάτησή τους (Council of Europe, 2018) καθώς δημιουργεί κατηγοριοποιήσεις με βάση συνήθειες συμπεριφοράς και κοινά χαρακτηριστικά τα οποία δυνητικά πλήττουν την ανθρώπινη αξιοπρέπεια ενώ ευνοούν τις διακρίσεις λόγω φύλου, καταγωγής, θρησκείας κλπ. Καθώς από τη φύση τους τα συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης, όπως για παράδειγμα τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, δημιουργήθηκαν για να αναλύουν και να κατηγοριοποιούν τις ανθρώπινες συμπεριφορές είναι επιρρεπή σε έμφυλη ή φυλετική μεροληψία δίνοντας ως αποτέλεσμα πρόβλεψης συμπεριφοράς το αποτέλεσμα μιας διαδικασίας μάθησης η οποία θα στηρίζεται σε στερεότυπες προκαταλήψεις (Tolan S. et al, 2019).

Το κανονιστικό πλαίσιο για την Τεχνητή Νοημοσύνη θα πρέπει να είναι αποτελεσματικό και να επιτυγχάνει τους στόχους του χωρίς δυσανάλογη επιβάρυνση και χωρίς να περιορίζεται ο ανταγωνισμός. Επίκεντρο της παρέμβασης είναι ο άνθρωπος

και η κοινωνική ευημερία ενώ διασφαλίζονται θεμελιώδεις αξίες, ενισχύονται οι επιχειρηματικές ικανότητες, προωθείται η καινοτομία και θεσμοθετείται αυστηρό πλαίσιο ασφάλειας και λογοδοσίας. Με τις ανωτέρω αναφερόμενες προϋποθέσεις η διάδοση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ε.Ε. θα είναι μια ασφαλής πολιτική για την υποβοήθηση στη λήψη αποφάσεων και την πρόβλεψη καθώς θα διαθέτει τα απαιτούμενα εχέγγυα για ασφαλή χρήση.

4.2 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ε.Ε.

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει αρχίσει να εμφανίζεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση σε ερευνητικά προγράμματα από το 2004. Ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί μέχρι σήμερα σε εφαρμογές ρομποτικής με κοινοτική χρηματοδότηση ύψους 700 εκατομμυρίων ευρώ στις οποίες προστέθηκαν πάνω από δύο δισεκατομμύρια ευρώ ιδιωτικών πόρων (European Commission, 2018) δημιουργώντας σπουδαία τεχνογνωσία και ικανότητα τοποθετώντας την Ε.Ε. σε ηγετική θέση έναντι των υπολοίπων παικτών στην παγκόσμια αγορά. Τα κράτη μέλη της Ε.Ε. επικεντρώνονται σε έργα τεχνητής νοημοσύνης δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην ηθική πλευρά τους, δηλαδή στην προστασία των θεμελιωδών δικαιωμάτων των ανθρώπων. Αυτό αποτελεί μια σημαντική διαφοροποίηση σε σχέση με τον τρόπο που προσεγγίζουν αντίστοιχα έργα άλλες χώρες όπως για παράδειγμα οι Η.Π.Α. και η Κίνα (Stix C., 2019).

Παρόλη την εστίαση σε ζητήματα ηθικής και προστασίας δικαιωμάτων η Ευρωπαϊκή Ένωση συνεχίζει να θεωρείται παγκοσμίως η μεγαλύτερη ερευνητική κοινότητα στον τομέα (Atomico, 2017). Για την επόμενη προγραμματική περίοδο 2021-2027 η Ευρωπαϊκή Ένωση στοχεύει να αυξήσει κατά 70 % τις επενδύσεις στην καινοτομία και την Τεχνητή Νοημοσύνη ενώ στοχεύει στην καθιέρωση ενός κοινού πλαισίου μεταξύ των κρατών-μελών. Καθώς μεταξύ των σημαντικότερων ζητημάτων ηθικής που απασχολούν τα κράτη μέλη είναι η προστασία των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα, στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχει νομοθετηθεί ως οριζόντιο σχετικό πλαίσιο, ο Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων (GDPR) (European Parliament, 2016a). Η ένωση με τον κανονισμό αυτόν αντικαθιστά την προηγούμενη οδηγία για τα προσωπικά δεδομένα η οποία δεν είχε ενσωματωθεί με τον ίδιο τρόπο από όλα τα κράτη μέλη. Με τη θεσμοθέτηση του ενιαίου κανονιστικού πλαισίου διευκολύνεται η υλοποίηση, από τα κράτη μέλη, κοινών δράσεων στον τομέα της τεχνολογίας και της ανάλυσης δεδομένων (Stix C., 2019) και ως εκ τούτου της προώθησης δράσεων που αφορούν την Τεχνητή Νοημοσύνη.

Υποστηρικτικά προς την ανωτέρω θεσμοθέτηση της προστασίας των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα έχει λειτουργήσει και η δράση “DEcentralised Citizen-Owned Data Ecosystems (DECODE)” με 14 εταιρούς από την Ισπανία και την Ολλανδία. Σκοπός της δράσης είναι η ενδυνάμωση των πολιτών στο να μπορούν να επιλέγουν οι ίδιοι το πως χρησιμοποιούνται τα δεδομένα που τους αφορούν και ειδικά στους τομείς δημοσίου

συμφέροντος. Άλλη δράση που εστιάζει σε ένα εκδημοκρατισμένο οικοσύστημα τεχνητής νοημοσύνης είναι η “European AI on demand platform” η οποία υλοποιείται από 79 εταιρους από 21 χώρες με συντονιστή τη γαλλική εταιρεία Thales και στοχεύει στον σεβασμό των ανθρωποκεντρικών αξιών κατά την εφαρμογή δράσεων που στηρίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη, τη στήριξη των μικρομεσαίων επιχειρήσεων και την προώθηση των τεχνολογιών αιχμής.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται από τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης στη συνεργασία με εκπαιδευτικά και ερευνητικά κέντρα εντός και εκτός Ένωσης με σκοπό την ανάπτυξη και την μελέτη της τεχνητής νοημοσύνης αλλά και για την καθιέρωσή της ως σημαντική προοπτική. Αυτό θα επιτευχθεί μέσω επενδύσεων μεγάλης κλίμακας με σκοπό τη δημιουργία έργων και οργανισμών οι οποίοι θα μπορούν να εγγραφούν μια μακροχρόνια παρουσία στον χώρο. Τέτοια φιλόδοξα σχέδια αποτελούν το έργο “CERN for AI” το οποίο φιλοδοξεί να δημιουργήσει έναν ερευνητικό οργανισμό για την τεχνητή νοημοσύνη ισοδύναμο σε μέγεθος και αξία με το CERN, το έργο “European Lab for Learning and Intelligent Systems (ELLIS)” με σκοπό την ανταλλαγή τεχνογνωσίας μεταξύ των ερευνητικών κέντρων εντός της Ένωσης και την προώθηση της έρευνας στην Τεχνητή Νοημοσύνη και το έργο “Confederation of Laboratories for Artificial Intelligence Research in Europe (CLAIRE)” το οποίο φιλοδοξεί να εντείνει την αλληλεπίδραση και την ανταλλαγή ικανοτήτων μεταξύ ερευνητικών κέντρων και επιχειρήσεων.

Όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω οι επενδύσεις σε έργα μεγάλης κλίμακας στον τομέα της Τεχνητής νοημοσύνης αναμένεται να έχει μεγαλύτερο και μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα στην οικονομία και την ανάπτυξη. Προς την κατεύθυνση αυτή η πρωτοβουλία “Joint European Disruptive Initiative (JEDI)” με συμμετέχοντες φορείς από την Γαλλία και την Γερμανία, φιλοδοξεί να αποτελέσει ένα ευρωπαϊκό κέντρο με μακροπρόθεσμο στόχο την προώθηση, τη χρηματοδότηση και την υλοποίηση μελετών στον τομέα της Τεχνητής Νοημοσύνης, της Κυβερνοασφάλειας, της Βιοτεχνολογίας και της Νανοτεχνολογίας. Επίσης ήδη από το 2018, στην Γαλλία, έχει προωθηθεί η λειτουργία του “Paris Artificial Intelligence Research Institute (PRAIRIE)” (Macron E., 2018) και στην Γενεύη το “Human-Brain Project” το οποίο αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα ερευνητικά έργα που έχουν χρηματοδοτηθεί από την Ε.Ε. και προωθεί την έρευνα σχετικά με την αντίληψη της λειτουργίας του ανθρώπινου μυαλού και την μελέτη των τεχνητών νευρωνικών δικτύων. Στο “Human-Brain Project” συμμετέχουν 116 Πανεπιστήμια από την Ευρώπη, το Ισραήλ και την Τουρκία.

5 Κοινωνικοπολιτικά οφέλη και ρίσκα

Η εκτεταμένη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στην Ευρωπαϊκή Ένωση μπορεί να βοηθήσει τα κράτη μέλη, τους πολίτες και τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις σε πολλούς τομείς. Τα οφέλη της έχουν αναλυθεί σε πολλές μελέτες και έρευνες ενώ υπάρχουν και πολλοί κίνδυνοι οι οποίοι οφείλονται κυρίως στην κακοπροαίρετη χρήση ή στην έλλειψη στοιχείων.

5.1 Τα οφέλη της τεχνητής νοημοσύνης

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο η τεχνητή νοημοσύνη έχει βοηθήσει σημαντικά στον τομέα της υγείας και της περίθαλψης. Με την εκτεταμένη χρήση της κυρίως σε μοντέλα πρόβλεψης ασθενειών, αναγνώρισης προτύπων και μελέτη τρόπων αντιμετώπισης προβλημάτων έχει βελτιωθεί το επίπεδο απόδοσης του ιατροφαρμακευτικού προσωπικού. Αυτό έχει άμεση συνέπεια στη βελτίωση της ποιότητας ζωής τόσο των επαγγελματιών υγείας, όσο και των πολιτών που απολαμβάνουν τις υπηρεσίες τους καθώς το σύστημα υγείας μπορεί και εντοπίζει τους ασθενείς που βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο και επικεντρώνει τις προσπάθειες του προσωπικού σε αυτούς (Nadimpalli, 2017). Με τον τρόπο αυτόν αξιολογούνται τα συμπτώματα των ασθενών και αξιοποιούνται βέλτιστα οι περιορισμένοι πόροι του συστήματος υγείας με αποτέλεσμα τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών (Charniak et al, 2014).

Ειδικά σε περιόδους κρίσεων, όπως η πανδημία του κορονοϊού, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να συμβάλει στην άμβλυνση των επιπτώσεων στην οικονομία και την κοινωνία (Mesko, 2020) ενώ μπορεί να βοηθήσει τις εταιρείες και τους πολίτες να λαμβάνουν σωστές αποφάσεις. Οι μεγάλες κρίσεις μπορούν να αλλάξουν τους οικονομικούς κύκλους των οικονομιών και να αλλάξουν τις προτιμήσεις και τις επιλογές των ανθρώπων. Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα μπορούν να ταξινομήσουν και να προτυποποιήσουν το πως επηρεάζονται οι οικονομικοί κύκλοι με αποτέλεσμα να μπορούν να αντιληφθούν τις επερχόμενες αλλαγές και να προτείνουν τους καλύτερους τρόπους για τη βελτίωση των συνεπειών της κρίσης.

Το γεγονός ότι η τεχνητή νοημοσύνη συμβάλει στη λήψη αποφάσεων μπορούν αναμφίβολα να οδηγήσουν και στην εξοικονόμηση ανθρώπινων πόρων σε όλους τους επιχειρηματικούς κλάδους. Ένας άλλος σημαντικός τομέας είναι η εφοδιαστική αλυσίδα η οποία συμβάλει στην υποβοήθηση των εταιρειών προκειμένου να μεταφέρουν μεγάλα φορτία με τον πιο κατάλληλο τρόπο. Ένα κατάλληλο σύστημα μπορεί να βοηθήσει τις εταιρείες να επιλέγουν τα κατάλληλα φορτία για αποστολή αλλά ταυτόχρονα συμβάλλει και στη βέλτιστη ικανοποίηση των αναγκών διαφορετικών πελατών που έχουν διάφορες ανάγκες (Modgil & Prakken, 2013).

Άλλος τομέας στον οποίο η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να έχει σημαντικά ευεργετήματα είναι η χρηματοοικονομική και τραπεζική αγορά. Στον τομέα αυτόν οι οικονομικοί φορείς μπορούν να παρακολουθούν πολλαπλές δραστηριότητες και να αξιολογούν ύποπτα ζητήματα που μπορεί να υποκρύπτουν απάτη ή κακοδιαχείριση. Με τον τρόπο αυτόν μειώνεται η πιθανότητα να αδικηθούν οι πολίτες ενώ ενισχύεται το κύρος και η ασφάλεια των συναλλαγών και των κεφαλαίων (Copeland, 2015). Το αποτέλεσμα για την οικονομία και την κοινωνία είναι σημαντικό καθώς αναβαθμίζεται το αίσθημα δικαίου των πολιτών ενώ οι οικονομικοί φορείς λειτουργούν σε ένα ασφαλέστερο πλαίσιο ελαχιστοποιώντας την πιθανότητα να οδηγηθούν σε αστάθεια και κακοδιαχείριση.

Η πρόθεση των οικονομικών φορέων για ικανοποίηση των αναγκών των πολιτών έχει ως προϋπόθεση την αναγνώρισή τους. Με την τεχνητή νοημοσύνη και τους αλγόριθμους που την πλαισιώνουν έχει καταστεί δυνατή η τυποποίηση των αναγκών των πολιτών στον βαθμό που θα μπορεί να εξειδικευτεί η παραγωγή και η προσφορά. Οι εταιρείες με τον τρόπο αυτό κατηγοριοποιούν τις ανάγκες και τις προτιμήσεις των πολιτών με αποτέλεσμα να έχουν την ικανότητα να προσφέρουν τυποποιημένα είδη προϊόντων ή υπηρεσιών και να καλύπτουν συγκεκριμένες κατηγορίες αναγκών (Jones, 2015). Μέσω της διαδικασίας αυτής οι εταιρείες έχουν στοχευμένη παραγωγή και παράγουν προϊόντα και προσφέρουν υπηρεσίες που θέλει η αγορά. Αυτό, σύμφωνα με την οικονομική θεωρία, οδηγεί στη βέλτιστη κοινωνική ευημερία καθώς επιτυγχάνεται ισορροπία στη ζήτηση και την προσφορά με αποτέλεσμα τα προϊόντα και οι υπηρεσίες να προσφέρονται στην ποσότητα και την τιμή που η αγορά είναι διατεθειμένη να απορροφήσει.

Άλλες εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης σε επικίνδυνα επαγγέλματα έχουν ως αποτέλεσμα την αντικατάσταση του ανθρώπινου δυναμικού με μηχανές με αποτέλεσμα να προστατεύεται η ανθρώπινη ζωή (Dreyfus, 2016). Μη επανδρωμένα οχήματα, ρομπότ και άλλα ευφυή μηχανήματα χρησιμοποιούνται σε δύσκολες εργασίες (όπως για παράδειγμα οι εξορύξεις) με σημαντικά οφέλη για τις επιχειρήσεις που τα χρησιμοποιούν και την κοινωνία γενικότερα.

Τα οφέλη από τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης είναι πολλαπλά τόσο για τις επιχειρήσεις όσο και για τους πολίτες, την κοινωνία και το κράτος. Είναι λογικό να περιμένει κανείς ότι όταν επιτυγχάνονται βέλτιστες αποδόσεις μιας επιχείρησης αυτό οδηγεί στην καλύτερευση της ποιότητας ζωής των πολιτών. Η ίδια η οικονομική θεωρία απαντά στη διαπίστωση αυτή καθώς επιτυγχάνεται καλύτερη ισορροπία και κοινωνική ευημερία. Συνακόλουθα, οι κυβερνήσεις των κρατών μελών της Ένωσης και η Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν σημαντικά οφέλη από το να στηρίζουν τις δράσεις αυτές. Με δράσεις που στοχεύουν στην αναβάθμιση της τεχνητής νοημοσύνης η Ένωση μπορεί να βελτιώσει το οικονομικό περιβάλλον της λειτουργίας των οικονομικών φορέων και παράλληλα να βελτιώσει την κοινωνική ευημερία.

5.2 Η διακινδύνευση της τεχνητής νοημοσύνης

Παρά τα πολλαπλά και σημαντικά οφέλη που υπάρχουν στη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, υπάρχουν και πολλές περιπτώσεις όπου οι προβλέψεις οδηγούν σε λανθασμένα συμπεράσματα και αποφάσεις. Αυτό βέβαια είναι μία διακινδύνευση που αφορά όλες τις στατιστικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται στη λήψη αποφάσεων με βάση δεδομένα από την εμπειρία. Παρόλο που τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, όπως αναφέρθηκε ήδη, έχουν τη δυνατότητα να ελαχιστοποιούν τα σφάλματα που οφείλονται σε λάθη στα δεδομένα σε σύγκριση με άλλες μεθόδους, συνεχίζουν να έχουν ένα ποσοστό σφάλματος το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένες αποφάσεις. Μερικές φορές οι συνέπειες μιας λανθασμένης απόφασης η οποία οφείλεται σε λανθασμένες εκτιμήσεις μπορεί να είναι οδυνηρές (Michalski et al, 2013), όπως για παράδειγμα η περίπτωση της υγείας. Στην περίπτωση της λανθασμένης αξιολόγησης της σοβαρότητας ενός νοσήματος η μη προτεραιοποίησή του θα έχει ως πιθανό αποτέλεσμα την ανεπανόρθωτη βλάβη υγείας κάποιου πολίτη.

Σημαντικό παράγοντα για τη λήψη λανθασμένων αποφάσεων αποτελούν ενδεχομένως τα μη κατάλληλα ιστορικά δεδομένα βάσει των οποίων γίνονται οι προβλέψεις. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε στο ότι τα ιστορικά δεδομένα είναι λίγα και δεν επαρκούν για τη διαδικασία της μάθησης είτε στο ότι τα δεδομένα περιέχουν ακραίες τιμές οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν τους αλγόριθμους μάθησης σε λάθη. Αν και οι αλγόριθμοι των τεχνητών νευρωνικών δικτύων, λόγω του τρόπου με τον οποίο διορθώνουν τα βάρη κατά τη διαδικασία της μάθησης, έχουν μεγάλες δυνατότητες να παρακάμπτουν τις ακραίες τιμές και να μην επηρεάζονται πολύ από αυτές, ωστόσο εάν τύχει να είναι συνεχόμενες μπορούν να οδηγήσουν σε σφάλματα.

Πολλές φορές έχει ασκηθεί κριτική για το κατά πόσο η τεχνητή νοημοσύνη αντικαθιστά την ανθρώπινη παρουσία στη γραμμή παραγωγής. Μεγάλες εταιρείες, που παράγουν πολλά διαφορετικά προϊόντα και έχουν την ανάγκη να εξειδικεύουν τη γραμμή παραγωγής, τείνουν να αντικαθιστούν τους εργάτες με μηχανές με σκοπό την βελτίωση της παραγωγικότητας και τη διασφάλιση της ποιότητας. Αυτό αναπόφευκτα οδηγεί στη μείωση των θέσεων εργασίας με δυσμενείς συνέπειες για την οικονομία και την κοινωνία. Αυτό οδηγεί στη συρρίκνωση του οικονομικού προϋπολογισμού των πολιτών με άμεσες συνέπειες στην κατανάλωση στο σύνολο της αγοράς.

5.3 Ζητήματα Δημοκρατίας και ανθρωπίνων δικαιωμάτων

Σημαντική μερίδα πολιτών εμφανίζεται προβληματισμένη από την αντικατάσταση των θέσεων εργασίας από ρομποτικές μηχανές ενώ εγείρονται εύλογα ερωτήματα για την ηθική διάσταση αντικατάστασης της ανθρώπινης εργασίας, ως προς το κατά πόσο αντικαθίσταται η ανθρώπινη νοημοσύνη από την τεχνητή (Boutiliera et al, 2015). Η

κριτική εστιάζεται στο γεγονός ότι η ανθρωπότητα δεν πρέπει να στηρίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη σε μεγάλο βαθμό καθώς αυτό θα μπορούσε να αντικαταστήσει την ανθρώπινη γνώση και τη λήψη αποφάσεων και να πληγεί με τον τρόπο αυτό η δημοκρατία. Η ένσταση βασίζεται στην παραδοχή ότι όταν οι άνθρωποι παραχωρούν μέρος των αποφάσεών τους στις μηχανές είναι σαν να παραδέχονται ότι οι μηχανές είναι πιο κατάλληλες από εκείνους στο να λαμβάνουν αποφάσεις. Επιπλέον, όταν σε μια πολύπλοκη διαδικασία, μέρος των αποφάσεων ή των ενεργειών ανατίθεται σε μια μηχανή υπάρχει ο κίνδυνος οι άνθρωποι να μην μπορούν να αντιληφθούν όλες τις πτυχές της διαδικασίας και να μετατρέπονται οι ίδιοι σε «μηχανές» (Hovy et al, 2013).

Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν οι κοινωνίες. Όσο περισσότερο εμπλέκεται στη λήψη αποφάσεων τόσο περισσότερο επηρεάζεται η σύσταση και η λειτουργία των κοινωνιών με βάση στερεότυπες αντιλήψεις, προκαταλήψεις και πλειοψηφικές απόψεις. Οι άνθρωποι, στο πλαίσιο του marketing, λαμβάνουν προσωποποιημένη ενημέρωση και διαφήμιση η οποία καθορίζεται από αλγόριθμους με βάση τα χαρακτηριστικά τους, τις συνήθειες επιλογές τους και τις επιθυμίες των διαφημιστών. Συνεπώς, τίθεται το ερώτημα για το εάν οι επιλογές των ανθρώπων καθορίζουν την αγορά ή εάν η αγορά καθορίζει τις επιλογές τους. Ειδικά όταν αυτές αφορούν την εκλογική συμπεριφορά των πολιτών εγείρονται σημαντικά ζητήματα δημοκρατίας και ελεύθερης επιλογής.

Μεγαλύτερη ανησυχία εκφράζεται και όταν οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης εμπλέκονται σε διαδικασίες επιλογής ή κατηγοριοποίησης ανθρώπων. Μεγάλες εταιρείες τείνουν να αυτοματοποιούν την επιλογή και την κινητικότητα των στελεχών τους. Αυτό έχει μεν ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση πόρων, ωστόσο οδηγεί σε ομοιόμορφη στελέχωση με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται κοινωνικές ομάδες με ομοιόμορφα χαρακτηριστικά χωρίς διαφοροποιήσεις, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει πρόσφορο έδαφος για καινοτόμες δράσεις. Η ομοιομορφία αυτή είναι ιδιαίτερος προβληματική για την κοινωνία καθώς δεν επιτρέπει στους ανθρώπους να αναπτύξουν τις ικανότητές τους υπό τον φόβο του αποκλεισμού τους από το σύνολο. Εξαιτίας της ανωτέρω ομοιομορφίας των πολιτών η εκτελεστική εξουσία απολαμβάνει μια «τεχνητή ασυλία» χωρίς δημοκρατικό έλεγχο, διαφάνεια και λογοδοσία.

Επιπλέον, στην περίπτωση των πολιτικών που λαμβάνουν αποφάσεις με βάση την ανάλυση της κοινής γνώμης από υπολογιστικές μηχανές, υπάρχει ο κίνδυνος εγκλωβισμού στην πλειοψηφία. Πρόκειται για τη «δικτατορία της πλειοψηφίας». Υπάρχουν τομείς διακυβέρνησης, όπως για παράδειγμα τα δημοσιονομικά, στους οποίους οι αποφάσεις δεν πρέπει να λαμβάνονται με βάση τις προτιμήσεις της πλειοψηφίας, αλλά με βάση την πολιτική βούληση της εκάστοτε Κυβέρνησης. Για τον λόγο αυτό ο Συνταγματικός νομοθέτης στην Ελλάδα έχει αποκλείσει τη δυνατότητα διενέργειας δημοψηφισμάτων για ζητήματα δημοσιονομικού περιεχομένου (παρ. 2 του άρθρου 44 του Συντάγματος). Συνεπώς, η εμπλοκή της προσωπικής άποψης των

πολιτών, δια των αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης, στη λήψη τέτοιων αποφάσεων δεν αποτυπώνει το πνεύμα της ανωτέρω συνταγματικής πρόβλεψης.

Σημαντική κριτική έχει ασκηθεί και στο κατά πόσο η τεχνητή νοημοσύνη συμβαδίζει με τα ανθρώπινα δικαιώματα και τις ίσες ευκαιρίες. Καθώς οι αντίστοιχοι αλγόριθμοι στηρίζονται στη μελέτη ιστορικών δεδομένων και στην προτυποποίηση έχει αναπτυχθεί σημαντική κριτική για το κατά πόσο αυτό οδηγεί στην ενίσχυση των στερεότυπων προκαταλήψεων και τη διακριτική μεταχείριση. Επιπλέον, υπό αμφισβήτηση τίθενται και ζητήματα ισότιμης πρόσβασης στις νέες τεχνολογίες. Μπορούν όλοι οι πολίτες να χρησιμοποιήσουν τις νέες ηλεκτρονικές εφαρμογές ή θα μερικοί βρεθούν σε δυσμενή θέση; Τέτοιες αστοχίες θα μπορούσαν να δημιουργήσουν μεγάλες κοινωνικές αδικίες και να πυροδοτήσουν αντιδράσεις. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει καταβάλει φιλότιμες προσπάθειες για να ληφθούν νομικά και επιχειρησιακά μέτρα και να εξαλειφθούν τέτοιοι κίνδυνοι. Παρόλα αυτά ο κίνδυνος ελλοχεύει καθιστώντας καθοριστική την ανθρώπινη παρέμβαση σε κάθε λήψη απόφασης. Συγκεκριμένα, η τεχνητή νοημοσύνη θα πρέπει να περιορίζεται στο να προτείνει λύσεις οι οποίες θα επικυρώνονται στο τέλος από κάποιο άνθρωπο.

6 Συμπεράσματα – Επίλογος

Η παρούσα εργασία μελέτησε τις βασικές αρχές της τεχνητής νοημοσύνης και ασχολήθηκε με το πως προέκυψε η ανάγκη για την ανάπτυξη και χρήση ευφυών συστημάτων. Από την έρευνα προέκυψε ότι η βασική ανάγκη που οδήγησε στην ανάπτυξή τους είναι η προσπάθεια λήψης ορθολογικών αποφάσεων. Οι ιδιώτες, οι επιχειρήσεις και το κράτος στην προσπάθειά τους να μεγιστοποιήσουν την ευημερία τους και την ευημερία των γύρω τους προσπαθούν να αποκωδικοποιήσουν την εμπειρία και να λάβουν ανάλογες αποφάσεις. Οι αλγόριθμοι τεχνητού νευρώνα είναι ιδανικοί για την υποβοήθηση στη λήψη αποφάσεων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλούς κλάδους της επιστήμης και της οικονομίας.

Η τεχνητή νοημοσύνη, γνωστή ως η ικανότητα για μάθηση και κρίση με σκοπό την πρόβλεψη, την ταξινόμηση ή την προτυποποίηση δεδομένων, έχει δανειστεί τον τρόπο λειτουργίας της από τη λειτουργία του ανθρώπινου μυαλού. Το ανθρώπινο μυαλό χρησιμοποιεί νευρώνες για να λαμβάνει ερεθίσματα, τα οποία στη συνέχεια επεξεργάζεται για να λάβει μια απόφαση. Με αντίστοιχο τρόπο οι αλγόριθμοι τεχνητού νευρώνα προσομοιώνουν την ανθρώπινη σκέψη επεξεργαζόμενοι ιστορικά δεδομένα με βάση τα οποία εκπαιδεύονται για να πραγματοποιούν στη συνέχεια εκτιμήσεις μελλοντικών τιμών. Η πορεία της εξέλιξής τους αναλύθηκε περιληπτικά ενώ δόθηκε έμφαση στους σημαντικότερους σταθμούς εξέλιξης και στα αντίστοιχα μοντέλα.

Από την αναγνώριση των γραμμάτων από κάποια μηχανή σάρωσης μέχρι την πρόβλεψη πολύπλοκων χρηματοοικονομικών μοντέλων, τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, μπορούν να αποτελέσουν ένα σημαντικό εργαλείο για όποιον καλείται να λάβει σημαντικές αποφάσεις οι οποίες μπορούν να επηρεαστούν από πολλούς παράγοντες με τρόπο που δεν είναι γνωστός εκ των προτέρων. Βασική προϋπόθεση για όλα τα μοντέλα είναι να υπάρχει ικανός αριθμός δεδομένων εμπειρίας τα οποία να είναι κατανοητά. Κάθε μοντέλο έχει διαφορετική τοπολογία δικτύου η οποία επηρεάζει τον τρόπο λειτουργίας του και την ταχύτητα και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Ανάλογα με το είδος της πρόβλεψης που πρέπει να γίνει και τα διαθέσιμα δεδομένα αλλάζει η τοπολογία και το μοντέλο που είναι κατάλληλα. Για τον λόγο αυτόν για την πραγματοποίηση μελετών σε πραγματικές περιπτώσεις ενδείκνυται η δοκιμή πολλών μεθόδων προκειμένου να διαπιστωθεί η κατάλληλη. Τα μοντέλα τεχνητού νευρώνα μπορούν να χρησιμεύσουν σε πολλές περιπτώσεις και μελέτες όπως για παράδειγμα στην οικονομία, στη διοίκηση, στη λήψη αποφάσεων, στη διοίκηση έργων και προγραμμάτων, στην υγεία κ.ά. Σε κάθε περίπτωση το ζητούμενο είναι η μελέτη της εμπειρίας και η λήψη της κατάλληλης απόφασης με σκοπό τη μέγιστη κοινωνική ευημερία.

Στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα κράτη μέλη προσπαθούν να ανταπεξέλθουν στη μεγάλη ένταση του ανταγωνισμού σε παγκόσμιο επίπεδο ενώ γίνεται κεντρική προσπάθεια προκειμένου να θεσμοθετηθεί ένα ενιαίο περιβάλλον το

οποίο θα ευνοεί την έρευνα και την ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης. Προς την κατεύθυνση αυτή έχουν χρηματοδοτηθεί πολλά έργα τα οποία αποσκοπούν στη μελέτη της τεχνητής νοημοσύνης και παράλληλα στην εναρμόνιση με τις θεμελιώδεις αρχές της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στις μελέτες αυτές η Ένωση έχει ψηλά στην ατζέντα τη διασφάλιση των αρχών της ίσης μεταχείρισης και μη διάκρισης, του ελεύθερου ανταγωνισμού και της αποφυγής των στερεότυπων αντιλήψεων.

Με στόχευση να καταστεί η Ε.Ε. ηγέτιδα δύναμη στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης προσπαθεί να προωθήσει τη συνεργασία και τον συντονισμό των κρατών μελών στην έρευνα, τις επενδύσεις, την κοινωνική και περιβαλλοντική ευημερία και την αξιοποίηση δεδομένων. Με την πολιτική αυτή η Ένωση προσπαθεί να συμβάλει στην ανάπτυξη της γνώσης και της εμπειρογνωμοσύνης χρηματοδοτώντας κέντρα αριστείας σε διάφορους τομείς. Έμφαση δίνεται κυρίως στους τομείς της ρομποτικής και της υγείας με σημαντικά οφέλη για τους οικονομικούς φορείς, τους ιδιώτες και την κοινωνία. Με την ανάπτυξη της συγκεκριμένης τεχνογνωσίας μπορούν να επιτευχθούν οικονομίες κλίμακας, να γίνει ορθολογική κατανομή των πόρων, να ενισχυθεί η εμπιστοσύνη των πολιτών και να προφυλαχθούν οι ανθρώπινες ζωές. Εκτός από τα σημαντικά οφέλη της τεχνητής νοημοσύνης υπάρχουν ρίσκα τα οποία συνήθως αφορούν τη λήψη λανθασμένων αποφάσεων. Επίσης, θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι οι αποφάσεις λαμβάνουν υπόψη τον ανθρώπινο παράγοντα και δεν τον υποκαθιστούν πλήττοντας τη δημοκρατία και την ελευθερία.

Συμπερασματικά, από τα παραπάνω προκύπτει ότι, παρόλα τα ρίσκα που υπάρχουν, είναι πολύ σημαντικό για την Ευρωπαϊκή Ένωση να καταφέρει να κυριαρχήσει στον τομέα της ανάπτυξης τεχνογνωσίας στην τεχνητή νοημοσύνη. Η εμπειρογνωμοσύνη και η αριστεία στον τομέα αυτό μπορεί να την φέρει σε θέση να αναπτύξει ικανότητες που θα της δώσουν την ευκαιρία να λαμβάνει γρήγορες και ορθολογικές αποφάσεις. Ήδη τα κράτη μέλη επιδίδονται σε έναν αγώνα δρόμου για να αναπτύξουν τέτοιες ικανότητες ενώ η Ένωση προσπαθεί να συντονίσει τις δράσεις τους επιλέγοντας τον καταλληλότερο τομέα που θα πρέπει να στοχεύσει κάθε κράτος. Το αποτέλεσμα αυτής της πολιτικής είναι να μεγιστοποιηθεί η κοινωνική ευημερία καθώς οι πολίτες βλέπουν ότι καλύπτονται οι ανάγκες τους από τις εταιρείες οι οποίες μπορούν μέσω της τεχνητής νοημοσύνης να τις προβλέψουν.

7 Βιβλιογραφία

- Allen, F., Myers, S., C., Brealy, R. A. (2016), *“Principles of Corporate Finance”*, McGraw-Hill Companies, T.H.E.
- American Hospital Association, (2019), *“AI and the Health Care Workforce”*
- Atomico, (2017), *“State of European Tech”*, Sluch & Orrick
- Barr, A., Feigenbaum, E. (1981), *“The Handbook of Artificial Intelligence”*, Vols I & II, William Kaufmann
- Baye M., Prince J. (2013), *“Managerial Economics and Business Strategy”*, McGraw-Hill
- Berry, J.A.M, Linoff, G. (2011), *“Data Mining Techniques for Marketing, Sales and Customer Support”*, Wiley Computer Publishing.
- Blai, B. (1986), *“Eight steps to successful problem solving”*, Supervisory Management,7-9
- Boole, G. (1854), *“An investigation of the laws of thought, on which are founded the mathematical theories of logic and probabilities”*, Walton and Maberley.
- Boutilliera, C., Caragiannis, I., Haber, S., Lua, T., Procaccia, A.D., Sheffete, O. (2015), *“Optimal social choice functions: A utilitarian view”*, Artificial Intelligence, Vol. 227, pp. 190-213
- Carling, A. (1992), *“Introducing Neural Networks”*, Sigma Press
- Charniak, E., Riesbeck, C. K., McDermott, D. V., Meehan, J. R. (2014), *“Artificial intelligence programming”*, Psychology Press
- Chiang, W., Zhang, D., Zhou, L. (2006), *“Predicting and explaining patronage behavior toward web and traditional stores using neural networks: a comparative analysis with logistic regression”*, Decis. Support Syst. 41, 514–531.
- Colclough, G., Dorling, G., Riahi, F., Ghafur, S., Sheikh, A. (2018), *“Harnessing data science and AI in healthcare from policy to practice”*, World Innovation Summit for Health
- Copeland, J. (2015), *“Artificial intelligence: A philosophical introduction”*, John Wiley & Sons, pp.81-84
- Council of Europe (2018), *“Algorithms and human rights – Study on the human rights dimension of automated data processing techniques and possible regulatory implications”*
- Donaldson, R.G., Kamstra M., Kim, H.Y. (1993), *“Evaluating alternative models for conditional stock volatility: Evidence from international data”*, Working Paper (University of British Columbia).

- Dowd, P. A. (1995), *"Risk assessment in reserve estimation and open-pit planning"*, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics, Vol 32, No 4.
- Dragomir, O.E., Dragomir F., Radulescu, M. (2014), *"Matlab Application of Kohonen Self-Organizing Map to Classify Consumers' Load Profiles"*, 2nd International Conference on Information Technology and Quantitative Management, ITQM
- Dreyfus, L. H. (2016), *"What Computers Can't Do: A Critique of Artificial Reason"*, The MIT Press, vol. 20, pp. 51-55
- European Economic and Social Committee, (2017), *"Opinion of the European Economic and Social Committee on 'Artificial intelligence — The consequences of artificial intelligence on the (digital) single market, production, consumption, employment and society' (own-initiative opinion)"*, Official Journal of the European Union, 2017/C 288/01
- European Economic and Social Committee, (2018), *"Opinion of the European Economic and Social Committee on 'Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions — Artificial Intelligence for Europe', (COM(2018) 237 final), Official Journal of the European Union, 2018/C 440/08*
- European Commission, (2019), *"Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - Building Trust in Human-Centric Artificial Intelligence"*, COM/2019/168 final, 52019DC0168
- European Commission, (2020a), *"Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, A European strategy for data"*, COM/2020/66 final, 52020DC0066
- European Commission, (2020b), *"White Paper on Artificial Intelligence - A European approach to excellence and trust"*, COM/2020/65 final, 52020DC0065
- European Parliament, (2016a), *"Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation) (Text with EEA relevance)"*, 32016R0679
- European Parliament, (2016b), *"Artificial intelligence: Potential benefits and ethical considerations"*, PE 571.380, 2016

- European Union, (2015), *“Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects”*, EU Publications Office, economic appraisal tool for cohesion policy 2014-2020, ISBN 978-92-79-34796-2.
- Freund, Y., Schapire, R. E. (1998), *“Large margin classification using the perceptron algorithm, In Proceedings of the 11th Annual Conference on Computational Learning Theory”*, ACM Press.
- Garson, G.D. (1998), *“Neural Networks An Introductory Guide for Social Scientists”*. SAGE Publications
- Haugeland, J. (1989), *“Artificial Intelligence: The Very Idea”*, MIT Press
- Health Education England, (2019), *“The Topol Review: Preparing the healthcare workforce to deliver the digital future”*
- Hebb, D. O. (1949), *“The Organisation of Behaviour”*, John Wiley & Sons
- Hill, T., Remus, W. (1994), *“Neural network models for intelligent support of managerial decision making”*, Decis. Support Syst. 11, 449–459
- Hopfield, J.J. (1982), *“Neural networks and physical systems with emergent collective computational properties”*, Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA 79, 2554–88.
- Hornick, K., Stinchcombe, M., White, M. (1989), *“Multilayer feedforward networks are universal approximators”*, Neural Networks 2, 359-366
- Hovy, E., Navigli, R., Ponzetto, S.P. (2013), *“Collaboratively built semi-structured content and Artificial Intelligence: The story so far”*, Artificial Intelligence, Volume 194, Pages 2-27
- Japkowicz, N. (2001), *“Supervised Versus Unsupervised Binary-Learning by Feedforward Neural Networks”*, Machine Learning 42, 97–122
- Johannson E. M., Dowla, F. U., Goodman D. M. (1992), *“Backpropagation learning for multilayer feed-forward neural networks using the conjugate gradient method”*, International Journal of Neural Systems, 2: 291.
- Jones, M. T. (2015), *“Artificial Intelligence: A Systems Approach: A Systems Approach. Jones & Bartlett Learning”*, pp. 107-109
- Khashman, Z., Khashman, A. (2016), *“Anticipation of political party voting using artificial intelligence”*, Procedia Computer Science, 102 , 611 – 616
- Kirkos, E., Spathis, C., Manolopoulos, Y. (2007) *“Data Mining techniques for the detection of fraudulent financial statements”*. Elsevier, Expert Systems with Applications Volume 32, Issue 4, p995- 1003

- Kohonen, T. (1982), *"Self-organized formation of topologically correct feature maps"*, Biological Cybernetics, 43:59-69.
- Kosko, B. (1988), *"Bidirectional associative memories"*, IEEE Transactions on Systems, Man, & Cybernetics, 18(1), 49–60.
- Luger, G. F. (2002), *"Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem-Solving"*, 4th edition, Addison Wesley Longman
- Lyen, U.v.d. (2019), *"A Union that strives for more. My agenda for Europe: political guidelines for the next European Commission 2019-2024"*, EU publications
- Macron, E. (2018), *"France strategy for Artificial Intelligence"*, AI for Humanity Summit
- Maditinos, D., Chatzoglou, P. (2004), *"The use of neural networks in forecasting"*, Review of Economic Sciences, 6, pp. 161-176
- Mavaahebi, M., Nagasaka, K. (2013), *"A Neural Network and Expert Systems Based Model for Measuring Business Effectiveness of Information Technology Investment"*. American Journal of Industrial and Business Management, 3, 245-254
- Mazhar, M., Kara, S., Kaebernick, H. (2007) *"Remaining life estimation of used components in consumer products: Life cycle data analysis by Weibull and artificial neural networks"*, Journal of Operations Management, 25,1184–1193.
- McCulloch, W. S., Pitts, W. (1943), *"A statistical consequence of the logical calculus of nervous nets"*, Bulletin of Mathematical Biology 5(4):135-137.
- McKinsey & Company, (2020), *"Transforming healthcare with AI. The impact on the workforce and organizations"*
- McNelis, P.D. (2005), *"Neural Networks in Finance"*, Elsevier Academic Press.
- Mesko, B. (2020) *"Coronavirus in Context: The Impact of COVID on Digital Health"* [online] Διαθέσιμο στη: <https://www.webmd.com/coronavirus-in-context/video/bertalan-mesko> [Πρόσβαση 16 Σεπτεμβρίου 2020]
- Michalski, S., Ryszard, J. G., Carbonell, T.M. (2013), *"Machine learning: An artificial intelligence approach"*, Springer Science & Business Media, pp.88-93
- Minsky, M. (1954), *"Neural nets and the brain- problem model"*, doctoral dissertation, Princeton University.
- Modgil, S., Prakken, H. (2013), *"A general account of argumentation with preferences"*, Artificial Intelligence, 195, 361–397
- Montago, R., Sexton, R., Smith, B. (2002), *"Using neural networks for identifying organizational improvement strategies"*. European Journal of Operational Research 142(2):382-395 DOI: 10.1016/S0377-2217(01)00298-3

- Nadimpalli, M. (2017), "Artificial Intelligence - Consumers and Industry Impact", Int J Econ Manag Sci, Vol. 6, pp. 429
- Öberg, C. (2018), "How do top-management principles affect international acquisition processes? - The case of Toyota", International Journal of Comparative Management Vol. 1, Issue 4, pp. 355-376
- O'Leary, D. (1998), "Using neural networks to predict corporate failure, International Journal of Intelligent Systems in Accounting", Finance and Management 7: 187-197
- Poesche, J. (2019), "Cognition in comparative and strategic management research", International Journal of Comparative Management, Vol. 2, Is. 3-4.
- Pradhana, B., Leeb, S., Buchroithner, M.F. (2010), "A GIS-based back-propagation neural network model and its cross-application and validation for landslide susceptibility analyses", Computers, Environment and Urban Systems, Volume 34, Issue 3, p. 216-235.
- Reed, R. D., Marks, R. J. (1999), "Neural Smoothing – Supervised Learning in Feedforward Artificial Neural Networks", MIT Press
- Rich, E., Knight, K. (1991), "Artificial Intelligence", McGraw-Hill
- Rosenblatt, F. (1958), "The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain," Psychological review, vol. 65, p. 386, 1958.
- Russell, S., Norvig, P. (2003), "Artificial Intelligence: A Modern Approach", 2nd edition, Prentice Hall
- Schocken, S., Ariav, G. (1991), "Neural Networks for decision support: Problems and opportunities", Center for Research on Information Systems Information Systems Department Leonard N. Stern School of business New York University, 1991.
- Smith, K., Gupta, J. (2002), "Neural Networks for business: An introduction, first Chapter, of book Neural Networks in Business: Techniques and Applications", Monash University
- Stix, C. (2019), "A survey of the European Union's artificial intelligence ecosystem", Leverhulme Centre for the Future of Intelligence, University of Cambridge Advisor, Element AI
- Sward, D. (2006), "Measuring the Business Value of Information Technology: Practical Strategies for IT and Business Managers", Intel Press
- Tkáč, M., Verner R. (2016), "Artificial neural networks in business: Two decades of research", University of Economics in Bratislava, Department of Quantitative Methods, Tajovského 13, 04013 Košice, Slovakia Applied Soft Computing 38, 788–804

- Tolan, S., Miron, M., Gomez, E., Castillo, C. (2019), "*Why Machine Learning may lead to unfairness: Evidence from risk assessment for Juvenile Justice in Catalonia*", International Conference on AI and Law, 2019
- Trippi, R.R., Turban, E. (1993), "*Neural Networks in Finance and Investment: Using Artificial Intelligence to Improve Real-world Performance*", Probus
- Vlachavas, I., Kefalas, P., Vasiliadis, N., Kokkoras, F., Sakelariou, I. (2011), "*Artificial Intelligence*", University of Macedonia Publications.
- Winston, P.H. (1992), "*Artificial Intelligence*", 3rd edition, Addison/Wesley
- Wong, K., Selvi, Y. (1998), "*Neural network applications in finance: A review and analysis of literature (1990–1996)*", Information & management, 34(3), 129-139
- Yoon, Y, Swales, G. (1990), "*Predicting stock price performance, Proceedings of the 24th Hawaii International Conference on System Sciences*", 1, 193-209.
- Yu, L., Wang, S., Lai, K. K. (2008), "*Credit risk assessment with a multistage neural network ensemble learning approach*", Expert Systems with Applications, 34, 1434–1444.
- Zhang, G, Patuwo, B., Hu, Y. (1998), "*Forecasting with artificial neural networks: The state of the art*", International Journal of Forecasting 14: 35-62.