



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

&

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

&

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στην Υλοποίηση Διαλογικών  
Πρακτόρων**

**(Artificial Intelligence Applications in Conversational Agents)**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

του

**ΑΡΓΥΡΙΟΥ Φ. ΤΣΙΟΛΑ**

(ΑΕΜ: 116)

***Επιβλέπων : Άγγελος Μιχάλας***

Καθηγητής του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου  
Δυτικής Μακεδονίας

Καστοριά Φεβρουάριος 2022

Η παρούσα σελίδα σκοπίμως παραμένει λευκή



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
&  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
&  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στην Υλοποίηση Διαλογικών  
Πρακτόρων  
(Artificial Intelligence Applications in Conversational Agents)  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**του**

**ΑΡΓΥΡΙΟΥ Φ. ΤΣΙΟΛΑ**  
(ΑΕΜ: 116 )

***Επιβλέπων : Άγγελος Μιχάλας***

Καθηγητής του τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Δυτικής  
Μακεδονίας

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

.....  
Άγγελος Μιχάλας  
Καθηγητής Πανεπιστημίου  
Δυτικής Μακεδονίας

.....  
Δημήτριος Ι. Βέργαδος  
Αναπληρωτής Καθηγητής  
Πανεπιστημίου Δυτικής  
Μακεδονίας

.....  
Σπυρίδων Νικολάου  
Λέκτορας Πανεπιστημίου  
Δυτικής Μακεδονίας

Καστοριά Φεβρουάριος 2022

Copyright © 2022 – Αργύριος Τσιόλας

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν αποκλειστικά τον συγγραφέα και δεν αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας.

Ως συγγραφέας της παρούσας εργασίας δηλώνω πως η παρούσα εργασία δεν αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και δεν περιέχει υλικό από μη αναφερόμενες πηγές.

## Ευχαριστίες

*Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική διατριβή, και φτάνοντας ταυτόχρονα στο τέλος των μεταπτυχιακών σπουδών του Δ.Π.Μ.Σ. «Προηγμένες Τεχνολογίες Πληροφορικής και Υπηρεσίες» του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας και του Πανεπιστημίου Πειραιώς θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε ανθρώπους που με βοήθησαν σε όλη αυτή την πορεία.*

*Αρχικά, ευχαριστώ τον κ. Άγγελο Μιχάλα, καθηγητή του τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, για την ανάθεση και επίβλεψη της παρούσας διπλωματικής διατριβής.*

*Τους κ. Δημήτριο Ι. Βέργαδο και Σπυρίδων Νικολάου για την επίβλεψη της.*

*Ευχαριστώ επίσης όλους τους διδάσκοντες για τις γνώσεις που προσέφεραν καθ όλη την διάρκεια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος, καθώς επίσης και τους συμφοιτητές μου για την συνεργασία και υποστήριξη.*

*Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου για την υποστήριξη και την συμπαράσταση της σε όλη αυτή την προσπάθεια.*

## Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια στον τομέα της *Τεχνητής Νοημοσύνης (TN)* υπάρχουν πολλές και σημαντικές εξελίξεις. Εφαρμογές όπως η *Μηχανική Μάθηση (machine learning)*, η *Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (natural language processing)*, οι *ευφυείς πράκτορες (intelligent agents)*, έχουν αλλάξει τον τρόπο αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η υλοποίηση ενός *Διαλογικού πράκτορα (conversational agent - Chatbot)* ο οποίος κάνει χρήση εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης όπως, η μηχανική μάθηση, και η επεξεργασία φυσικής γλώσσας.

Ο συγκεκριμένος Διαλογικός πράκτορας θα απαντά σε συχνές ερωτήσεις χρηστών (*faq's*) σχετικές με όρους της τεχνητής νοημοσύνης.

Ένας Διαλογικός πράκτορας είναι ένα λογισμικό το οποίο είναι σχεδιασμένο να αλληλεπιδρά με το χρήστη χρησιμοποιώντας φυσική γλώσσα, και να παρέχει διάφορες μορφές υπηρεσιών.

Παράλληλα, θα εξετάσουμε αναλυτικά τους παραπάνω τομείς της Τεχνητής Νοημοσύνης οι οποίοι εκτός της χρήσης τους στην υλοποίηση Διαλογικών πρακτόρων, χρησιμοποιούνται και σε ένα μεγάλο πλήθος άλλων εφαρμογών.

Συγκεκριμένα, θα ξεκινήσουμε με μία αναφορά γενικά για την Τεχνητή Νοημοσύνη (TN). Τι ονομάζουμε TN, την ιστορία, την εξέλιξη, το παρόν και το μέλλον της.

Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε αναλυτικά στους τομείς της TN, οι οποίοι εμπλέκονται στη δημιουργία διαλογικών πρακτόρων και όχι μόνο, όπως η αναπαράσταση γνώσης, η μηχανική μάθηση, τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, η επεξεργασία φυσικής γλώσσας και οι ευφυείς πράκτορες.

Τέλος, θα παρουσιάσουμε την υλοποίηση ενός *Διαλογικού Πράκτορα (chatbot)*, όπου γίνεται χρήση όλων των παραπάνω τομέων TN που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Ο συγκεκριμένος διαλογικός πράκτορας αλληλεπιδρά με το χρήστη χρησιμοποιώντας φυσική γλώσσα, είτε μέσω *κειμένου (text)* είτε μέσω *ομιλίας (speech)* μέσω μιας ιστοσελίδας. Συγκεκριμένα, ο χρήστης υποβάλλει ερωτήματα σχετικά με όρους της TN, και η εφαρμογή του απαντά μέσω κειμένου.

**Λέξεις Κλειδιά:** *Τεχνητή Νοημοσύνη, Δοκιμασία Turing, Αναπαράσταση Γνώσης, Μηχανική Μάθηση, Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας, Διαλογικοί Πράκτορες, Chatbots, DialogFlow*

## Abstract

In recent years in the field of *Artificial Intelligence (AI)* there are many and important developments. Applications such as *machine learning, natural language processing, and intelligent agents* have changed the way humans-computer interactions work.

The purpose of this paper is to implement a *Conversational agent (Chatbot)* that uses artificial intelligence applications such as machine learning and natural language processing. This Interactive Agent will answer frequently asked questions (FAQ's) about terms of artificial intelligence. An Interactive Agent is software designed to interact with the user using natural language, and to provide a variety of services.

At the same time, we will examine in detail the following areas of Artificial Intelligence which, in addition to their use in the implementation of Interactive Agents, are also used in a large number of other applications.

In particular, we will start with a report on artificial intelligence in general (AI). What we call AI, its history, evolution, present and future.

In the following, we will refer in detail to the areas of AI, which are involved in the creation of interactive agents and not only, such as knowledge representation, machine learning, artificial neural networks, natural language processing and intelligent agents.

Finally, we will present the implementation of an interactive agent (chatbot), where all the above mentioned AI domains are used.

This interactive agent interacts with the user using natural language, either through text or speech through a web page.

Specifically, the user asks questions about the terms of the AI, and the application responds via text.

***Key Words:*** *Artificial Intelligence, Turing Test, Knowledge Representation, Machine Learning, Artificial Neural Networks, Natural Language Processing, Conversational Agents, Chatbots, DialogFlow*

## Περιεχόμενα

Εισαγωγή .....	9
1. Τεχνητή Νοημοσύνη.....	11
1.1 Τι είναι Τεχνητή Νοημοσύνη.....	11
1.1.1 Ορισμός της Νοημοσύνης.....	11
1.1.2 Ορισμός της Τεχνητής Νοημοσύνης.....	12
1.1.3 Προσεγγίσεις της ΤΝ.....	13
1.1.4 Δοκιμασία Turing.....	14
1.1.5 Ασθενής ΤΝ – Ισχυρή ΤΝ.....	16
1.2 Η εξέλιξη της Τεχνητής Νοημοσύνης.....	18
1.3 Η Τεχνητή Νοημοσύνη σήμερα.....	21
1.4 Πεδία εφαρμογών της Τεχνητής Νοημοσύνης.....	23
1.5 Το μέλλον της Τεχνητής Νοημοσύνης.....	24
2. Αναπαράσταση Γνώσης.....	28
2.1 Αναπαράσταση Γνώσης.....	28
2.2 Δεδομένα, πληροφορία, γνώση.....	28
2.3 Μέθοδοι Αναπαράστασης Γνώσης.....	30
2.3.1 Διαδικαστική Αναπαράσταση.....	31
2.3.2 Λογική.....	31
2.3.2.1 Προτασιακή λογική.....	31
2.3.2.2 Κατηγορηματική Λογική.....	33
2.3.3 Δομημένες Αναπαραστάσεις Γνώσης.....	34
2.3.3.1 Σημασιολογικά Δίκτυα.....	34
2.3.3.2 Πλαίσια.....	36
2.3.3.3 Αντικείμενα.....	36
2.3.3.4 Σενάρια.....	37
2.3.3.5 2.3.3.5	
<b>Οντολογίες</b> .....	39
2.3.3.6 2.3.3.6	
<b>Κανόνες</b> .....	39
3. Μηχανική Μάθηση.....	41



3.1	Εισαγωγή.....	41
3.2	Είδη μηχανικής μάθησης.....	43
3.2.1	Μάθηση με επίβλεψη.....	44
3.2.1.1	Ταξινόμηση.....	44
3.2.1.1.1	Ο αλγόριθμος των K πλησιέστερων γειτόνων.....	45
3.2.1.1.2	Δέντρα απόφασης.....	47
3.2.1.2	Γραμμική παλινδρόμηση.....	48
3.2.2	Μάθηση χωρίς επίβλεψη.....	50
	3.2.2.1 Κανόνες <b>συσχέτισης</b> .....	50
	3.2.2.2 Ομαδοποίηση.....	51
3.2.3	Ενισχυτική μάθηση.....	53
3.3	Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα.....	55
3.3.1	Βιολογικά Νευρωνικά Δίκτυα.....	55
3.3.2	Είδη μάθησης και κατηγορίες προβλημάτων.....	57
3.3.3	Μοντέλο Τεχνητού Νευρώνα.....	58
	3.3.3.1 Συνάρτηση ενεργοποίησης.....	58
3.3.4	ΤΝΔ Πρόσθιας Τροφοδότησης.....	59
	3.3.4.1 <i>Perceptron</i> .....	60
	3.3.4.2 ΤΝΔ Πολλαπλών Επιπέδων.....	60
3.4	Παράδειγμα Λειτουργίας Νευρωνικού Δικτύου.....	61
3.5	Ανακάλυψη Γνώσης σε Βάσεις Δεδομένων.....	63
4.	Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας.....	65
4.1	Εισαγωγή.....	65
4.2	Δυσκολίες στην κατανόηση φυσικής γλώσσας.....	65
	4.2.1 <b>Λεξικό</b> .....	67
	4.2.2. Γραμματική.....	67
4.3	Συντακτική ανάλυση.....	68
4.4	Αλγόριθμοι διόρθωσης ορθογραφικών λαθών.....	70

	4.4.1 Μοντέλο	
<b>Χαρακτήρων</b> .....		70
4.4.2 Ηχητικό Μοντέλο.....		71
4.5 Σηματολογική Ανάλυση.....		71
4.5.1 Αντιμετώπιση Αμφιβολίας στην Ερμηνεία.....		71
4.6 Πραγματολογική Ανάλυση.....		72
4.7 Παραγωγή Φυσικής Γλώσσας.....		72
4.8 Αναγνώριση Ομιλίας.....		73
<b>5. Συστήματα Πρακτόρων</b> .....		74
5.1 Είδη Πρακτόρων.....		75
	5.1.1 Πράκτορες	
<b>Λογισμικού</b> .....		76
5.1.2 Χαρακτηριστικά Πρακτόρων Λογισμικού.....		76
5.1.3 Είδη και Εφαρμογές Πρακτόρων Λογισμικού.....		77
5.2 Διαλογικοί Πράκτορες.....		77
5.2.1 Κατηγορίες Διαλογικών Πρακτόρων.....		78
5.2.2 Τεχνολογίες Διαλογικών Πρακτόρων.....		79
5.2.3 Εφαρμογές Διαλογικών Πρακτόρων.....		81
5.3 Chatbots.....		82
5.3.1 Εφαρμογές των Chatbots.....		82
5.3.2 Τρόπος λειτουργίας των Chatbots.....		83
5.4 Ιστορική Αναδρομή.....		84
5.5 Είδη Chatbots.....		85
5.5.1 Κατηγορίες Chatbots.....		85
5.6 Σχεδιασμός και Ανάπτυξη.....		87
<b>6. Υλοποίηση Διαλογικού Πράκτορα (Chatbot)</b> .....		90
6.1 Εισαγωγή.....		90
6.2 DialogFlow.....		90
6.3 Χρήση των Διαλογικών πρακτόρων στην Εκπαίδευση.....		102
<b>Συμπεράσματα</b> .....		103
<b>Προτάσεις μελλοντικής επέκτασης</b> .....		105



## Λίστα Σχημάτων

	Εικόνα 2: Η Δοκιμασία	
Turing.....		15
	Εικόνα 3: Το Κινεζικό	
δωμάτιο.....		17
Εικόνα 4: Τα τρία είδη της Τεχνητής Νοημοσύνης.....		27
Εικόνα 5: Η πυραμίδα της γνώσης.....		30
	Εικόνα 6: Σημασιολογικό	
δίκτυο.....		35
	Εικόνα 7: Ιεραρχική δομή πλαισίων της έννοιας	
όχημα.....		36
	Εικόνα 8: Παράδειγμα χειρόγραφων αριθμών από το σύνολο δεδομένων MNIST.....	45
	Εικόνα 9: Ο αλγόριθμος των K- πλησιέστερων	
γειτόνων.....		45
	Εικόνα 10: Το δέντρο απόφασης του πίνακα	
5.....		48
Εικόνα 11: Αντιστοιχία μεταβλητών ηλικίας (x) - πίεσης (y).....		49
	Εικόνα 12: Γραφική παράσταση των μεταβλητών x και	
y.....		50
	Εικόνα 13: Παράδειγμα εκτέλεσης του αλγόριθμου k-means για	
k=2.....		53
	Εικόνα 14: Αλληλεπίδραση πράκτορα –	
περιβάλλοντος.....		54
	Εικόνα 15: Αναπαράσταση βιολογικού	
νευρώνα.....		56
	Εικόνα 16: Μοντέλο τεχνητού	
νευρώνα.....		58
	Εικόνα 17: Η βηματική	
συνάρτηση.....		59
	Εικόνα 18: Η σιγμοειδής	
συνάρτηση.....		59
	Εικόνα 19: Τεχνητό νευρωνικό δίκτυο πολλαπλών	
επιπέδων.....		60
Εικόνα 20: Αναπαράσταση των αριθμών 0 και 1 ως εικονοστοιχεία (pixels).....		62

Εικόνα 21: Το συντακτικό δέντρο της πρότασης "Ο βασιλιάς είναι νεκρός".....	69
Εικόνα 22: Διασύνδεση χρήστη - περιβάλλοντος.....	74
Εικόνα 23: Κατηγορίες πρακτόρων.....	75
Εικόνα 24: Ρομποτικοί πράκτορες.....	75
Εικόνα 25: Λογισμικοί πράκτορες.....	75
Εικόνα 26: Παράδειγμα διαλόγου του Chatbot ELIZA.....	80
Εικόνα 27: Παράδειγμα συντακτικού δέντρου.....	80
Εικόνα 28: Δημοφιλία των Chatbots.....	83
Εικόνα 29: Γενική αρχιτεκτονική ενός Chatbot.....	87
Εικόνα 30: Η δομή ενός intent.....	91
Εικόνα 31: Η βασική ροή αντιστοίχισης intent και απάντησης στον χρήστη.....	92
Εικόνα 32: Το intent Δοκιμασία Turing.....	93
Εικόνα 33: Το intent Fallback.....	93
Εικόνα 34: Η απάντηση που θα εμφανιστεί στον χρήστη.....	94
Εικόνα 35: Το αρχείο JSON της απάντησης του Chatbot στον χρήστη.....	95
Εικόνα 36: Απάντηση σε μία μη συντακτικά ορθή πρόταση.....	96
Εικόνα 37: Η default απάντηση σε περίπτωση αστοχίας.....	97
Εικόνα 38: Αντιστοίχιση της φράσης με το intent "Δοκιμασία Turing".....	97

Εικόνα 39: Το Chatbot επιστρέφει την σωστή απάντηση.....	98
Εικόνα 40: Ο κώδικας ενσωμάτωσης του Chatbot στην ιστοσελίδα.....	99
Εικόνα 41: Η αρχική οθόνη της ιστοσελίδας.....	99
Εικόνα 42: Το γραφικό περιβάλλον της διεπαφή.....	100
Εικόνα 43: Υποβολή ερώτησης και απάντηση.....	100
Εικόνα 44: Η default απάντηση σε περίπτωση αστοχίας.....	101
Εικόνα 45: Χρήση φωνητικής εντολής από τον χρήστη.....	102

## Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1: Τα συνδετικά σύμβολα της προτασιακής λογικής.....	32
Πίνακας 2: Πίνακας αληθείας των συνδετικών της προτασιακής λογικής.....	33
Πίνακας 3: Σενάριο εννοιολογικής εξάρτησης.....	39
Πίνακας 4: Πίνακας αντιμετώπισης προβλημάτων.....	40
Πίνακας 5: Περιπτώσεις έγκρισης - απόρριψης αίτησης δανείου.....	47
Πίνακας 6: Αντιστοιχία καλαθιού αγορών – προϊόντων.....	51

## Εισαγωγή

Σκοπός της εργασίας είναι η αναλυτική παρουσίαση των εφαρμογών *Τεχνητής Νοημοσύνης* που χρησιμοποιούνται στην υλοποίηση *Διαλογικών Πρακτόρων* (*conversational agents*), μία υποκατηγορία των *ευφύων πρακτόρων* (*intelligent agents*).

Με τον όρο *ευφυείς πράκτορες* εννοούμε λογισμικό το οποίο αντιλαμβάνεται το περιβάλλον μέσα στο οποίο βρίσκεται μέσω αισθητήρων, και ενεργεί σε αυτό, ενώ οι *διαλογικοί πράκτορες* αλληλεπιδρούν με το χρήστη μέσω φυσικής γλώσσας, προσδίδοντας στην αλληλεπίδραση χαρακτηριστικά ανθρώπινης συνομιλίας.

Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης οι οποίες εμπλέκονται στην δημιουργία *διαλογικών πρακτόρων* είναι η *αναπαράσταση γνώσης* (*knowledge representation*), η *μηχανική μάθηση* (*machine learning*), τα *τεχνητά νευρωνικά δίκτυα* (*artificial neural networks*), η *επεξεργασία φυσικής γλώσσας* (*natural language processing*).

Στόχος της παρούσας εργασίας εκτός από την λεπτομερή αναφορά των παραπάνω τομέων TN που εμπλέκονται στην δημιουργία Διαλογικών Πρακτόρων, είναι και η υλοποίηση ενός ενδεικτικού Διαλογικού Πράκτορα, ο οποίος θα απαντά σε συχνές ερωτήσεις χρηστών (faq's) σχετικές με όρους της TN. Ο Διαλογικός αυτός πράκτορας θα αλληλεπιδρά με το χρήστη χρησιμοποιώντας φυσική γλώσσα μέσω μιας ιστοσελίδας.

Συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία αναφορά γενικά για την Τεχνητή Νοημοσύνη (TN), την ιστορία, την εξέλιξη, το παρόν και το μέλλον της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα αναφερθούμε στην *Αναπαράσταση Γνώσης* (*knowledge representation*), δηλαδή τους τρόπους με τους οποίους αναπαριστάται η γνώση ενός κόσμου σε ένα υπολογιστικό σύστημα, καθώς επίσης και τις έννοιες δεδομένα, πληροφορία, γνώση.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα μελετήσουμε την *Μηχανική Μάθηση* (*machine learning*), και τα πεδία εφαρμογών της, ενώ θα εστιάσουμε και στα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο θα αναφερθούμε στην *Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας* (*natural language processing*), δηλαδή τους τρόπους με τους οποίους γίνεται η κατανόηση της φυσικής γλώσσας από ένα υπολογιστικό σύστημα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο θα μελετήσουμε τα Συστήματα Πρακτόρων, σε ποιες κατηγορίες χωρίζονται ενώ θα εστιάσουμε στους *Διαλογικούς Πράκτορες* (*conversational agents*) και συγκεκριμένα σε μία δημοφιλή κατηγορία τους τα *Chatbots*.

Στο έκτο κεφάλαιο, θα παρουσιάσουμε τα βήματα υλοποίησης ενός απλού Διαλογικού Πράκτορα, που χρησιμοποιεί τη φυσική γλώσσα για την αλληλεπίδραση του με το χρήστη χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα *DialogFlow* της *Google*.



# 1. Τεχνητή Νοημοσύνη

---

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούμε στο τι είναι *Τεχνητή Νοημοσύνη*, θα ορίσουμε τους όρους *Νοημοσύνη* και *Τεχνητή Νοημοσύνη*, θα δούμε την εξέλιξη της μέχρι σήμερα, θα αναφερθούμε στα ερευνητικά της πεδία και στα πεδία της καθημερινής ζωής που έχει εφαρμογή, και τέλος θα αναφερθούμε στον μέλλον της.

## 1.1 Τι είναι Τεχνητή Νοημοσύνη

*Τεχνητή νοημοσύνη - TN (Artificial Intelligence)* είναι ο τομέας της επιστήμης των υπολογιστών, που ασχολείται με την σχεδίαση ευφύων υπολογιστικών συστημάτων, συστημάτων δηλαδή που επιδεικνύουν χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την νοημοσύνη στην ανθρώπινη συμπεριφορά. [1] Αυτός ο ορισμός που διατυπώθηκε από τους *Barr* και *Feigenbaum* είναι ανάμεσα στους πολλούς που έχουν διατυπωθεί για την τεχνητή νοημοσύνη, επειδή πρόκειται για μία πολυσυλλεκτική γνωστική περιοχή τα όρια της οποίας είναι ασαφή και έχουν μεγάλη έκταση.

Αρκετοί ορισμοί έχουν δοθεί στην TN και αυτό γιατί η Τεχνητή Νοημοσύνη αντλεί από πολλούς τομείς ( Μαθηματικά, Φιλοσοφία, Μηχανική, Βιολογία, κτλ ) πράγμα το οποίο της δίνει το προεπιστημονικό της χαρακτήρα. Από τον παραπάνω ορισμό είναι φανερό ότι για να οριστεί η έννοια *νοήμων* ( *ευφυές* ) υπολογιστικό σύστημα, πρέπει να ορίσουμε πρώτα τον όρο *Νοημοσύνη*.

Η φύση των προβλημάτων με τα οποία ασχολούνται τα συστήματα TN είναι συνήθως δύσκολα, των οποίων η λύση είναι αδύνατη χρησιμοποιώντας τη χρονοβόρα εξέταση όλων των πιθανών λύσεων. Ένα ευφύες ( νοήμων ) υπολογιστικό σύστημα πρέπει να μπορεί να πλοηγείται σε ένα πολύ μεγάλο χώρο αναζήτησης, επιλέγοντας τη διαδρομή η οποία θα το οδηγήσει στις περισσότερες περιπτώσεις στην καλύτερη λύση. Οι μηχανισμοί αυτοί οι οποίοι εστιάζουν και ερευνούν σε έναν μεγάλο χώρο αναζήτησης λύσεων ονομάζονται ευρετικοί, και είναι μία θεμελιώδης έννοια στο χώρο της TN και είναι το χαρακτηριστικό που διακρίνει τις μεθόδους της TN από τις υπόλοιπες υπολογιστικές μεθόδους. [2]

### 1.1.1 Ορισμός της Νοημοσύνης

Στο ερμηνευτικό λεξικό του *Cambridge* αναφέρεται πως *νοημοσύνη* είναι η *ικανότητα για μάθηση, κατανόηση και κρίση, η αιτιολογημένη έκφραση γνώμης* [3], ενώ συνώνυμα είναι οι λέξεις *ευφυΐα, λογική, κατανόηση*. Όλες αυτές οι έννοιες σχετίζονται με την ορθολογική σκέψη, το συλλογισμό, την κατανόηση, την επίλυση προβλημάτων, κτλ. Σημαντικό ρόλο στην δημιουργία της νοημοσύνης διαδραματίζουν οι αισθήσεις και η μνήμη, οι οποίες όμως από μόνες τους δεν αρκούν. Συχνά γίνεται λόγος για την *Συναισθηματική Νοημοσύνη* (*Emotional Intelligence*) που είναι η ικανότητα των ατόμων να αναγνωρίζουν τα δικά τους, καθώς και τα συναισθήματα των άλλων, και να χρησιμοποιούν την συναισθηματική πληροφορία ως οδηγό σκέψης και συμπεριφοράς. [4]

Επίσης, η *Κοινωνική Νοημοσύνη* *Social (Collective Intelligence)* είναι η ικανότητα ενός ατόμου να γνωρίζει τον εαυτό του και τους άλλους, και να αλληλεπιδρά μαζί

τους μέσα σε ένα κοινωνικό περιβάλλον. Η μελέτη της κοινωνικής νοημοσύνης είναι πολύ χρήσιμη στην επιστήμη της πληροφορικής για την κατασκευή κοινωνικών ρομπότ, και ευφυών πρακτόρων.

Όλες αυτές οι ικανότητες έχουν το χαρακτηριστικό ότι λαμβάνονται σχετικά εύκολα από τους ανθρώπους και βασίζονται σε ένα σύνολο στερεότυπων γνώσεων - απόψεων που έχουν όλοι οι άνθρωποι και ονομάζεται *Κοινή Λογική (Common Sense)*.

Στο ερμηνευτικό λεξικό των *Merriam - Webster* αναφέρεται ως *κοινή λογική είναι η ορθή, πρακτική κρίση σχετικά με θέματα της καθημερινότητας ή μία βασική ικανότητα αντίληψης, κατανόησης και κρίσης, με τρόπο που μοιράζονται σχεδόν όλοι οι άνθρωποι*.

Ας πάρουμε για παράδειγμα την πρόταση “*Είδα μία φωτογραφία της Καστοριάς. Είναι πολύ ωραία*”. Αν και η πρόταση είναι σημασιολογικά μερικώς ασαφής, προφανώς εννοώ ότι η πόλη της Καστοριάς είναι πολύ ωραία, και όχι η φωτογραφία. Ενώ για τον άνθρωπο αποτελεί μέρος της κοινής λογικής του, αυτό δεν ισχύει για ένα υπολογιστικό σύστημα, το οποίο απαιτεί τεράστια γνώση για φωτογραφίες, τη συγκεκριμένη πόλη, προσωπικές απόψεις, κτλ. Η κοινή λογική είναι η βάση πάνω στην οποία λειτουργεί ένας άνθρωπος, που στερείται σοβαρών σωματικών και συναισθηματικών διαταραχών. Είναι εξαιρετικά δύσκολο, αν όχι αδύνατο με καταγραφεί με σαφή τρόπο η κοινή λογική και να γίνει η διαχείριση της από κάποιον. Η επιστήμη που εξετάζει την νοημοσύνη και τη συμπεριφορά, και εστιάζει στο πως το νευρικό σύστημα αναπαριστά, επεξεργάζεται και μετασχηματίζει τις πληροφορίες ονομάζεται *Γνωστική Γνωσιολογική Επιστήμη (Cognitive Science)*.

Γενικά, ισχύει ότι όσο πιο απλή και αυτονόητη είναι για τους ανθρώπους μία λειτουργία, όπως η ανάγνωση, η ομιλία, η αναγνώριση προσώπων, η μετακίνηση, κτλ, τόσο πιο δύσκολο είναι η περιγραφή της με έναν μαθηματικό αλγόριθμο ώστε να παραχθεί ένα πρόγραμμα και να μεταφερθεί σε ένα υπολογιστικό σύστημα.

Αντιθέτως, αν μία εργασία είναι δύσκολη και απαιτεί λεπτομερή σχεδιασμό των βημάτων που πρέπει να γίνουν ώστε να παραχθεί το αναμενόμενο αποτέλεσμα, τότε είναι η δυνατή η λεπτομερής καταγραφή των βημάτων με κάποιο πρόγραμμα, όπως η εύρεση της συντομότερης διαδρομής για μετακίνηση, η επίλυση ενός προβλήματος, κτλ.

### 1.1.2 Ορισμός της Τεχνητής Νοημοσύνης

Στην αρχή του κεφαλαίου δώσαμε τον παρακάτω ορισμό για την Τεχνητή Νοημοσύνη: *Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence) είναι ο τομέας της επιστήμης των υπολογιστών που ασχολείται με τη σχεδίαση ευφυών υπολογιστικών συστημάτων, δηλαδή συστημάτων που επιδεικνύουν χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την νοημοσύνη στην ανθρώπινη συμπεριφορά*.

Σίγουρα, οι έννοιες **τεχνητή** και **νοημοσύνη** δεν είναι απολύτως σαφείς. Για αυτό το λόγο ο όρος τεχνητή νοημοσύνη έχει προκαλέσει έντονες συζητήσεις στην επιστημονική κοινότητα, αλλά και εκτός αυτής το οποίο είναι απολύτως αναμενόμενο λόγω του ότι τα όρια του πεδίου της ΤΝ δεν έχουν σταθεροποιηθεί ακόμη, λόγω του ότι συνεχώς επεκτείνονται και σε νέες κατευθύνσεις.

Από τους ορισμούς που έχουν διατυπωθεί για την ΤΝ, ορισμένοι έχουν ως κέντρο τους την διαδικασία της σκέψης και του συλλογισμού, ενώ άλλοι τη συμπεριφορά. Κατά τους *Russell* και *Norwing*, συγγραφείς του βιβλίου *Artificial Intelligence A Modern Approach*, οι διάφοροι ορισμοί της ΤΝ ταξινομούνται σε τέσσερις κατηγορίες:

- 1) Συστήματα που σκέφτονται σαν τον άνθρωπο. Ένας χαρακτηριστικός ορισμός δίνεται από το *Haugeland* το 1985. *Η προσπάθεια για να κάνουμε τους υπολογιστές να σκέφτονται... μηχανές με νόηση, με την πλήρη και κυριολεκτική έννοια.* [5]
- 2) Συστήματα που σκέφτονται λογικά. Για παράδειγμα, ο *Winston* ορίζει την ΤΝ ως: *Η μελέτη των υπολογιστικών εργασιών που μας δίνουν τη δυνατότητα να αντιλαμβανόμαστε, να συλλογιζόμαστε, και να ενεργούμε.* [6]
- 3) Συστήματα που ενεργούν σαν τον άνθρωπο. Αναφέρουν σχετικά οι *Rich* και *Knight*: *Η μελέτη του πώς να κάνουν οι υπολογιστές πράγματα στα οποία προς το παρόν οι άνθρωποι είναι καλύτεροι.* [7]
- 4) Συστήματα που ενεργούν ορθολογικά. Ο *Luger* αναφέρει : Ο τομέας της επιστήμης των υπολογιστών που πραγματεύεται την αυτοματοποίηση της ευφυούς συμπεριφοράς. [8]

Από τους παραπάνω ορισμούς γίνεται φανερό ότι η ΤΝ είναι ένας συνεχής εξελισσόμενος τομέας της επιστήμης των υπολογιστών, διευρύνοντας τα όρια της τεχνολογίας προς όφελός του ανθρώπου. Και αυτό είναι αλήθεια, γιατί αν και η τεχνολογία μας επιτρέπει να κατασκευάζουμε υπολογιστικά συστήματα τα οποία μπορούν να αποθηκεύουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων με γρήγορη προσπέλαση σε αυτά, αυτά τα συστήματα απαιτούν ειδικές γνώσεις για το χειρισμό τους, δεν είναι εύκολα προσαρμόσιμα στις ανάγκες του κάθε χρήστη, ως επί το πλείστον επιλύουν αριθμητικά προβλήματα και όχι δύσκολα προβλήματα της καθημερινότητας, και δεν μαθαίνουν από τα λάθη τους. Η έρευνα στην ΤΝ καλύπτει ένα μεγάλο φάσμα επιστημονικών περιοχών, και ήδη έχει δώσει λύσεις σε αρκετά από τα παραπάνω προβλήματα. Όπως θα δούμε παρακάτω σε άλλο κεφάλαιο, εφαρμόζοντας *μηχανική μάθηση* σε ένα υπολογιστικό σύστημα, του δίνουμε την δυνατότητα να μαθαίνει από τα λάθη του, ενώ ενδεικτικά άλλες περιοχές έρευνας της ΤΝ είναι η *Επεξεργασία και Κατανόηση Φυσικής Γλώσσας (Natural Language processing)*, οι *Διαλογικοί Πράκτορες (Conversational Agents)*, η *Ρομποτική (Robotics)*, οι *Ευφυείς Υπηρεσίες Διαδικτύου (Intelligent Internet Services)*, και άλλα.

### 1.1.3 Προσεγγίσεις της ΤΝ

Κατά την εμφάνιση των πρώτων υπολογιστικών συστημάτων, αυτά χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την επεξεργασία αριθμών. Ένα είδος συμβόλου είναι ο αριθμός. Άλλα είδη συμβόλων είναι οι λέξεις, οι εικόνες, τα σχήματα, κτλ. Γενικεύοντας την επεξεργασία αριθμών, σε επεξεργασία συμβόλων, επιτυγχάνουμε μία γενική και πιο χρήσιμη θεώρηση των υπολογιστικών συστημάτων ως επεξεργαστές συμβόλων. Αυτή ακριβώς η θεώρηση έχει πολύ μεγάλη σημασία για την ΤΝ, γιατί η επεξεργασία της γνώσης αποτελεί κυρίαρχο μέρος των συστημάτων

TN, όπου μέσω αυτών των υπολογιστικών συστημάτων επιτυγχάνεται η αναπαράσταση της γνώσης με τυπικό, συμβολικό τρόπο.

Βέβαια, αυτή η θεώρηση της TN ( η επεξεργασία συμβόλων) έχει και μερικά σοβαρά προβλήματα. Αυτό γιατί ένα σύμβολο μόνο του, είναι απλώς ένα σύμβολο. Δεν υποδηλώνει κάτι. Για να αποκτήσει κάποιο νόημα, πρέπει να συνδεθεί με άλλα σύμβολα. Εκτός των άλλων, τα ονόματα που δίδονται σε σύμβολα επιλέγονται έτσι ώστε να έχουν κάποιο νόημα για τους ανθρώπους.

Για αυτό το λόγο είναι πρακτικά αδύνατο να κατασκευαστεί ένας συμβολικός κώδικας ο οποίος να αναπαριστά με πλήρη σαφήνεια και χωρίς παρερμηνείες μία μοναδική άποψη του κόσμου. Γενικά, τα προγράμματα που επεξεργάζονται σύμβολα κάνουν χρήση μιας αφαιρετικής αναπαράστασης του κόσμου, και μιας διαδικασίας για την επεξεργασία τους. Ωστόσο, οι διεργασίες στο φυσικό κόσμο δεν λειτουργούν έτσι. Παίρνοντας για παράδειγμα τον ανθρώπινο εγκέφαλο, γνωρίζουμε ότι δεν υπάρχει κάποιος γενικός μηχανισμός που να ελέγχει τις λειτουργίες που εκτελούν τα τμήματα του, ενώ οι μηχανισμοί που επεξεργάζονται την γνώση, και ίδια η γνώση δεν γνωρίζουμε με ακρίβεια σε ποια συγκεκριμένα σημεία βρίσκονται.

Για παράδειγμα, η ημερομηνία γέννησης ενός ανθρώπου δεν είναι αποθηκευμένη σε κάποιο συγκεκριμένο κύτταρο, ούτε αυτή την πληροφορία την διαχειρίζεται ένα συγκεκριμένο τμήμα του εγκεφάλου Αυτό αποδεικνύεται από το ότι αν συμβούν στον εγκέφαλο μικρές τοπικές βλάβες, δεν προκαλούν απώλειες συγκεκριμένων πληροφοριών. Έχοντας υπόψη τα παραπάνω μπορούμε να διακρίνουμε δύο προσεγγίσεις για την TN:

- **Η Συμβολική Τεχνητή Νοημοσύνη ( Symbolic AI)** που ασχολείται με την προσομοίωση του τρόπου που μαθαίνει ο ανθρώπινος εγκέφαλος, χρησιμοποιώντας ως δομικές μονάδες τα σύμβολα. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στην ενσωμάτωση των κανόνων της ανθρώπινης γνώσης και συμπεριφοράς σε προγράμματα υπολογιστών.
- **Η Υπολογιστική Νοημοσύνη (Computational Intelligence)** ή **Μη Συμβολική Τεχνητή Νοημοσύνη ( No Symbolic AI)** που βασίζεται στην προσομοίωση της διαδικασίας εξέλιξης των ειδών χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως τα *Νευρωνικά Δίκτυα ( Neural Networks)* καθώς επίσης και τους *Γενετικούς Αλγόριθμους ( Genetic Algorithms)*.

#### 1.1.4 Δοκιμασία Turing

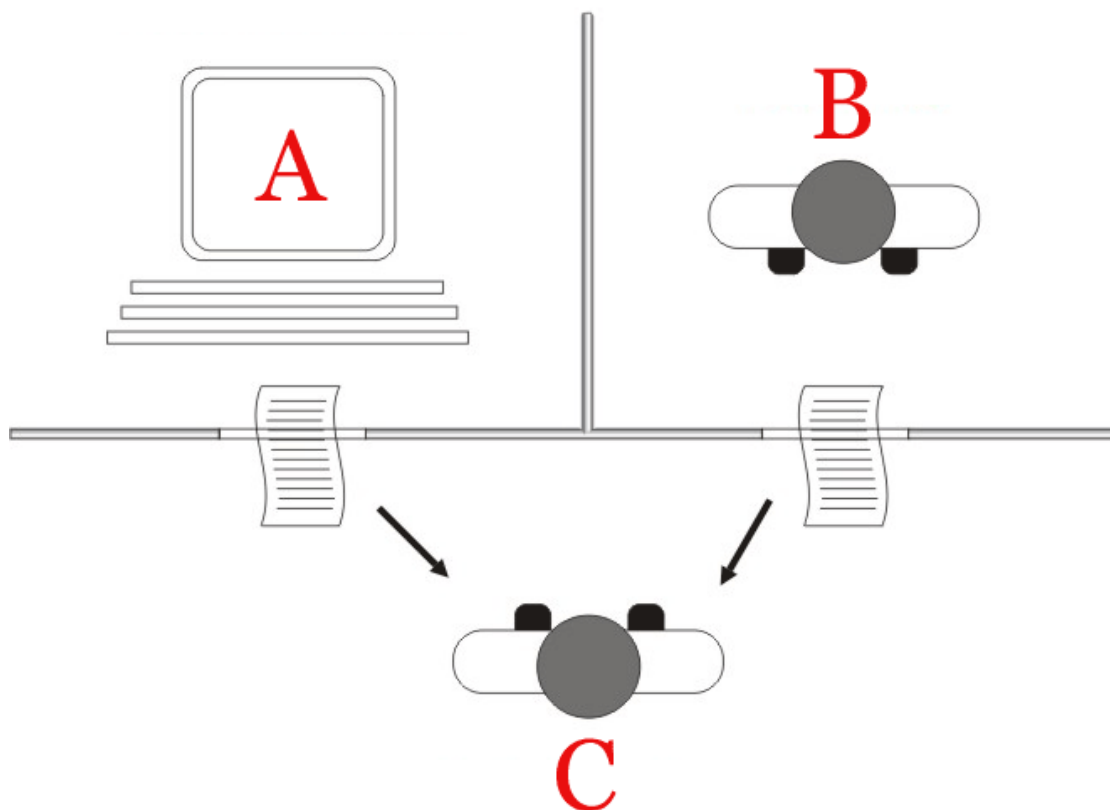
Ο *Alan Turing* (1912-1954) ο οποίος θεωρείται ο θεμελιωτής της TN, στην περίφημη εργασία του *Computing Machinery and Intelligence* το 1950 ξεκινά με τη φράση: " *I propose the question, can machines think?*" (*Προτείνω να εξετάσω το ερώτημα: μπορούν οι μηχανές να σκεφτούν?*). [9]

Επειδή το να ορίσει κανείς τη λέξη *σκέψη* είναι δύσκολο, πρότεινε ότι αντί να ρωτάμε αν οι μηχανές έχουν την ικανότητα να σκεφτούν, θα πρέπει να ρωτάμε αν οι μηχανές μπορούν να περάσουν μία δοκιμή ευφυούς συμπεριφοράς, η οποία κατέληξε να ονομάζεται *Δοκιμασία Turing (Turing Test)* και είναι η εξής:

## Δοκιμασία Turing

Υπάρχουν σε έναν χώρο τρία ξεχωριστά δωμάτια. Στο ένα βρίσκεται ένας υπολογιστής, στο άλλο ένας άνθρωπος, και στο άλλο ένας άλλος άνθρωπος, ο οποίος παίζει το ρόλο του εξεταστή. Ο εξεταστής δεν ξέρει σε ποιο δωμάτιο βρίσκεται ο υπολογιστής και σε ποιο ο άνθρωπος. Ο εξεταστής επικοινωνεί με τους άλλους δύο μέσω τερματικών. Ο εξεταστής θέτει και στους δύο την ίδια στιγμή διάφορα ερωτήματα, και συγκρίνοντας τις απαντήσεις που παίρνει προσπαθεί να αντιληφθεί ποια απάντηση έδωσε ο άνθρωπος και ποια ο υπολογιστής. Εάν ο εξεταστής δεν μπορέσει να διακρίνει τον άνθρωπο από τον υπολογιστή, τότε θεωρούμε ότι ο υπολογιστής κατέχει ευφυΐα [Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε].

Ο *Turing* εκτίμησε ότι μέχρι το 2000, ένας υπολογιστής με  $10^9$  μονάδες αποθήκευσης θα μπορούσε να προγραμματιστεί αρκετά καλά ώστε η πιθανότητα ο εξεταστής να κάνει λάθος, δηλαδή να αποτύχει να διακρίνει τον άνθρωπο από τον υπολογιστή, θα είναι μεγαλύτερη του 30%.



Εικόνα 1

Εικόνα 2: Η Δοκιμασία Turing

Η πρόβλεψη του *Turing* δεν επαληθεύτηκε τη συγκεκριμένη ημερομηνία, εν τούτοις όμως το 2001 το πρόγραμμα *ALICE* ξεγέλασε έναν κριτή στο διαγωνισμό *Loebner Prize*, όπως επίσης και τα προγράμματα *ELIZA* και *MGONZ* τα οποία ξεγέλασαν ανθρώπους που δεν συνειδητοποίησαν ότι συνομιλούν με ένα πρόγραμμα.

Ο προγραμματισμός ενός υπολογιστή, ώστε αυτός να περάσει την δοκιμασία *Turing*, χρειάζεται την συνεργασία και άλλων επιστημονικών πεδίων, όπως της *Επεξεργασίας Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing)* για την επικοινωνία μεταξύ ανθρώπου - υπολογιστή, της *Αναπαράστασης Γνώσης (Knowledge Representation)*, της *Αυτοματοποιημένης Συλλογιστικής (Automated Reasoning)* για την εξαγωγή συμπερασμάτων, της *Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning)* ώστε το σύστημα να μαθαίνει μόνο του για να προσαρμόζεται σε νέες καταστάσεις, κτλ. [10]

Αρχικά, η *Δοκιμασία Turing* δεν περιελάμβανε την φυσική επαφή μεταξύ ανθρώπου και μηχανής, ωστόσο μία προέκταση της, η *πλήρης Δοκιμασία Turing* έχει συμπεριλάβει και την αναγνώριση αντικειμένων και εικόνων, χωρίς να υπάρχει οπτική επαφή με τους εξεταζόμενους. Για να γίνει αυτό εφικτό, χρειάζεται και η σύμπραξη άλλων δυο επιστημονικών πεδίων, της *Μηχανικής Όρασης (Machine Vision)* για την οπτική εξακρίβωση των αντικειμένων και της *Ρομποτικής (Robotics)* για την μετακίνησή τους.

Το 2014 ένα πρόγραμμα υπολογιστή το *Eugene Goostman*, πέρασε για πρώτη φορά την *πλήρη Δοκιμασία Turing* που διοργανώθηκε στη Royal Society του Λονδίνου [11], αφού κατόρθωσε να παραπλανήσει το 33% των κριτών.

Η *Δοκιμασία Turing* έγινε αντικείμενο κριτικής σχετικά με το ότι το μέτρο σύγκρισης της δοκιμασίας είναι η ανθρώπινη ευφυΐα, με όλους τους περιορισμούς που συνεπάγεται αυτό. Ένας υπολογιστής που υπερέχει του ανθρώπου σε κάποιο ζήτημα, για να περάσει τη δοκιμασία θα πρέπει να μειώσει την ικανότητα του στο επίπεδο του ανθρώπου. Για παράδειγμα, γνωρίζουμε ότι ο υπολογιστής υπερτερεί από τον άνθρωπο σε ταχύτητα εκτέλεσης μαθηματικών πράξεων. Άρα, αν ο εξεταστής ζητήσει τον υπολογισμό μίας περίπλοκης αλγεβρικής παράστασης, ο υπολογιστής μπορεί να ξεγελάσει τον εξεταστή με το να του δώσει μία λανθασμένη απάντηση στον ίδιο χρόνο που θα χρειαζόταν ο άνθρωπος. Αυτό είναι ένα από τα σημεία κριτικής, ότι δηλαδή προσπαθεί να περιορίσει τη μηχανική ευφυΐα στα μέτρα της ανθρώπινης. Τέλος, ένα σημείο κριτικής σχετίζεται με το αν η *συμπεριφορά* ενός υπολογιστικού συστήματος αρκεί για να αποδείξει την ευφυΐα του.

### 1.1.5 Ασθενής TN – Ισχυρή TN

Αναφερθήκαμε προηγουμένως σχετικά με το ερώτημα κατά πόσο μπορούν οι μηχανές να σκεφτούν πραγματικά. Ο Ολλανδός επιστήμονας της πληροφορικής *Edger Dijkstra* (1930 - 2002), κάτοχος του βραβείου *Turing* το 1972 είχε δηλώσει ότι η ερώτηση αν οι μηχανές μπορούν να σκέφτονται, είναι ανάλογη με την ερώτηση, αν ένα υποβρύχιο μπορεί να κολυπήσει.

Όσον αφορά τον στόχο της TN υπάρχουν δύο προσεγγίσεις:

- **η Αδύναμη TN ( Weak AI)**, η οποία έχει στόχο την κατασκευή μηχανών που να λειτουργούν σαν να έχουν νοημοσύνη.
- **η Ισχυρή TN( Strong AI)**, που έχει στόχο την κατασκευή μηχανών που δεν προσομοιώνουν τη σκέψη, αλλά σκέφτονται πραγματικά.

Οι περισσότεροι ερευνητές TN θεωρούν δεδομένη την αδύναμη TN, υπάρχουν ήδη υπολογιστικά συστήματα που προσομοιώνουν την ανθρώπινη σκέψη.

Το ερώτημα που τίθεται είναι αν είναι εφικτός ο δεύτερος στόχος. Δηλαδή, αν υπάρχει ένα υπολογιστικό σύστημα που περνά την δοκιμασία *Turing*, μπορούμε να πούμε ότι έχει νοημοσύνη?

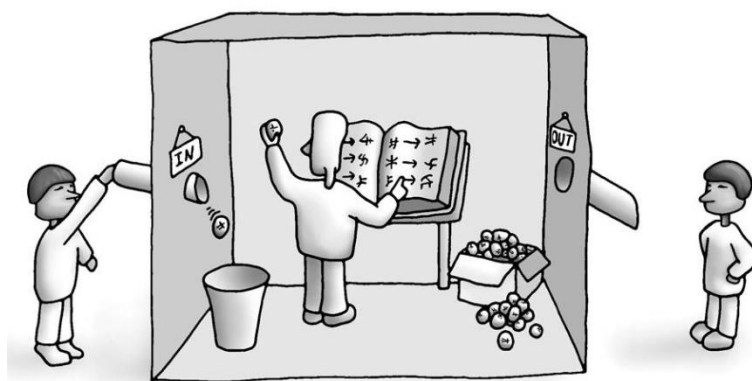
Ο φυσικός *John Searle* διατύπωσε ένα νοητικό πείραμα για πρώτη φορά το 1980 στο βιβλίο του *Minds, Brains, and Programs*. Το αλληγορικό πείραμα είναι γνωστό ως το *κινεζικό δωμάτιο*, συνδέεται με την TN, και αποτελεί επιχείρημα σχεδόν εναντίον της [12].

### Το πείραμα:

Θεωρούμε ότι ένας άνθρωπος βρίσκεται κλεισμένος σε ένα δωμάτιο. Η επικοινωνία του με τον έξω κόσμο γίνεται μέσω δύο λεπτών σχισμών από τις οποίες μπορεί να περάσει ένα φύλλο χαρτιού. Ο άνθρωπος που είναι μέσα στο δωμάτιο δεν γνωρίζει Κινεζικά, αλλά μόνο Αγγλικά, αλλά έχει μαζί του ένα βιβλίο το οποίο περιέχει κανόνες αντιστοιχίας συμβόλων μεταξύ Αγγλικών και Κινεζικών. Ο άνθρωπος παίρνει από τη σχισμή ένα χαρτί στο οποίο αναγράφονται διάφορα σύμβολα, τα οποία είναι άγνωστα στον ίδιο.

Εργασία του είναι να ερμηνεύσει τα σύμβολα με την βοήθεια των κανόνων που αναγράφονται στο βιβλίο, να τα σημειώσει σε ένα άλλο χαρτί, και να το βγάλει από την άλλη σχισμή στο εξωτερικό χώρο. Τα σύμβολα αυτά είναι ερωτήσεις στα Κινεζικά τις οποίες δεν κατανοεί ο άνθρωπος, αλλά λόγω των κανόνων που έχει, βρίσκει τη μετάφραση και τις εκτελεί. Οπότε, όλα προχωρούν ομαλά χωρίς ο άνθρωπος να καταλαβαίνει Κινεζικά. Άρα, το να δίνει ένα υπολογιστικό σύστημα τις σωστές απαντήσεις, δεν σημαίνει και ότι το σύστημα αυτό διαθέτει νοημοσύνη.

Ο *Searle* με το πείραμα αυτό θέλησε να δείξει πως δεν είναι δυνατή η κατασκευή μιας συνειδητής τεχνητής νοημοσύνης.



Εικόνα 3: Το Κινεζικό δωμάτιο

Ο *Turing* είχε πει ότι για να είναι μία μηχανή ευφυής πρέπει να έχει συνείδηση, να γνωρίζει δηλαδή την δική της *διανοητική κατάσταση* (*mental state*).

Η διανοητική κατάσταση είναι όμως άμεσα συνυφασμένη της αρχιτεκτονικής στην οποία εκτελείται. Η διανοητική κατάσταση ενός υπολογιστικού συστήματος ορίζεται από ένα σύνολο κανόνων εισόδου-εξόδου, ενώ του ανθρώπου ορίζεται από τους

νευρώνες του ανθρώπινου εγκεφάλου. Ως εκ τούτου η TN είναι διαφορετική από την ανθρώπινη γιατί βασίζεται σε διαφορετικούς μηχανισμούς.

Τέλος, στο ερώτημα αν οι μηχανές θα ξεπεράσουν την ανθρώπινη ευφυΐα, ο *Turing* δίνει την απάντηση στο επιχείρημα της άτυπης συμπεριφοράς (*argument from informally of behavior*), όπου αναφέρει ότι η ανθρώπινη συμπεριφορά είναι πολύ πιο σύνθετη ώστε να μπορεί να αναπαρασταθεί από οποιοδήποτε σύστημα κανόνων, και αφού οι υπολογιστές απλά ακολουθούν ένα σύνολο κανόνων, δεν μπορούν να παράξουν συμπεριφορά τόσο έξυπνη όσο η ανθρώπινη.

## 1.2 Η εξέλιξη της Τεχνητής Νοημοσύνης

Ο Αριστοτέλης (384 - 322 π.χ.) ήταν από τους πρωτοπόρους που προσπάθησε να αποκωδικοποιήσει την ορθή σκέψη, δηλαδή διαδικασίες της λογιστικής οι οποίες είναι αδιάψευστες. Οι συλλογισμοί του παρείχαν μοντέλα εκφράσεων που παρείχαν πάντα σωστά συμπεράσματα όταν οι υποθέσεις από τις οποίες ξεκινούσαν ήταν σωστές. Για παράδειγμα, η πρόταση “*η Ιτιά είναι δέντρο· όλα τα δέντρα έχουν φύλλα*”, επομένως “*η Ιτιά έχει φύλλα*”. Αυτοί οι κανόνες που θεωρήθηκαν ότι περιέγραφαν την διαδικασία της σκέψης, έγιναν η βάση στην οποία στηρίχθηκε το πεδίο που ονομάζεται *λογική (logic)*.

Το επόμενο μεγάλο βήμα έγινε το 1854 όταν ο *George Boole (1815 – 1864)* έβαλε τα θεμέλια της προτασιακής λογικής σύμφωνα με την οποία όλοι οι λογικοί συλλογισμοί μπορούν να αναπαρασταθούν με ένα δυαδικό σύστημα, το οποίο αποτελείται από 0 και 1 (*άλγεβρα Boole*).

Το 1879 ο *Gottfried Frege*, έθεσε τις βάσεις του *κατηγορηματικού λογισμού (predicate logic)*, προτείνοντας ένα σύστημα *αυτοματοποιημένης συλλογιστικής*,

ενώ το 1931 ο *Kurt Godel (1906 - 1978)* απέδειξε το *θεώρημα της μη πληρότητας (incompleteness theorem)*, σύμφωνα με το οποίο υπάρχουν αληθείς προτάσεις που είναι *μη αποφασίσιμες (undecidable)*, με την έννοια ότι η αλήθεια τους δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί με κανέναν αλγόριθμο. Η απόδειξη του θεωρήματος που έχει στενή σχέση με τη θεωρία υπολογισμού, αποτελεί κεντρικό πυλώνα της επιστήμης των υπολογιστών. [13] Η πρώτη σύγχρονη εργασία που αναγνωρίζεται ότι ανήκει στο πεδίο της TN είναι η *A logical calculus of ideas immanent in nervous activity (1943)* των *Warren Mc Culloch και Warter Pitts*. [14]

Η εργασία τους βασίστηκε σε τρεις άξονες: την φυσιολογία και λειτουργία των νευρώνων του εγκεφάλου, στην τυπική προτασιακή λογική, και στην θεωρία υπολογισμού του *Turing*. Παρουσίασαν ένα μοντέλο τεχνητών νευρώνων το οποίο αντιστοιχίζει τους βιολογικούς νευρώνες του ανθρώπινου εγκεφάλου με απλά υπολογιστικά στοιχεία. Έδειξαν ότι μπορούσε να υπολογιστεί οποιαδήποτε υπολογίσιμη συνάρτηση από ένα δίκτυο νευρώνων, καθώς και ότι όλοι οι λογικοί σύνδεσμοι (*KAI, OXI, H*) ήταν δυνατόν να κατασκευαστούν με απλά υπολογιστικά στοιχεία.

Το 1949 ο *Donald Hebb* παρουσίασε έναν κανόνα με τον οποίο τροποποιώντας τις συνδετικές δυνάμεις μεταξύ των νευρώνων, κατάφερε να επιτευχθεί η διαδικασία της μάθησης. Αυτός ο κανόνας ονομάζεται σήμερα *μάθηση Hebb (Hebbian learning)*.



Το 1951 οι φοιτητές του μαθηματικού τμήματος του Princeton ο Martin Minsky και ο Dean Edmonds, κατασκεύασαν το πρώτο νευρωνικό δίκτυο (*neural network*) το SNARC όπως ονομάστηκε το οποίο αποτελούνταν από 3.000 λυχνίες και ένα μηχανισμό αυτόματου πιλότου από ένα αεροπλάνο B-24 για την προσομοίωση ενός δικτύου 40 νευρώνων.

Επόμενος μεγάλος σταθμός στο πεδίο της ΤΝ ήταν το 1956 στο Dartmouth της Μασαχουσέτης όπου σε ένα δίμηνο συνέδριο που διοργάνωσαν οι McCarthy, Minsky, Shannon, και Rochester και συμμετείχαν οι Trechard Move, Arthur Samuel (IBM), Oliver Selfridge (MIT), και Ray Solomonoff συζητήθηκαν θέματα σχετικά με τη θεωρία των αυτόματων, της νοημοσύνης, και τα νευρωνικά δίκτυα. Δύο ερευνητές του Carnegie tech, ο Allen Newell και ο Herbert Simon παρουσίασαν ένα πρόγραμμα συλλογιστικής, το *Logic Theorist (LT)* το οποίο είχε την ικανότητα να αποδείξει τα περισσότερα από τα θεωρήματα των Russell και Whitehead του Principia Mathematica. Σε αυτό το συνέδριο υιοθετήθηκε η ονομασία του νέου ερευνητικού πεδίου που πρότεινε ο Mc Carthy: *Τεχνητή Νοημοσύνη*. [Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.]

Μετά την πρώτη τους επιτυχία, οι Newell και Simon παρουσίασαν τον *Γενικό Επιλυτή Προβλημάτων (General Problem Solver, GPS)*, το οποίο ήταν ένα πρόγραμμα σχεδιασμένο να μιμείται τον ανθρώπινο τρόπο σκέψης για την επίλυση προβλημάτων, αναλύοντας δηλαδή το πρόβλημα σε μικρότερα προβλήματα για την πιο εύκολη εύρεση λύσεων. Αν και το είδος των προβλημάτων που μπορούσε να χειρίζεται ήταν περιορισμένο, το GPS χαρακτηρίστηκε ως το πρώτο πρόγραμμα που κατόρθωσε να ενσωματώσει τον ανθρώπινο τρόπο συλλογιστικής.

Το 1958 ο Mc Carthy στο MIT, τη γλώσσα LISP, η οποία έγινε για μεγάλο διάστημα η κύρια γλώσσα προγραμματισμού της ΤΝ. Η LISP, η οποία είναι ακόμα σε χρήση, είναι η δεύτερη παλαιότερη γλώσσα προγραμματισμού μετά την FORTRAN.

Την ίδια χρονιά ο McCarthy σε μία δημοσίευση με τίτλο *Προγράμματα με κοινό νου (Programs with common sense)*, περιγράφει το *Advice Taker* το οποίο θεωρήθηκε ως το πρώτο ολοκληρωμένο σύστημα τεχνητής νοημοσύνης.

Το πρόγραμμα είχε σχεδιαστεί ώστε μέσω της γνώσης να αναζητά λύσεις σε προβλήματα καθημερινής φύσης (όπως η μετακίνηση μεταξύ δύο σημείων) και όχι μαθηματικά προβλήματα όπως όλα τα προηγούμενα προγράμματα. Είναι γεγονός πως αυτή η δημοσίευση του 1958 παραμένει μέχρι και σήμερα επίκαιρη.

Το 1962 οι έρευνες που είχαν ως βάση τα νευρωνικά δίκτυα, απέφεραν καρπούς. Βασιζόμενος στις μεθόδους μάθησης του Hebb, ο Frank Rosenblatt επέφερε βελτιώσεις με τα Perceptron. Ο Rosenblatt κατάφερε να αποδείξει το θεώρημα σύγκλισης του Perceptron, σύμφωνα με το οποίο ο αλγόριθμος μάθησης του Perceptron μπορεί να προσαρμόζει την ισχύ (βάρος) στην είσοδο του νευρώνα, έτσι ώστε η έξοδος του νευρώνα να συγκλίνει στην επιθυμητή τιμή.

Το 1965 δημιουργήθηκε ο πρώτος *διαλογικός πράκτορας (chatbot)* από τον Joseph Weizenbaum με το όνομα ELIZA, και ήταν ένα πρώιμο παράδειγμα στο οποίο έγινε εφαρμογή της *επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (natural language processing)*. Το πρόγραμμα μπορούσε να πραγματοποιήσει έναν διάλογο ανεξαρτήτου θέματος, παραφράζοντας τις ερωτήσεις που έκανε ο χρήστης, με αποτέλεσμα να δίνει την

εντύπωση κατανόησης και γνώσης. Το πρόγραμμα ELIZA θεωρήθηκε ως το πρώτο πρόγραμμα που πέρασε τη δοκιμασία Turing.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1960 η TN δέχτηκε κριτική με σημείο αιχμής ότι τα συστήματα μπορούσαν να επιλύσουν μόνο απλά προβλήματα (toy problems). Γενικά, τα υπολογιστικά συστήματα της εποχής είχαν το μειονέκτημα ότι δεν είχαν την απαιτούμενη γνώση για το σύνολο του προβλήματος που σχεδιάστηκαν να λύσουν. Επίσης δεν είχαν τη δυνατότητα να λύσουν το πρόβλημα της υπερβολικής αύξησης του αριθμού των διαφορετικών περιπτώσεων που έπρεπε να εξεταστούν. Μέσα στο όλο περιβάλλον της εποχής, η κυβέρνηση της Βρετανίας διέκοψε την υποστήριξη της στην έρευνα της TN.

Στη δεκαετία του '70, αναπτύχθηκαν συστήματα τα οποία μπορούσαν να μιμηθούν την ικανότητα ενός εμπειρογνώμονα στην λήψη αποφάσεων σε θέματα όπως της ιατρικής, λογιστικής, προσομοίωσης λογικής των μηχανών, κτλ. Τα συστήματα ονομάστηκαν *έμπειρα συστήματα (expert systems)*.

Την ίδια περίοδο εμφανίστηκε και η γλώσσα προγραμματισμού PROLOG, η οποία είναι μία γλώσσα λογικού προγραμματισμού, και έγινε η κυρίως γλώσσα που χρησιμοποιείται στον τομέα της TN.

Ένα επιτυχημένο παράδειγμα έμπειρου συστήματος ήταν το DENDRAL, που υλοποιήθηκε από τους Feigenbaum, Lenderberg, και Buchanan, και το οποίο αυτοματοποιούσε την διαδικασία λήψης αποφάσεων για τον προσδιορισμό της μοριακής δομής οργανικών ενώσεων, έχοντας ως βάση τα δεδομένα από ένα φασματογράφο μάζας.

Ακολουθώντας το παράδειγμα του DENDRAL, η επόμενη επιτυχία έγινε στον τομέα της ιατρικής διάγνωσης από τους Feigenbaum, Buchanan, και Dr Edward Shortliffe οι οποίοι ανέπτυξαν το MYCIN έχοντας στόχο τη διάγνωση μολύνσεων του αίματος. Χρησιμοποιώντας 450 κανόνες, από συνεντεύξεις με γιατρούς, τα κατάφερε εξίσου καλά με τους ειδικούς, και πολύ καλύτερα από τους ειδικευόμενους γιατρούς.

Προσπάθεια για χρήση των έμπειρων συστημάτων έγινε και στον τομέα της κατανόησης φυσικής γλώσσας (NLP), με το σύστημα SHRDLU του Winograd, το οποίο προκάλεσε εντύπωση, αλλά λόγω της εξάρτησής του από την συντακτική ανάλυση, εμφάνιζε μερικά προβλήματα παρόμοια με αυτά της μηχανικής μετάφρασης.

Τη δεκαετία του 80 έκανε την εμφάνισή του και το πρώτο επιτυχημένο εμπορικά έμπειρο σύστημα το R1 της εταιρείας Digital Equipments Corporation, το οποίο βοήθησε στην επεξεργασία των παραγγελιών για νέα υπολογιστικά συστήματα, εξοικονομώντας στην εταιρεία αρκετά εκατομμύρια δολάρια το χρόνο.

Το 1981 η Ιαπωνία ξεκίνησε το πρόγραμμα *Πέμπτη Γενιά (Fifth Generation)*, ένα σχέδιο με σκοπό την δημιουργία υπολογιστών που θα αξιοποιούσαν τη γλώσσα PROLOG, με σκοπό να κατασκευαστούν υπολογιστικά συστήματα τα οποία θα είχαν την ικανότητα να επικοινωνούν με τον άνθρωπο σε φυσική γλώσσα.

Οι Η.Π.Α επιδιώκοντας την εθνική ανταγωνιστικότητα σύστησαν την ερευνητική κοινοπραξία MCC (Microelectronics and Computer Technology Corporation). Αμφότερες όμως οι προσπάθειες δεν είχαν τα προσδοκώμενα αποτελέσματα.

Στα μέσα της δεκαετίας του 1980 έγινε η επανεμφάνιση των νευρωνικών δικτύων, η έρευνα των οποίων είχε ατονήσει στο διάστημα αυτό. Ο αλγόριθμος μάθησης με *ανάστροφη μετάδοση του λάθους (back propagation)* που είχε εμφανιστεί τη δεκαετία του 1960 από τους Kelley και Bryson, χάρη στην εργασία των Rumelhart, Hilton, και Williams το 1986 αναγνωρίστηκε ως μηχανισμός εκπαίδευσης νευρωνικών δικτύων, δίνοντας μεγάλη ώθηση στον τομέα.

Από την δεκαετία του '90 και μετά, διανύουμε την νέα περίοδο στην TN, όπου κυρίαρχα χαρακτηριστικά αποτελούν η ραγδαία εξάπλωση του διαδικτύου, και η αύξηση της υπολογιστικής ισχύος.

Ταυτόχρονα, με τη δημιουργία νέων αλγόριθμων αναπτύσσονται εντυπωσιακές εφαρμογές. Έτσι, το 1997 το πρόγραμμα Deep Blue της IBM νικά στο σκάκι τον παγκόσμιο πρωταθλητή Γκάρι Κασπάροφ, γεγονός που προσέλκυσε το ενδιαφέρον των μέσων μαζικής ενημέρωσης και του κοινού, δείχνοντας τις δυνατότητες της TN.

Επίσης το 2002 η Amazon χρησιμοποιεί αυτόματα συστήματα για την παροχή συστάσεων - προτάσεων στους χρήστες της, ενώ το 2011 η Apple κυκλοφορεί την ψηφιακό βοηθό Siri.

Ανακεφαλαιώνοντας, διακρίνουμε στην ιστορία της TN τις περιόδους:

- 1956 Ο όρος *τεχνητή νοημοσύνη* επινοείται στο Dartmouth της Μασαχουσέτης και ιδρύεται ως ακαδημαϊκός κλάδος.
- 1956 – 1974 Κυβερνήσεις ανεπτυγμένων χωρών χρηματοδοτούν γενναία την έρευνα στην TN, η έρευνα της οποίας επικεντρώνεται στην επίλυση προβλημάτων με βάση τη λογική.
- 1974 – 1980 Οι υπερβολικά υψηλές προσδοκίες σε συνδυασμό με τις περιορισμένες εφαρμογές των προγραμμάτων TN, οδηγεί στην μείωση της χρηματοδότησης και το ενδιαφέρον για την έρευνα .
- 1980 - 1987 Η άνοδος των υπολογιστικών συστημάτων που βασίζονται στη γνώση (έμπειρα συστήματα) φέρνει νέες επιτυχίες και αλλαγή στο επίκεντρο της έρευνας για χρηματοδότηση στο νέο τομέα έρευνας.
- 1990 - 2011 Η αισιοδοξία για την τεχνητή νοημοσύνη επιστρέφει και αυξάνεται. Νέες επιτυχίες σημειώνονται με τη βοήθεια της αυξημένης υπολογιστικής ισχύος, της εξάπλωσης του διαδικτύου, και πλέον η TN βασίζεται σε δεδομένα (data driven).

### 1.3 Η Τεχνητή Νοημοσύνη σήμερα

Αυτή την εποχή που διανύουμε μία νέα περίοδο στην TN, χαρακτηριστικά της οποίας είναι η ραγδαία εξάπλωση του διαδικτύου, που σε συνδυασμό με την ενσωμάτωση υπολογιστικών συστημάτων σε συσκευές καθημερινής χρήσης έχουν οδηγήσει σε ένα δεύτερο είδος διαδικτύου, το *διαδίκτυο των πραγμάτων (internet of things)*, η παροχή πλέον μεγάλης υπολογιστικής ισχύος που επιτρέπει την διεξαγωγή πειραμάτων σε εύλογο χρόνο, και οι ανακαλύψεις στην *μηχανική μάθηση (machine learning)*, κυρίως στα *νευρωνικά δίκτυα (neural networks)* και την *βαθιά μάθηση (deep learning)*.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι σημαντικότεροι τομείς έρευνας της TN σήμερα:

- **επεξεργασία και κατανόηση φυσικής γλώσσας (natural language processing and understanding)**, όπου με την χρήση αλγορίθμων γίνεται ανάλυση των δεδομένων της ανθρώπινης γλώσσας, έτσι ώστε οι υπολογιστές να μπορούν να κατανοούν τον προφορικό και γραπτό λόγο του ανθρώπου και να αλληλεπιδρούν μαζί του. Παραδείγματα εφαρμογών είναι οι μεταφραστές γλωσσών, η αυτόματη συμπλήρωση λέξεων (auto complete), η προγνωστική πληκτρολόγηση (predictive typing), οι ψηφιακοί βοηθοί, κτλ.
- **μηχανική όραση (machine vision)**, που ασχολείται με το πως οι υπολογιστές βλέπουν και κατανοούν ψηφιακές εικόνες και βίντεο. Η μηχανική όραση καλύπτει όλες τις εργασίες που εκτελούνται από τα συστήματα της βιολογικής όρασης, όπως της *όρασης*, (δηλαδή ενός οπτικού ερεθίσματος), της κατανόησης του τι φαίνεται, και της εξαγωγής πληροφοριών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε άλλες εργασίες. Παραδείγματα εφαρμογών που χρησιμοποιούν την μηχανική όραση είναι η αυτόνομη οδήγηση, η αναγνώριση προσώπων, κτλ.
- **μηχανική μάθηση (machine learning)**, μία διαδικασία που χρησιμοποιεί αλγόριθμους και στατιστικά μοντέλα για να επιτρέπει στους υπολογιστές να λαμβάνουν αποφάσεις χωρίς να χρειάζεται να προγραμματιστούν για αυτήν την εργασία. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης έχουν την ικανότητα να εξάγουν πρότυπα - μοντέλα από τα πρωτογενή δεδομένα, και ως εκ τούτου να αποκτήσουν τη δική τους γνώση. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογών που κάνουν χρήση μηχανικής μάθησης είναι τα προγράμματα που φιλτράρουν ανεπιθύμητα μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, οι ψηφιακοί προσωπικοί βοηθοί, η αναγνώριση εικόνων, κτλ.
- **οι νοήμονες πράκτορες (intelligent agents)**, το οποίο είναι λογισμικό με σκοπό την αλληλεπίδραση με τον χρήστη χρησιμοποιώντας φυσική γλώσσα, παρέχοντας διάφορες υπηρεσίες με πιο γνωστά παραδείγματα το ALEXA της Amazon, την Siri της Apple, και το Google Assistant της Google.
- **η ρομποτική (robotics)**, που περιλαμβάνει το σχεδιασμό, κατασκευή, και λειτουργία μηχανών που μπορούν να εκτελέσουν πολύπλοκες ενέργειες αυτόματα, ή με ένα ορισμένο επίπεδο αυτονομίας. Παραδείγματα χρήσης είναι οι χειρουργικές επεμβάσεις ακριβείας με χρήση ρομποτικών μηχανισμών, στη βιομηχανία, στις μεταφορές, κτλ.
- **ευφυείς υπηρεσίες διαδικτύου και σημασιολογικού ιστού (semantic web)**, όπου ευφυείς διαδικτυακοί πράκτορες υποστηρίζουν τον χρήστη στην αποτελεσματικότερη πρόσβαση σε πληροφορίες, (π.χ. υπηρεσίες big data.)
- **αναπαράσταση γνώσης (knowledge representation)**, που αφορά την αναπαράσταση των πληροφοριών για τον κόσμο ενός προβλήματος για την επίλυση πολύπλοκων εργασιών. Αυτές οι αναπαραστάσεις βασίζονται στον τρόπο που οι άνθρωποι αντιπροσωπεύουν την γνώση, τη λογική (π.χ. μέσω κανόνων), και λύνουν προβλήματα όπως λόγου χάρι η διάγνωση μιας πάθησης.

- **σχεδιασμός ενεργειών (planning)**, όπου μελετούνται τρόποι αποδοτικότερου σχεδιασμού ενεργειών, στρατηγικών, με μεγάλο πεδίο εφαρμογών στην βιομηχανία για τον προγραμματισμό της παραγωγής, σε περιπτώσεις εκτάκτων αναγκών - γεγονότων, κτλ.
- **εξόρυξη δεδομένων (data mining)**, με σκοπό την εύρεση μοντέλων, συσχετισμών, μέσα σε μεγάλα σύνολα δεδομένων (big data), για την πρόβλεψη αποτελεσμάτων. Χρησιμοποιείται κυρίως από εταιρείες για να εμβαθύνουν στα δεδομένα των καταναλωτών, και τις προτιμήσεις τους, με σκοπό να βελτιώσουν τα έσοδα τους.

Όλοι αυτοί οι τομείς έρευνας της ΤΝ εκφράζονται μέσω συνεδρίων, επιστημονικών περιοδικών, όπου δημοσιεύονται τα τελευταία επιτεύγματα. Τα σημαντικότερα συνέδρια είναι:

- The Conference of the American Association for Artificial Intelligence (AAAI)
- The International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)
- The European Conference on Artificial Intelligence (ECAI)

Ενώ τα σημαντικότερα περιοδικά είναι:

- Intelligent Systems (IEEE)
- AI magazine ( American Association for Artificial Intelligence)
- Journal of Artificial Intelligence Research ( AI Access Foundation)
- Journal of Artificial Intelligence (ELSEVIER)

Σε πολλές χώρες υπάρχουν επιστημονικές ενώσεις όπου ανταλλάσσονται απόψεις σχετικά με την ΤΝ, όπως η Αμερικανική AAAI, και η ευρωπαϊκή EurAI.

Στην Ελλάδα υπάρχει η Ελληνική Εταιρεία Τεχνητής Νοημοσύνης (EETN), όπου οργανώνει κάθε δύο χρόνια το πανελλήνιο συνέδριο τεχνητής νοημοσύνης. [15]

## 1.4 Πεδία εφαρμογών της Τεχνητής Νοημοσύνης

Τα αποτελέσματα όλων αυτών των ερευνών εφαρμόζονται σε πολλές δραστηριότητες της καθημερινής ζωής, όπως οι μηχανές αναζήτησης στο διαδίκτυο, το φιλτράρισμα ανεπιθύμητων e-mails (spam), προτάσεις ταινιών, μουσικής σε σχετικές online υπηρεσίες εξατομικευμένες με βάση του προφίλ του χρήστη (Netflix), Google Maps για την κυκλοφορία στους δρόμους, η αναγνώριση προσώπου στα κινητά.

Επίσης υπάρχουν πλέον συστήματα που προσφέρουν τη δυνατότητα της αυτόνομης οδήγησης (TESLA), συστήματα που ελέγχουν την εναέρια κυκλοφορία, όπως επίσης και την κίνηση σε πολυσύχναστους δρόμους, και άλλα.

Στον τομέα των επιχειρήσεων χρησιμοποιούνται τεχνικές ΤΝ για την βελτίωση του μάρκετινγκ και τις διαφήμισης, την εξατομίκευση και τις προτάσεις προϊόντων. Πολλές εταιρείες βασιζόμενες στους αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης εντοπίζουν

τάσεις και πληροφορίες στα δεδομένα των πελατών με σκοπό την λήψη αποφάσεων και την παρακολούθηση των επιπτώσεων τους στην αγορά σε πραγματικό χρόνο.

Στον τομέα των τραπεζικών και Οικονομικών Υπηρεσιών γίνεται χρήση αλγορίθμων TN στους τομείς της έγκρισης δανείων, την διαχείριση περιουσιακών στοιχείων, καθώς και την εκτίμηση κινδύνων.

Υπάρχουν συστήματα που αναλύοντας το οικονομικό προφίλ των χρηστών, περιορίζουν τη χρήση πιστωτικών καρτών από μη εξουσιοδοτημένα άτομα (fraud detection).

Στις ιατρικές επιστήμες, τα αυτόματα διαγνωστικά συστήματα είναι μία πολλά υποσχόμενη εφαρμογή. Πρόσφατα αποτελέσματα έδειξαν ότι είναι δυνατό να ξεπεραστεί η ανθρώπινη ακρίβεια για πολλές λεπτές εργασίες, όπως η ανίχνευση μελανώματος, ή οι κίνδυνοι αρτηριοσκλήρωσης στις αρτηρίες.

Στις τηλεπικοινωνίες η TN αναμένεται να δώσει νέες ευκαιρίες, βοηθώντας στην βελτίωση της απόδοσης των δικτύων, χάρη στην έγκαιρη ανίχνευση ανωμαλιών, καθώς και στην βελτιστοποίηση των υπηρεσιών των πελατών.

Στον τομέα των μεταφορών, προβλέπεται ότι τα αυτόνομα οχήματα θα μειώσουν το κόστος και τις εκπομπές ρύπων, θα ενισχύσουν την οδική ασφάλεια, και ότι η χρήση συστημάτων TN θα βελτιώσει την διαχείριση της κυκλοφορίας μειώνοντας τη συμφόρηση, και να καταστήσει δυνατή τη χρήση φορτηγών πλοίων χωρίς πλήρωμα και την πλήρως αυτοματοποιημένη παράδοση πακέτων.

Στον τομέα της ασφάλειας και συγκεκριμένα στον κυβερνοχώρο, η TN έχει βοηθήσει μέσω του φιλτραρίσματος ανεπιθύμητων μηνυμάτων, ανίχνευσης εισβολών, κτλ.

Οι τεχνικές TN όπως η ανίχνευση προσώπου, η συμπεριφορά και ανάλυση πλήθους είναι αρκετά ώριμες ώστε να κάνουν τις κάμερες παρακολούθησης πιο «ενεργές» χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης επίβλεψης.

## **1.5 Το μέλλον της Τεχνητής Νοημοσύνης**

Από το 1956 όπου εμφανίστηκε για πρώτη φορά όρος *Τεχνητή Νοημοσύνη* μέχρι σήμερα σε όλη αυτή την περίοδο υπήρξαν μεγάλες προσδοκίες, αποτυχίες, και υποσχέσεις.

Σήμερα η TN είναι παρών σε πάρα πολλούς τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας σηματοδοτώντας κοινωνικές και οικονομικές επιδράσεις στη ζωή του ανθρώπου. Σε διεθνές επίπεδο, της έχει αναγνωριστεί ο ρόλος της ως κύριος φορέας καινοτομίας, μελλοντικής ανάπτυξης, με αποτέλεσμα να είναι ψηλά στην ιεραρχία εθνικών στρατηγικών επιλογών.

Ο στόχος της TN σήμερα, είναι να δημιουργήσει υπολογιστικά συστήματα που δεν θα είναι πλέον εξαρτημένα από τους προγραμματιστές τους, αλλά να έχουν την ικανότητα της μάθησης μόνα τους, και να αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους.

Δίνοντας έμφαση στην επίλυση καθημερινών προβλημάτων, και σε κατευθύνσεις που είναι χρήσιμες σε εκατομμύρια ανθρώπους όπως στην κατανόηση ομιλίας, στην αυτόματη μετάφραση, την αυτόνομη οδήγηση, την αναγνώριση εικόνων, κτλ, προσπαθεί να βελτιώσει την καθημερινότητα των ανθρώπων.

Αναφερθήκαμε προηγουμένως στη δημιουργία ενός δεύτερου είδους διαδικτύου, του διαδικτύου των αντικειμένων *internet of things (IoT)*.

Καθώς όλο και περισσότερες συσκευές θα συνδέονται σε αυτό το δίκτυο, είναι φανερό η ανάγκη ύπαρξης έξυπνων εφαρμογών που θα τις διαχειρίζονται. Για παράδειγμα, να βοηθούν στην εξοικονόμηση ενέργειας σε μία οικία, να δημιουργούν συνθήκες για υποβοηθούμενη διαβίωση (*ambient assisted living*) σε άτομα τρίτης ηλικίας ή άτομα με ειδικές ανάγκες, συμβάλλοντας στην κατεύθυνση των έξυπνων πόλεων (*smart cities*), βελτιώνοντας την καθημερινότητα των κατοίκων τους.

Ταυτόχρονα όμως, υπάρχουν και θέματα σχετικά με την διαφαινόμενη επιδείνωση των θέσεων εργασίας ορισμένων κλάδων εργαζομένων με την εξέλιξη της ρομποτικής, με τα λεγόμενα *ευφυή* οπλικά συστήματα όπου η επιλογή των στόχων γίνεται από τα ίδια χωρίς να ληφθούν υπ όψιν και άλλοι παράγοντες.

Τα σημεία στα οποία εστιάζεται η κριτική στην ΤΝ είναι ότι θα δημιουργήσει ανεργία, η ζωή των ανθρώπων θα είναι ελεγχόμενη, καθώς επίσης και ότι μπορεί κάποια στιγμή στο μέλλον οι μηχανές να στραφούν εναντίον του ανθρώπου. Βέβαια και στο παρελθόν αντίστοιχοι προβληματισμοί είχα εμφανιστεί σχετικά με την Πληροφορική οι οποίοι διαψεύστηκαν.

Όπως γίνεται πολύ συχνά με οποιαδήποτε επιστημονική ανακάλυψη ή τεχνολογική εξέλιξη, μεγάλη μερίδα της κοινωνίας δυσκολεύεται να τις κατανοήσει με αποτέλεσμα να τις αντιμετωπίσει με σκεπτικισμό και με φοβία ορισμένες φορές, και έτσι καθυστερούν να αφομοιωθούν.

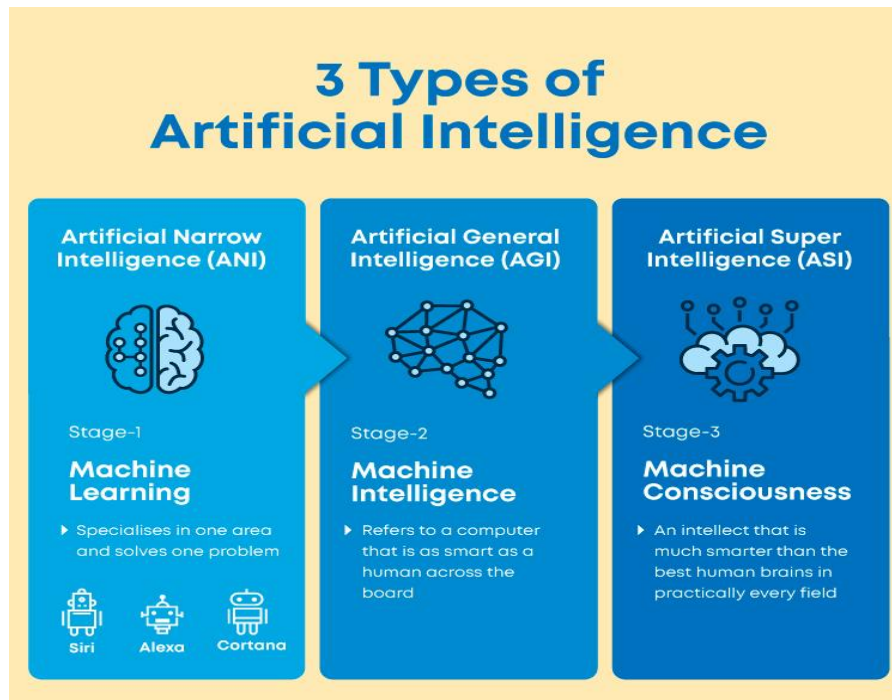
Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να διαμορφώνεται το νομικό και το ηθικό πλαίσιο της ΤΝ, προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω προβλήματα. Έτσι, αυτήν τη στιγμή υπάρχουν έρευνες σε εξέλιξη πάνω στην ηθική και την φιλοσοφία της ΤΝ καθώς επίσης και με ποιους τρόπους θα ενσωματωθούν αυτοί οι «κανόνες» σε εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης ως δικλείδα ασφαλείας προκειμένου να αντιμετωπιστούν δύσκολες καταστάσεις. Το παράδειγμα του αυτόνομου οχήματος που θα πρέπει να αποφασίσει αν θα προστατέψει τους επιβάτες του ή τους πεζούς προκειμένου να αποφύγει μία σύγκρουση είναι χαρακτηριστικό. [16]

Επίσης, στο άρθρο 22 του κανονισμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης που αφορά την προστασία των προσωπικών δεδομένων [17] αναφέρεται ότι τα συστήματα αυτοματοποιημένης λήψης αποφάσεων σε θέματα που αφορούν τους πολίτες, θα πρέπει να δίνουν εξηγήσεις για την απόφασή τους. Για παράδειγμα, στην απόρριψη της αίτησης για την λήψη ενός δανείου, ο πολίτης θα μπορεί να ελέγχει και να αμφισβητήσει την απόφαση του συστήματος.

Το ανώτερο επίπεδο που μπορεί να φτάσει η ΤΝ, είναι η δημιουργία υπολογιστικών συστημάτων τα οποία να έχουν συνείδηση - επίγνωση της ύπαρξής τους. Δηλαδή, να γνωρίζουν τι γνωρίζουν και να χρησιμοποιούν αυτή τη γνώση για να παράγουν νέα γνώση. Γενικά, τα επίπεδα της ΤΝ είναι τρία:

- η **Περιορισμένη ΤΝ ( Artificial Narrow Intelligence - ANI)**, περιλαμβάνει συστήματα που μπορούν να εκτελούν μία συγκεκριμένη εργασία. Μπορούν να πλησιάσουν την ανθρώπινη λειτουργία σε πολύ συγκεκριμένα πλαίσια, και ακόμη να τα ξεπεράσουν σε πολλές περιπτώσεις, αλλά σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα και με περιορισμένο σύνολο παραμέτρων (π.χ. Google Assistant, αναγνώριση εικόνας, παίξιμο παιχνιδιού).
- η **Γενική ΤΝ ( Artificial General Intelligence - AGI)**, είναι ακόμα σε θεωρητικό επίπεδο. Η νοημοσύνη βρίσκεται στο επίπεδο της ανθρώπινης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε πρόβλημα, και όχι μόνο σε ένα. Ένα υπολογιστικό σύστημα αυτό του επιπέδου θα πρέπει να περιλαμβάνει χιλιάδες συστήματα ΤΝ που λειτουργούν παράλληλα, επικοινωνώντας μεταξύ τους για να μιμηθούν τον ανθρώπινο συλλογισμό. Για παράδειγμα, ακόμα και τα πιο προηγμένα υπολογιστικά συστήματα, όπως το Fujitsu - K ή το IBM Watson, τους χρειάστηκαν 40 λεπτά για να προσομοιώσουν ένα δευτερόλεπτο ανθρώπινης νευρωνικής δραστηριότητας.
- η **Σούπερ ΤΝ ( Artificial Super Intelligence-ASI)**, όπου σχεδόν ανήκει στην περιοχή της επιστημονικής φαντασίας. Ένα υπολογιστικό σύστημα αυτού του επιπέδου θα έχει την ικανότητα δημιουργικής σκέψης, παραγωγή επιστημονικής γνώσης, δημιουργία συναισθήματος σε επίπεδο ανώτερο του ανθρώπου. Αρκετοί ερευνητές πιστεύουν πως μόλις πετύχουμε την Γενική ΤΝ το χάσμα μέχρι την Σούπερ ΤΝ είναι σχετικά μικρό ( ίσως και μερικών δευτερολέπτων...). Ωστόσο το μακρύ ταξίδι που υπάρχει μπροστά μας μέχρι το στάδιο της Γενικής ΤΝ το κάνει να φαίνεται σαν μία ιδέα πολύ μακρινή στο μέλλον.





Εικόνα 4: Τα τρία είδη της Τεχνητής Νοημοσύνης

Σήμερα (2022), βρισκόμαστε στο επίπεδο *ANI*. Τα λογισμικά που υπάρχουν σε μερικές περιπτώσεις τα καταφέρνουν καλύτερα από τους ανθρώπους, ενώ η τάση τους είναι κάθε χρόνο ανοδική. Ο δρόμος μέχρι το επίπεδο *AGI*, είναι ακόμα αρκετά μακρύς αλλά σταδιακά τον πλησιάζουμε. Ορισμένοι το ορίζουν χρονικά κοντά στο 2040. Ορισμένοι φιλόσοφοι της *TN* υποστηρίζουν ότι το επόμενο στάδιο, το *ASI* θα πρέπει ίσως να είναι η τελευταία ανακάλυψη που θα κάνει η ανθρωπότητα, υπό τον όρο ότι η ηθική των συστημάτων αυτού του επιπέδου θα έχει ελεγχθεί και επαληθευτεί. **[Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.]**

Η *TN* έχει φέρει αλλαγές στον τρόπο ζωής μας, εργασίας, και επικοινωνίας. Ήδη υπάρχουν υπολογιστικά συστήματα που βοηθούν την καθημερινή μας ζωή, συμπεριφέρονται έξυπνα, λύνουν προβλήματα, και αυτό είναι μόνο η αρχή. Όπως λένε και οι συγγραφείς του βιβλίου *Artificial Intelligence*, Stuart Russell και Peter Norvig για την *TN*, δεν είναι ούτε επιστημονική φαντασία, ούτε μαγεία: είναι επιστήμη, τεχνολογία, και μαθηματικά. [18]

## 2. Αναπαράσταση Γνώσης

---

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στην αναπαράσταση της γνώσης σε ένα υπολογιστικό σύστημα, θα εξηγήσουμε τις έννοιες, *δεδομένα*, *πληροφορία*, *γνώση*, και θα αναφέρουμε τις δημοφιλέστερες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση της γνώσης.

### Εισαγωγή

Στην καθημερινή μας ζωή, για να αναπαραστήσουμε τη γνώση για τον κόσμο που ζούμε, χρησιμοποιούμε κυρίως την φυσική γλώσσα, η οποία είναι από τις καλύτερες μεθόδους για τον άνθρωπο. Τι γίνεται όμως όταν θέλουμε να αναπαραστήσουμε τη γνώση σε ένα υπολογιστικό σύστημα? Είναι προφανές ότι με τη φυσική γλώσσα δεν είναι αυτό δυνατό. Δύο είναι οι κυριότεροι λόγοι:

Η *αμφισημία (ambiguity)* της γλώσσας, δηλαδή οι πολλές ερμηνείες που είναι δυνατόν να επιδέχεται μία φράση. Για παράδειγμα η πρόταση “Ο Γιώργος έφυγε από τη δουλειά”, επιδέχεται πολλές ερμηνείες, δηλαδή ο Γιώργος μπορεί να σχόλασε, απολύθηκε, παραιτήθηκε, έκανε ένα διάλειμμα από τη δουλειά του.

Η ερμηνεία με βάση τα *συμφραζόμενα (context)*, όπως για παράδειγμα η λέξη “γλώσσα” μέσα σε μία πρόταση μπορεί να δηλώνει την γλώσσα που μιλάμε αλλά και το ψάρι *γλώσσα*. Ενώ για τον άνθρωπο είναι εύκολα αντιληπτό ποια ερμηνεία από τις δύο ισχύει με βάση τις υπόλοιπες λέξεις στην πρόταση, αυτό για ένα υπολογιστικό σύστημα δεν είναι. Έτσι για τα συστήματα TN χρειάζεται ένας μονοσήμαντος και τυποποιημένος συμβολισμός, που θα επιτρέπει την ακριβή αναπαράσταση της γνώσης.

Η *αναπαράσταση της γνώσης (knowledge representation)*, αποτελεί έναν σημαντικό τομέα της TN, που για πολλά χρόνια αποτελούσε την σημαντικότερη ερευνητική περιοχή της TN, ενώ και μέχρι σήμερα κατέχει κεντρική θέση.

### 2.1 Αναπαράσταση Γνώσης

*Αναπαράσταση γνώσης (knowledge representation)* είναι συντακτικές και σημασιολογικές παραδοχές οι οποίες αποτελούν ένα σύνολο, και καθιστούν δυνατή την περιγραφή ενός κόσμου κάνοντας χρήση μιας συγκεκριμένης γλώσσας. Η γλώσσα αυτή διαθέτει το δικό της συντακτικό και τη δική της σημασιολογία. [19]

Κάθε μέθοδος αναπαράστασης γνώσης αποτελείται από ορισμένα βασικά στοιχεία τα οποία είναι:

*Το συντακτικό (syntax)*, που ορίζει τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται και τους κανόνες με βάση τους οποίους συνδυάζονται τα σύμβολα.

*Τη σημασιολογία (semantics)*, που ορίζει ποιες έννοιες αποδίδονται στα σύμβολα, καθώς και τους επιτρεπτούς συνδυασμούς συμβόλων με βάση το συντακτικό.

### 2.2 Δεδομένα, πληροφορία, γνώση

Πριν προχωρήσουμε στην παρουσίαση των μεθόδων αναπαράστασης γνώσης, θα πρέπει να διαχωρίσουμε τις έννοιες *δεδομένα (data)*, *πληροφορία (information)*, και *γνώση (knowledge)*, για να γίνει κατανοητή η ανάγκη ύπαρξης ειδικών μεθόδων, για

την αναπαράσταση της γνώσης, σε αντιδιαστολή με αυτές που είναι ενδεδειγμένες για δεδομένα και πληροφορία.

Τα δεδομένα είναι ένα σύνολο γεγονότων που σχετίζονται με αντικείμενα, και γεγονότα του πραγματικού κόσμου. Είναι μη οργανωμένα και μη επεξεργασμένα και αποτελούνται από χαρακτήρες, αριθμούς, σύμβολα, προκειμένου να δώσουν τιμές σε αντικείμενα, πρόσωπα, γεγονότα, κτλ.

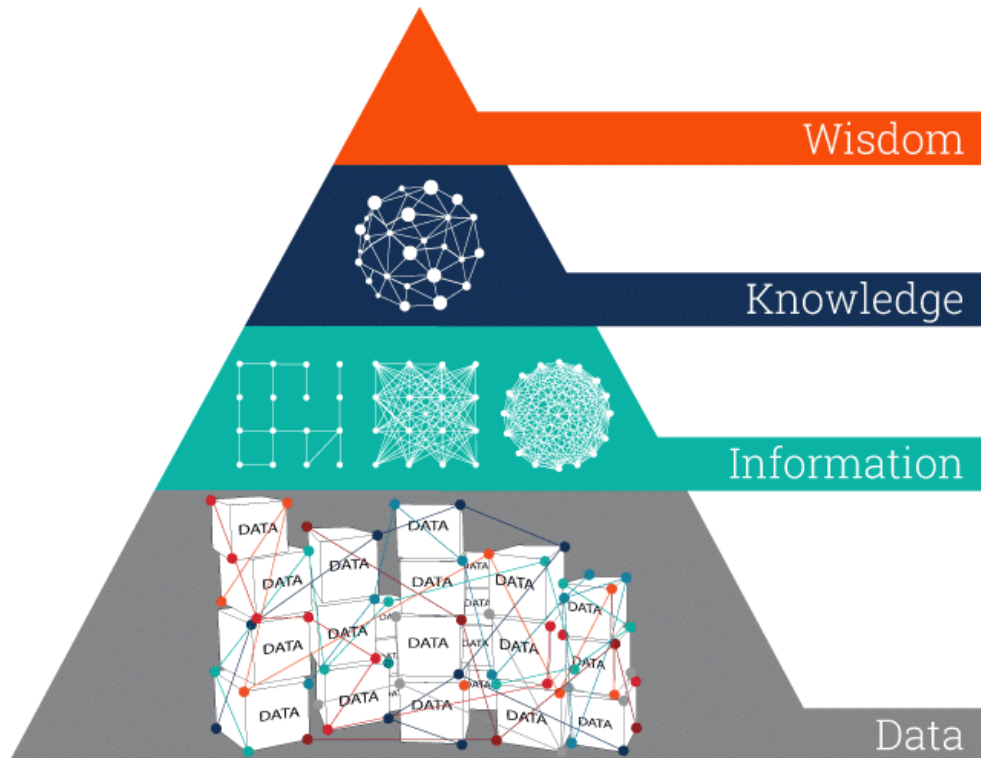
Η φύση των δεδομένων είναι στατική, δηλαδή δεν αλλάζει από τη στιγμή που θα καταγραφούν. Δεδομένα είναι π.χ. η ημερομηνία γέννησης ενός ατόμου, η τιμή ενός προϊόντος, η θερμοκρασία ενός τόπου, κτλ.

Τα *δεδομένα* από μόνα τους δεν είναι ιδιαίτερα χρήσιμα, γιατί δεν μεταφέρουν κάποια πληροφορία. Χρειάζονται ένα πλαίσιο αναφοράς. Για παράδειγμα, ο αριθμός 21082021 είναι απλά μία ακολουθία αριθμών χωρίς κάποια εμφανή σημασία. Αν το δούμε στο πλαίσιο «*αυτή είναι μία ημερομηνία*», τότε εύκολα μπορούμε να αναγνωρίσουμε την 21η Αυγούστου του 2021.

Η *πληροφορία*, αποτελείται από δεδομένα τα οποία έχουν υποστεί επεξεργασία, έχουν «*καθαριστεί*» από σφάλματα, και έχουν μορφοποιηθεί κατάλληλα. Σε αντίθεση με τα δεδομένα, η πληροφορία είναι δυναμική. Επίσης, λόγω του ότι αποτελεί μία μορφή περίληψης των δεδομένων, βρίσκεται σε πιο υψηλό επίπεδο αφαιρετικότητας από τα δεδομένα.

Η *γνώση*, είναι πληροφορία η οποία έχει πιστοποιηθεί μέσα από μία σειρά ελέγχων, όπως π.χ. η επιστημονική γνώση και η εμπειρική γνώση που προκύπτει από την καθημερινή επιβεβαίωση εμπειριών. Γενικά, *γνώση* θεωρείται η κατανόηση ενός θέματος και η οποία αποκτάται μέσω εμπειρίας, παρακολούθησης, ή μελέτης, και συμπεριλαμβάνει όλες τις πληροφορίες, τις ικανότητες, τις εμπειρίες, και την κοινή λογική που κατέχει ένας άνθρωπος. [10]

Η γνώση βρίσκεται σε πιο υψηλό επίπεδο αφαιρετικότητας από την πληροφορία και η εμβέλεια της αλήθειας της είναι καθολική. Στο τελευταίο και ανώτερο επίπεδο βρίσκεται η *Σοφία (wisdom)*, που θα την ορίζαμε ως την ικανότητα εφαρμογής της γνώσης για την διατύπωση μιας κρίσης, της διορατικότητας, της διατύπωσης ιδεών και τη δημιουργία νέων πραγμάτων. Όλες αυτές οι έννοιες παριστάνονται σχηματικά στην *πυραμίδα της γνώσης*.



Εικόνα 5: Η πυραμίδα της γνώσης

Οι παραπάνω έννοιες γίνονται περισσότερο κατανοητές με το παρακάτω παράδειγμα: Ας υποθέσουμε ότι η αρτηριακή πίεση ενός ασθενούς είναι 100/50. Αυτό είναι ένα δεδομένο.

Ας υποθέσουμε ότι ο ασθενής έχει δεκαετές ιστορικό αρτηριακής πίεσης 150 /100. Αυτό είναι πληροφορία.

Ας υποθέσουμε ότι ο ασθενής έχει γνωστό ιστορικό στεφανιαίας νόσου, και τώρα αισθάνεται πόνο στο στήθος. Η απότομη μείωση της αρτηριακής πίεσης πιθανόν να υποδηλώνει σοβαρό έμφραγμα του μυοκαρδίου σε εξέλιξη.

Αυτό είναι η γνώση.

Στον ασθενή πρέπει να δοθεί άμεσα ασπιρίνη, οξυγόνο, και νιτρικά άλατα. Αυτό είναι Σοφία.

### 2.3 Μέθοδοι Αναπαράστασης Γνώσης

Οι δημοφιλέστερες μέθοδοι αναπαράστασης γνώσης με τις οποίες περιγράφεται η γνώση προκειμένου να αποθηκευτεί σε ένα υπολογιστικό σύστημα, είναι οι παρακάτω:

#### 1) Λογική

- προτασιακή λογική (*propositional logic*)
- κατηγορηματική λογική (*predicate logic*)
- μη - μονότονη λογική (*non monotonic logic*)

#### 2) Δομημένες αναπαραστάσεις γνώσης:

- σημασιολογικά δίκτυα (*semantic networks*)
- πλαίσια (*frames*)

- αντικείμενα (*objects*)
- οντολογίες (*ontologies*)
- εννοιολογική εξάρτηση (*conceptual dependency*)
- σενάρια (*scripts*)
- εννοιολογικοί γράφοι (*conceptual graphs*)

### 3) Κανόνες ( *if - then rules*)

#### 4) Διαδικαστική αναπαράσταση (**Procedural attachment**)

Θα αναφερθούμε εν συντομία τις κυριότερες από αυτές

##### 2.3.1 Διαδικαστική Αναπαράσταση

Η διαδικαστική αναπαράσταση είναι η πιο απλή τεχνολογικά μέθοδος, και η πρώτη ιστορικά μέθοδος αναπαράστασης γνώσης. Η γνώση αναπαρίσταται μέσω διαδικασιών οι οποίες κωδικοποιούνται σε κάποια γλώσσα προγραμματισμού, όπως *C*, *Java*, *Python*, κτλ. Αυτές οι διαδικασίες έχουν σκοπό τη λύση συγκεκριμένων προβλημάτων και ενεργοποιούνται είτε από το χρήστη, είτε από άλλες διαδικασίες.

Η διαδικαστική αναπαράσταση έχει το πλεονέκτημα της γρηγορότερης επεξεργασίας της κωδικοποιημένης γνώσης, σε σύγκριση με τις άλλες αναπαραστάσεις, ενώ το μειονέκτημα της είναι η αυξημένη δυσκολία αναθεώρησης και προσθήκης γνώσης εξαιτίας της αλληλεπίδρασης των διαδικασιών. Ως εκ τούτου τα υπολογιστικά συστήματα που χρησιμοποιούν αυτήν την προσέγγιση, μπορούν να επιλύσουν περιορισμένο αριθμό προβλημάτων.

##### 2.3.2 Λογική

Η λογική αποτελεί την πλέον μαθηματικά τυποποιημένη και τεκμηριωμένη μέθοδο αναπαράστασης γνώσης. Αναφέρθηκε στην εισαγωγή η ακαταλληλότητα της φυσικής γλώσσας για την αναπαράσταση της γνώσης σε ένα υπολογιστικό σύστημα, οπότε προέκυψε η ανάγκη να χρησιμοποιηθεί μία αυστηρά ορισμένη γλώσσα, με την μαθηματική έννοια.

Η *μαθηματική λογική* (*mathematical logic*) αφορά την μελέτη της λογικής και των *αποδεδειγμένων ισχυρισμών* (*valid arguments*) χρησιμοποιώντας μαθηματικές έννοιες και σύμβολα.

Για την συμβολική αναπαράσταση της γνώσης απαιτείται να ορίσουμε τη *σύνταξη* (*syntax*) και την *σημασιολογία* (*semantics*) της «γλώσσας» της λογικής που θα χρησιμοποιηθεί.

Η σύνταξη ορίζει τις επιτρεπτές ακολουθίες συμβόλων, και η σημασιολογία τις σχέσεις που έχουν μεταξύ τους.

Οι βασικές μορφές της λογικής που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση της γνώσης είναι:

##### 2.3.2.1 Προτασιακή λογική

Η *προτασιακή λογική* (*propositional logic*) είναι η πιο απλή μορφή μαθηματικής λογικής. Σε αυτήν, οποιοδήποτε γεγονός μπορεί να αναπαρασταθεί με μία λογική

πρόταση, η οποία μπορεί να έχει δύο λογικές τιμές, είτε αληθής( *true*) είτε ψευδής(*false*).

Οι προτάσεις αυτές ονομάζονται *άτομα (atoms)*, και αναπαριστάται συνήθως με λατινικούς χαρακτήρες P, Q, R, S, κτλ.

Οι προτάσεις συνδυάζονται χρησιμοποιώντας *συνδετικά σύμβολα (connectives symbols)*, και οι σύνθετες προτάσεις οι οποίες προκύπτουν ονομάζονται *ορθά δομημένοι τύποι( well formed formulas)*. Τα συνδετικά σύμβολα της προτασιακής λογικής παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Σύμβολο	Ονομασία / Επεξήγηση
$\wedge$	σύζευξη (λογικό "ΚΑΙ")
$\vee$	διάζευξη (λογικό "Η")
$\neg$	άρνηση
$\rightarrow$	συνεπαγωγή ("ΕΑΝ ΤΟΤΕ")
$\leftrightarrow$	διπλή συνεπαγωγή ή ισοδυναμία ("ΑΝ ΚΑΙ ΜΟΝΟ ΑΝ").

Πίνακας 1: Τα συνδετικά σύμβολα της προτασιακής λογικής

Για παράδειγμα, έστω ότι θέλουμε να αναπαραστήσουμε την παρακάτω γνώση με προτασιακή λογική:

πρόταση 1: “βρέχει”

πρόταση 2: “έχει συννεφιά”

πρόταση 3: “εάν βρέχει, τότε έχει συννεφιά”

Σε κάθε πρόταση αντιστοιχούμε ένα λατινικό χαρακτήρα:

P: “βρέχει”

Q: “έχει συννεφιά”

Η τρίτη πρόταση μπορεί να αναπαρασταθεί κάνοντας χρήση του συνδετικού της συνεπαγωγής «  $\rightarrow$  » και

της πρώτης και δεύτερης πρότασης. Δηλαδή:

$P \rightarrow Q$  “εάν βρέχει, τότε έχει συννεφιά”

Προσθέτοντας κι άλλες προτάσεις, όπως:

R: “θα βραχώ”

S: “έχω αδιάβροχο”

σχηματίζουμε πιο σύνθετες προτάσεις όπως π.χ.

$P \wedge Q \neg S \rightarrow R$  που σημαίνει “εάν βρέχει ΚΑΙ δεν έχω αδιάβροχο, τότε θα βραχώ”.

Η προτασιακή λογική αντιστοιχίζει μία τιμή αλήθειας (αληθές ή ψευδές, *true* ή *false*) σε ένα τύπο, και προκύπτει από τις τιμές αλήθειας των προτάσεων που συμμετέχουν σε αυτόν, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα αλήθειας των συνδετικών:

P	Q	$\neg P$	$P \vee Q$	$P \wedge Q$	$P \rightarrow Q$	$P \leftrightarrow Q$
t	t	f	t	t	t	t
t	f	f	t	f	f	f
f	t	t	t	f	t	f
f	f	t	f	f	t	t

Πίνακας 2: Πίνακας αληθείας των συνδετικών της προτασιακής λογικής

Ορισμένες περιπτώσεις τύπων που παρουσιάζουν ενδιαφέρον είναι οι:

**Ταυτολογία (tautology)**, όπου ένας τύπος είναι αληθής σε όλες τις περιπτώσεις, για παράδειγμα ο τύπος  $P \vee \neg P$  που είναι αληθής για κάθε τιμή του P.

**Αντίφαση (contradiction)**, όπου ένας τύπος είναι πάντα ψευδής σε όλες τις περιπτώσεις, για παράδειγμα ο τύπος  $P \wedge \neg P$ . [**Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**]

Η προτασιακή λογική έχει το πλεονέκτημα ότι είναι απλή στη σύνταξη της, αλλά έχει και ένα σημαντικό μειονέκτημα. Επειδή κάθε γεγονός πρέπει να αναπαρίσταται με μία λογική πρόταση, αυτό οδηγεί σε πολύ μεγάλες αναπαραστάσεις γνώσης.

### 2.3.2.2 Κατηγορηματική Λογική

Αναφερθήκαμε προηγουμένως ότι το μειονέκτημα της προτασιακής λογικής είναι η ογκώδης αναπαράσταση της γνώσης. Επίσης, η προτασιακή λογική θεωρεί ότι όλα τα γεγονότα που αποτελούν ένα κόσμο είναι αληθή ή ψευδή και στα οποία δεν έχουμε την δυνατότητα να προσπελάσουμε και να διαχωρίσουμε.

Η **Κατηγορηματική λογική (Predicate logic)**, η οποία επεκτείνει την προτασιακή λογική λύνει αυτό το πρόβλημα, περιγράφοντας τον κόσμο ως ένα σύνολο αντικειμένων, στα οποία προσδίδει ιδιότητες και σχέσεις.

Επίσης, χρησιμοποιώντας μεταβλητές είναι δυνατή η αναπαράσταση «γενικής» γνώσης, όπως για παράδειγμα η πρόταση «κάθε άνθρωπος είναι θνητός».

Το αλφάβητο της κατηγορηματικής λογικής περιέχει:

- *Σταθερές (constants)*, που αναπαριστούν αντικείμενα ενός κόσμου π.χ. Athens
- *συναρτησιακά σύμβολα (functional symbols)* για την δημιουργία δομών που παριστάνουν επίσης αντικείμενα του κόσμου, αλλά χρησιμοποιούν άλλα αντικείμενα του ίδιου κόσμου για τον προσδιορισμό τους. π.χ. *city\_of(Athens)*.
- *Κατηγορήματα (predicates)*, που περιγράφουν σχέσεις και ιδιότητες μεταξύ των αντικειμένων.

Π.χ. το κατηγορήμα «*mother*» είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για να εκφράσει το όνομα της μητέρας ενός ατόμου, δηλαδή η πρόταση «*η μητέρα του Γιώργου είναι η Ελένη*» μπορεί να γράφει ως *mother( George, Heleni)*.

Προκειμένου να εκφραστούν σχέσεις μεταξύ σταθερών και παραμέτρων στις προτάσεις, τα κατηγορήματα μπορούν να συνδυαστούν με παραμέτρους.

Για παράδειγμα, από τις προτάσεις  $mother( George, X)$  και  $mother( Maria, X)$  προκύπτει ο λογικός συνειρμός ότι ο Γιώργος και η Μαρία έχουν την ίδια μητέρα, χωρίς να μας απασχολεί το όνομά της.

- ποσοδείκτες

Ο *υπαρξιακός ποσοδείκτης*  $\exists$  (*existential quantifier*) που διαβάζεται «υπάρχει» και ο *καθολικός ποσοδείκτης*  $\forall$  (*Universal quantifier*) που διαβάζεται «για κάθε».

Για παράδειγμα, για να εκφράσουμε την πρόταση “όλοι οι άνθρωποι είναι θνητοί”, θα την γράφαμε ως εξής:

$\forall X \text{ άνθρωπος}(X) \rightarrow \text{θνητός}(X)$

για την πρόταση “όλοι έχουν μητέρα”,  $\forall X \exists Y mother(Y, X)$

για την πρόταση “όλοι οι άνθρωποι έχουν μητέρα”,  $\forall X \text{ human}(X) \rightarrow \exists Y mother(Y, X)$ . [20]

Τα πλεονεκτήματα της κατηγορηματικής λογικής είναι ότι υπάρχει αντιστοιχία με τη φυσική γλώσσα, οπότε αυτά που αναπαριστά αντιλαμβάνονται άμεσα, καθώς και το ότι επιτρέπει την προσθήκη νέων προτάσεων χωρίς να επηρεάζονται οι προϋπάρχουσες.

Το μειονέκτημα της, και γενικότερα της λογικής, είναι ότι δεν επιτρέπει την έκφραση της ασάφειας, καθώς κάθε πρόταση μπορεί να είναι αληθής ή ψευδής χωρίς να υπάρχει η δυνατότητα έκφρασης ασαφών τιμών. Το πιο αντιπροσωπευτικό παράδειγμα του λογικού προγραμματισμού είναι η γλώσσα *PROLOG*.

### 2.3.3 Δομημένες Αναπαραστάσεις Γνώσης

Οι μέθοδοι της λογικής που είδαμε προηγουμένως, λόγω της αυστηρότητας που τις χαρακτηρίζουν έχουν πρόβλημα στην αναπαράσταση κλάσεων αντικειμένων και είναι δύσκολο να εφαρμοστούν.

Στην πράξη, χρειάζεται περισσότερο μία διαισθητική προσέγγιση στην αναπαράσταση της γνώσης, μειώνοντας τον χώρο της γνώσης για ένα πρόβλημα. Οι *δομημένες μορφές αναπαράστασης* παρέχουν ελευθερία στον τρόπο με τον οποίο αναπαρίσταται η γνώση, ενώ έχουν και καλύτερη υπολογιστική πολυπλοκότητα κατά την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Δομημένες μορφές αναπαράστασης είναι τα *σενάρια*, τα *σημασιολογικά δίκτυα*, τα *πλαίσια*, και τα *σχήματα* τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω:

#### 2.3.3.1 Σημασιολογικά Δίκτυα

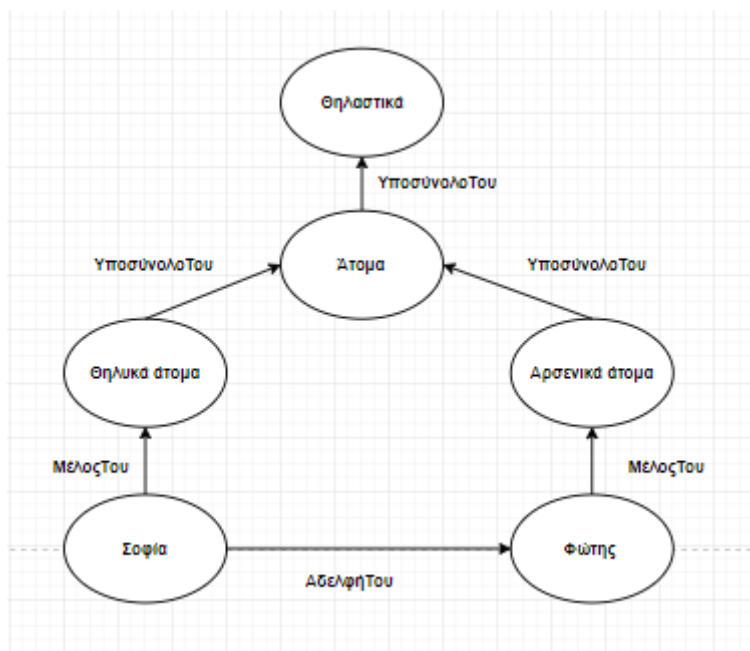
Ένα *σημασιολογικό δίκτυο* (*semantic network*) είναι ένας γράφος αποτελούμενος από κόμβους ( *nodes*) και ακμές ( *links*). Η διαφορά είναι ότι οι ακμές και οι κόμβοι δεν είναι του ίδιου τύπου όπως σε ένα γράφο, αλλά αναπαριστούν διαφορετικές έννοιες. Οι ακμές και οι κόμβοι αντιπροσωπεύουν οντότητες που σχετίζονται με έναν συγκεκριμένο κόσμο ενός προβλήματος.

Οι κόμβοι υποδηλώνουν *αντικείμενα* (*objects*), *τιμές* (*values*), *έννοιες* (*concepts*), ενώ οι ακμές τις *σχέσεις* (*relations*) ανάμεσα στα αντικείμενα. Ένα σημασιολογικό δίκτυο υλοποιείται στον υπολογιστή μέσω κάποιων γλωσσών προγραμματισμού που δίνει



την δυνατότητα αναπαράστασης συνόλων ή γράφων, ή με σχεσιακές γλώσσες όπως η λογική.

Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει ένα σημασιολογικό δίκτυο, και η αναπαράσταση του χρησιμοποιώντας στοιχεία της κατηγορηματικής λογικής.



Εικόνα 6: Σημασιολογικό δίκτυο

Οι ακμές του δικτύου αναπαρίστανται από το κατηγορήμα, ενώ οι κόμβοι από τα ορίσματα των κατηγορημάτων.

*ΥποσύνολοΤου( Θηλυκά, Άτομα)*

*ΥποσύνολοΤου( Θηλυκά άτομα, Άτομα)*

*ΥποσύνολοΤου( Αρσενικά άτομα, Άτομα)*

*ΜέλοςΤου( Σοφία, Θηλυκά άτομα)*

*ΜέλοςΤου( Φώτης, Αρσενικά άτομα)*

*ΑδελφήΤου( Φώτης, Σοφία)*

Τα πλεονεκτήματα των σημασιολογικών δικτύων είναι ότι λόγω της ιεραρχικής τους δομής είναι δυνατή η γρήγορη εξαγωγή συμπερασμάτων ενώ έχουν και την ικανότητα της *κληρονομικότητας (heredity)* μέσω της οποίας κληρονομούνται χαρακτηριστικά από άλλους κόμβους, ενώ μειονεκτήματα τους είναι ότι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση τους είναι σχεδόν αυθαίρετη, με την έννοια ότι δεν υπάρχουν κάποια προκαθορισμένα πρότυπα πάνω στα οποία να στηρίζεται ο σχεδιασμός τους.

Πολύ γνωστό σημασιολογικό δίκτυο είναι το *wordnet* που σχετίζεται με την *επεξεργασία φυσικής γλώσσας (natural language processing)* και το οποίο είναι ένα

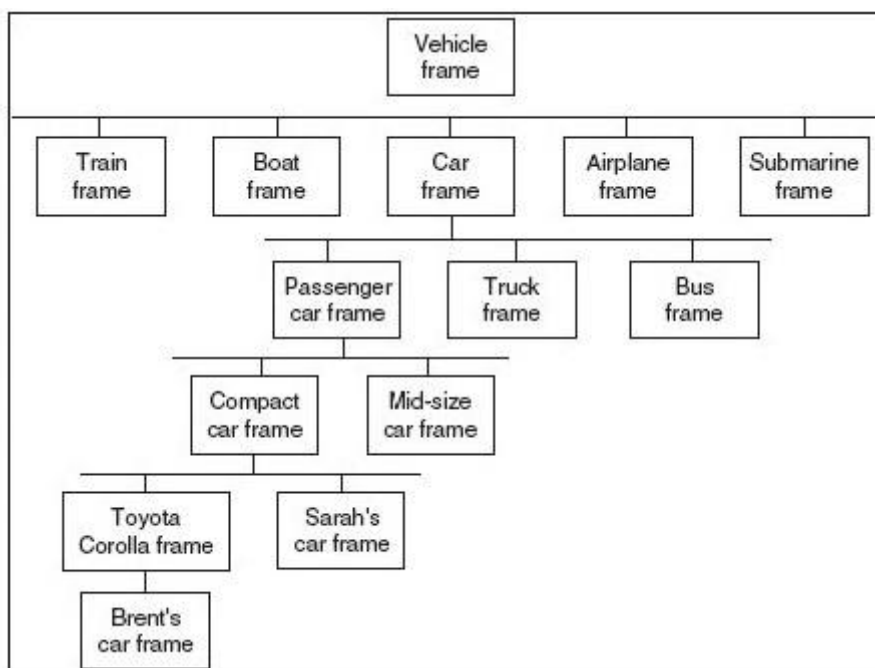
ηλεκτρονικό λεξικό για την Αγγλική και άλλες γλώσσες που οργανώνει τις λέξεις σε ομάδες συνωνύμων και τις συσχετίζει ιεραρχικά. [21]

### 2.3.3.2 Πλαίσια

Τα πλαίσια (*frames*) διατυπώθηκαν από τον *Minsky* σαν «δομές δεδομένων για την αναπαράσταση στερεοτύπων καταστάσεων».

Ένα πλαίσιο είναι μία *εγγραφή (record)* που αποτελείται από μία συλλογή χαρακτηριστικών και τιμών για να περιγράψει μία ενότητα στον κόσμο. Όλη η πληροφορία για μία έννοια που αναπαρίσταται περιέχεται σε ένα πλαίσιο, σε αντίθεση με τα σημασιολογικά δίκτυα, όπου μία έννοια αναπαρίσταται από έναν κόμβο, ενώ τα χαρακτηριστικά της περιγράφονται σε άλλους κόμβους που είναι συνδεδεμένοι με αυτόν. Σκοπός των πλαισίων είναι να ομαδοποιηθούν πληροφορίες που σχετίζονται μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να μοιάζουν με τα αντικείμενα (*objects*) του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού.

Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει μία ιεραρχική δομή πλαισίων για την έννοια *όχημα (vehicle)*.



Εικόνα 7: Ιεραρχική δομή πλαισίων της έννοιας όχημα

### 2.3.3.3 Αντικείμενα

Τα συστήματα αναπαράστασης γνώσης που βασίζονται σε αντικείμενα, είναι συστήματα που έχουν σχεδιαστεί για την αναπαράσταση της γνώσης με την μορφή αντικειμένων και κλάσεων.

Τα αντικείμενα και ο *αντικειμενοστρεφής προγραμματισμός* προήλθαν από την έρευνα για γλώσσες προσομοίωσης, προκειμένου να εξετάσουν τα προβλήματα με τρόπο με τον οποίο γίνονται αντιληπτά από τον άνθρωπο.

Σε μία αντικειμενοστρεφής γλώσσα προγραμματισμού (*object language oriented*), τα αντικείμενα (*objects*) παριστάνουν τις οντότητες του προβλήματος, ενώ το πρόγραμμα βασίζεται στην αποστολή *μηνυμάτων* (*messages*) μεταξύ των αντικειμένων.

Τα αντικείμενα ομαδοποιούνται σε *κλάσεις* (*class*), ενώ χαρακτηρίζονται από τις *ιδιότητες* (*fields*) και τις *μεθόδους* (*methods*) τους.

Οι κλάσεις έχουν ιεραρχική δομή, και *κληρονομούν* (*inherit*) τα χαρακτηριστικά των προγόνων τους.

Οι σύγχρονες αντικειμενοστραφείς γλώσσες προγραμματισμού (Java, C++, C#, Python), έχουν πληθώρα νέων χαρακτηριστικών, με αποτέλεσμα στην ΤΝ η χρήση αντικειμένων να είναι περισσότερο συχρή από τα πλαίσια.

#### 2.3.3.4 Σενάρια

Ο ανθρώπινος νους αρκετές φορές, αποθηκεύει τη γνώση σε δομές που αναπαριστούν *στερεότυπες καταστάσεις* (*stereotypical situations*).

Παίρνοντας για παράδειγμα τη φράση “*πήγα στο σούπερ μάρκετ*”, άμεση συνέπεια είναι να συμπεράνουμε ορισμένες δραστηριότητες, χωρίς αυτές να ειπωθούν ρητά, όπως “*πήρα ένα καρότσι*”, “*ψώνισα ορισμένα προϊόντα*”, “*πλήρωσα στο ταμείο*”, κτλ.

Αυτή η καθορισμένη ακολουθία ενεργειών εφαρμόζεται σε αρκετά προβλήματα.

Έτσι, στην ΤΝ ένα υπολογιστικό σύστημα θα μπορούσε να εξάγει συμπεράσματα μέσω ενός διαλόγου με το χρήστη, έχοντας λίγα στοιχεία ενός γεγονότος, και όχι την πλήρη περιγραφή του.

Ένα *σενάριο* (*script*), αναπαριστά μία ακολουθία γεγονότων σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο (*context*).

Ένα σενάριο αποτελείται από μέρη, τα οποία περιέχουν πληροφορίες με ιδιότητες των οντοτήτων ή αντικειμένων που συμμετέχουν.

Τα βασικά μέρη ενός σεναρίου είναι:

- *συνθήκες εισόδου* (*entry conditions*), οι οποίες πρέπει να ισχύουν πριν συμβούν οι διαδικασίες (γεγονότα) που περιέχονται στο σενάριο
- *αποτελέσματα* (*results*), που προκύπτουν μετά τα γεγονότα
- *ιδιότητες- αντικείμενα*, που περιέχει το σενάριο
- *ρόλους* (*rules*), που αντιπροσωπεύουν τις οντότητες που παίζουν έναν ρόλο σε ένα γεγονός
- *σκηνές* (*scences*), που είναι η ακολουθία των γεγονότων
- *παραπομπές* (*tracks*), που είναι άλλες καταστάσεις που έχουν κοινά γεγονότα με αυτά του σεναρίου

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ένα σενάριο σχετικό με μία επίσκεψη στο σούπερ μάρκετ.

Στο σενάριο συμμετέχουν ο πελάτης, και ο ταμίας.

Αποτελείται από τέσσερις σκηνές, την είσοδο στο σούπερ μάρκετ, την επιλογή των προϊόντων, την πληρωμή, και την έξοδο από το σούπερ μάρκετ.

Υπάρχει και μία παραπομπή σε εμπορικό κέντρο, όπου συνήθως συμβαίνουν τα ίδια πράγματα. Τέλος, υπάρχουν οι συνθήκες εισόδου και τα αποτελέσματα του σεναρίου.

<b>ΣΕΝΑΡΙΟ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΞΑΡΤΗΣΗΣ</b>	
Σενάριο: Σούπερ μάρκετ Παραπομπή: Εμπορικό κέντρο	Σκηνή 1: Είσοδος Πελάτης PTRANS στο Σούπερ μάρκετ Πελάτης MTRANS παίρνει καρότσι Πελάτης PTRANS στον διάδρομο του Σούπερ μάρκετ
Ιδιότητες/Αντικείμενα: Σούπερ μάρκετ Καρότσι Ράφια Πάγκος ταμείου Λογαριασμός Απόδειξη	Σκηνή 2: Πελάτης ATTENDS στα ράφια Πελάτης MBUILD επιλογή προϊόντος Πελάτης ATRANS προϊόν στο καρότσι Πελάτης PTRANS στον διάδρομο του Σούπερ μάρκετ
Ρόλοι: Πελάτης Ταμίας	Σκηνή 3: Πελάτης PTRANS στον πάγκο του ταμείου Πελάτης ATRANS τοποθετεί προϊόν στον πάγκο Ταμίας ATTENDS στον πελάτη Ταμίας MTRANS σκανάρει barcode προϊόντος Ταμίας COMPUTE υπολογίζει λογαριασμό Ταμίας ATRANS λογαριασμό στον πελάτη Πελάτης PTRANS πελάτη στον ταμία Πελάτης ATRANS πληρωμή λογαριασμού Ταμίας ATRANS απόδειξη στον πελάτη
Συνθήκες εισόδου: Πελάτης θέλει να ψωνίσει Πελάτης έχει χρήματα	Σκηνή 4: έξοδος Πελάτης ATRANS παραλαβή προϊόντων Πελάτης ATRANS Παράδοση καροτσιού Πελάτης PTRANS Πελάτη έξοδος από το Σούπερ μάρκετ
Αποτελέσματα: Πελάτης έχει ψωνίσει Πελάτης έχει λιγότερα χρήματα Σούπερ μάρκετ έχει λιγότερα προϊόντα Σούπερ μάρκετ έχει περισσότερα χρήματα	
Κανάλια: ATTENDS: Στρέψη προσοχής MTRANS: Κίνηση μέλους	

MBUILD: Αλλαγή στάσης	
PTRANS: Μετακίνηση	
COMPUTE: Υπολογισμός λογαριασμού	
ATRANS: Παράδοση αντικειμένου	

Πίνακας 3: Σενάριο εννοιολογικής εξάρτησης

Τα σενάρια είναι χρήσιμα στην περίπτωση διαλόγου μεταξύ ανθρώπου και υπολογιστή. Η αναφορά στο σούπερ μάρκετ από τον άνθρωπο, ενεργοποιεί το συγκεκριμένο σενάριο του σούπερ μάρκετ και έτσι ο υπολογιστής έχει την δυνατότητα να εξάγει συμπεράσματα ώστε να αντιδράσει με τον κατάλληλο τρόπο σε ερωτήσεις.

Τα σενάρια, αν και είναι ικανά να αναπαραστήσουν όλα τα είδη γνώσης, έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα στις εφαρμογές μικρού εύρους.

### 2.3.3.5 Οντολογίες

*Οντολογία (Ontology)*, ονομάζεται η περιγραφή ενός πεδίου γνώσης με αυστηρά μαθηματικό τρόπο. Οι οντολογίες έχουν την βάση τους σε ένα υποσύνολο της κατηγορηματικής λογικής, από όπου αντλούν την μαθηματική τους σημασιολογία.

Περιλαμβάνουν ένα σύνολο από όρους και τις μεταξύ τους σημασιολογικές συσχετίσεις. Οι όροι αντιπροσωπεύουν τις κλάσεις των αντικειμένων, ενώ οι συσχετίσεις περιγράφουν την ιεραρχική ταξινόμηση των όρων, ή άλλες συσχετίσεις μεταξύ των αντικειμένων.

Οι οντολογίες χρησιμοποιούνται από την ΤΝ για την αναπαράσταση γενικών εννοιών, καθώς όμως και για αναπαράσταση ειδικής γνώσης, οπότε στην περίπτωση αυτή ονομάζεται *οντολογία ειδικού σκοπού*.

Οι οντολογίες έχουν αναπτυχθεί πολύ τα τελευταία χρόνια, κυρίως στο πλαίσιο του *σημασιολογικού ιστού (semantic web)*, με κυριότερη γλώσσα οντολογιών την OWL.

### 2.3.3.6 Κανόνες

Οι *κανόνες (rules)* είναι μία δημοφιλής μέθοδος για την αναπαράσταση της γνώσης, λόγω του ότι η γνώση αναπαρίσταται με τρόπο που μοιάζει αυτή του ανθρώπου, ενώ τα συμπεράσματα εξάγονται με εύκολο τρόπο.

Είναι μία μέθοδος που αντιστοιχεί σε τεκμηριωμένους συλλογισμούς, και έχει τη μορφή *αν - τότε (if- then)*.

Οι δηλώσεις μετά τον όρο «αν» αντιπροσωπεύουν ένα παρατηρήσιμο γεγονός, ενώ οι δηλώσεις μετά το «τότε» αντιπροσωπεύουν μία ενέργεια που θα γίνει ή κάποιο συμπέρασμα.

Γενικά, ένας κανόνας προσδιορίζει ένα πρότυπο και εκτελεί μία από τις παρακάτω ενέργειες:

- εξάγει συμπεράσματα
- συμβουλεύει τι πρέπει να γίνει
- εκτελεί τις κατάλληλες ενέργειες

Οι κανόνες χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- *συνεπαγωγικοί κανόνες (deductive rules)*, οι οποίοι εκφράζουν συμπεράσματα
- *κανόνες παραγωγής (productive rules)*, οι οποίοι εκφράζουν συγκεκριμένες ενέργειες που πρέπει να εκτελεστούν
- *ενεργοί κανόνες (active rules)*, οι οποίοι όταν λάβει χώρα ένα συγκεκριμένο γεγονός, τότε ελέγχεται η συνθήκη τους, και αν είναι αληθής εκτελούνται οι ενέργειές τους.

Για παράδειγμα, στα manual ηλεκτρικών συσκευών υπάρχει συνήθως μία ενότητα που αναφέρεται στην αντιμετώπιση προβλημάτων (troubleshooting).

Σύμπτωμα	Πιθανή βλάβη	Ενέργειες
Το καλώδιο τροφοδοσίας ρεύματος είναι στην πρίζα, αλλά η οθόνη είναι μαύρη	Δεν έχει πατηθεί το πλήκτρο ON στο τηλεχειριστήριο	Πατήστε το πλήκτρο με την ένδειξη ON στο τηλεχειριστήριο

Πίνακας 4: Πίνακας αντιμετώπισης προβλημάτων

Τα περιεχόμενα ενός πίνακα αντιμετώπισης προβλημάτων εκφράζουν κανόνες. Έτσι, ο παραπάνω κανόνας μπορεί να γράφει ως εξής:

- Σε συνεπαγωγικό κανόνα:

αν (*if*) το καλώδιο τροφοδοσίας ρεύματος είναι στην πρίζα *KAI (AND)* η οθόνη είναι μαύρη, *τότε (then)* δεν έχει πατηθεί το πλήκτρο με την ένδειξη «ON».

- σε κανόνα παραγωγής

αν (*if*) το καλώδιο τροφοδοσίας ρεύματος είναι στην πρίζα *KAI (END)* η οθόνη είναι μαύρη, *τότε (then)* πατήστε το πλήκτρο με την ένδειξη «ON» στο τηλεχειριστήριο.

- σε ενεργό κανόνα:

Όταν ο πελάτης φέρει την τηλεόραση για έλεγχο, αν (*if*) ισχύει η εγγύηση, *τότε (then)* η επισκευή είναι δωρεάν.

Τα *συστήματα κανόνων (rule based systems)* έχουν μία σειρά από πλεονεκτήματα, όπως:

- η ανάγνωση και κατανόηση των κανόνων είναι εύκολη και για τους μη ειδικούς, γιατί είναι δομημένη με παρόμοιο τρόπο που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι προκειμένου να δώσουν λύση σε ένα πρόβλημα.
- είναι εύκολη η προσθήκη νέων κανόνων και η διαγραφή παλαιών
- είναι εύκολη η παρακολούθηση των βημάτων για τη λύση ενός προβλήματος, απλώς παρακολουθώντας τη σειρά με την οποία εκτελούνται οι κανόνες.

## 3. Μηχανική Μάθηση

---

Στο κεφάλαιο αυτό θα ορίσουμε τι είναι μηχανική μάθηση, ποια είναι τα πεδία εφαρμογής της, θα αναφερθούμε στα είδη της μηχανικής μάθησης, όπως επίσης και στα νευρωνικά δίκτυα που αποτελούν ένα ιδιαίτερο τομέα της μηχανικής μάθησης.

### 3.1 Εισαγωγή

Στο παρελθόν, οι περισσότερες εφαρμογές TN αναπτύχθηκαν κωδικοποιώντας τη γνώση του προβλήματος σε μία τυπική γλώσσα αναπαράστασης γνώσης (*rule knowledge base - approach*) και χρησιμοποιούσαν μηχανισμούς συλλογιστικής που μιμούνταν την ανθρώπινη συλλογιστική, με αποτέλεσμα η επίλυση των προβλημάτων να βασιζόταν σε αρκετά μεγάλο βαθμό στην ανθρώπινη διαίσθηση.

Επίσης, η γνώση που κωδικοποιούνταν στις εφαρμογές αυτές ήταν στατική, ενώ η αναβάθμιση της μπορούσε να γίνει μόνο με ενημερώσεις από την αρχική ομάδα προγραμματιστών.

Τα περισσότερα προβλήματα όμως είναι πολύπλοκα, με πολλές παραμέτρους, και με πολλά δεδομένα τα οποία έχουν πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ τους. Η παραπάνω προσέγγιση αδυνατεί να δώσει λύσεις σε αυτά τα προβλήματα. Επίσης, η καταγραφή της γνώσης και η ανανέωση της είναι μία χρονοβόρα διαδικασία που απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό.

Αυτές οι δυσκολίες οδήγησαν στην ανάπτυξη συστημάτων TN τα οποία έχουν την ικανότητα να εκτελούν μία συγκεκριμένη λειτουργία χωρίς να έχουν προγραμματιστεί ρητά για αυτό, αλλά μαθαίνοντας μόνα τους τον τρόπο μέσα από κάποιες γενικές κατευθύνσεις και δεδομένα που τους παρέχουμε. Αυτή η ικανότητα μάθησης ενός υπολογιστικού συστήματος ονομάζεται *μηχανική μάθηση (machine learning)*.

#### Ιστορική αναδρομή

Η μηχανική μάθηση είναι από τους παλαιότερους τομείς έρευνας της TN, που ξεκίνησε με τον τεχνητό νευρώνα του Rosenblatt το 1957, [22] και την μάθηση συνάρτησης αξιολόγησης στο παιχνίδι *Ντάμα* από τον Samuel το 1959, [23] ενώ σαν όρος εισήχθη το 1980.

Γνώρισε μεγάλη ανάπτυξη στη δεκαετία του '90 και πρόσφατα τη δεκαετία του 2000 λόγω του ότι υπάρχουν:

- μεγάλος όγκος δεδομένων (big data)
- άφθονη υπολογιστική ισχύς
- καλύτεροι αλγόριθμοι
- αυξημένη ζήτηση για εμπορικές, επιχειρηματικές, ερευνητικές εφαρμογές

#### Ορισμός μηχανικής μάθησης

Ο άνθρωπος κατανοεί το περιβάλλον μέσα στο οποίο ζει, μέσω της παρατήρησης, και κατασκευάζει μία εκδοχή του που είναι απλοποιημένη και η οποία ονομάζεται *νοητικό μοντέλο (mental model)*.

Η διαδικασία αυτή ονομάζεται *επαγωγή* (*induction*), και η κατασκευή ενός τέτοιου μοντέλου *επαγωγική μάθηση* (*inductive learning*). Επίσης, ο άνθρωπος έχει την ικανότητα τις εμπειρίες και τις παρατηρήσεις του να τις οργανώνει, δημιουργώντας νέες δομές οι οποίες ονομάζονται *νοητικά πρότυπα* (*mental patterns*).

Η μηχανική μάθηση υιοθετεί αυτές τις δύο βασικές έννοιες που χαρακτηρίζουν τη μάθηση στον άνθρωπο, δηλαδή τα μοντέλα και τα πρότυπα. Επιδιώκοντας να ορίσουμε την μηχανική μάθηση, θα λέγαμε ότι *μηχανική μάθηση* (*machine learning*) ονομάζεται η ικανότητα ενός υπολογιστικού συστήματος να δημιουργεί μοντέλα ή πρότυπα από ένα σύνολο δεδομένων. [19]

Ένας πιο τεχνικός ορισμός, είναι και ο παρακάτω: Ένα πρόγραμμα υπολογιστή θεωρείται ότι μαθαίνει μέσω εμπειρίας  $E$  που αποκτά μέσω κάποιων δραστηριοτήτων  $T$  και μέτρο απόδοσης  $P$ , αν οι επιδόσεις του στις δραστηριότητες  $T$ , όπως καταμετρώνται από το  $P$ , βελτιώνονται με την εμπειρία  $E$ . [24]

Για παράδειγμα, στην μάθηση πτήσης από ένα αυτόνομο ιπτάμενο όχημα (drone),  $T$  θα μπορούσε να είναι η πτήση σε μία περιοχή με τη βοήθεια αισθητήρων (όρασης, απόστασης από έδαφος, κτλ),  $P$  η απόσταση που διανύθηκε πριν συμβεί κάποιο λάθος και  $E$  μία σειρά από καταγραφές των αισθητήρων με τις αντίστοιχες εντολές πτήσης (σε χειριστήρια, κινητήρες, κτλ) που καταγράφηκαν παρατηρώντας έναν άνθρωπο πιλότο.

Η μηχανική μάθηση ως υπο-πεδίο της  $TN$  ασχολείται με την μελέτη αλγόριθμων οι οποίοι χρησιμοποιώντας την εμπειρία τους, βελτιώνουν την απόδοσή τους σε κάποια εργασία που τους έχει ανατεθεί. Οι αλγόριθμοι αυτοί ψάχνουν σε ένα σύνολο δεδομένων και προσπαθούν να ανακαλύψουν *πρότυπα - μοτίβα* (*patterns*).

Όσον αφορά τον σχεδιασμό συστημάτων μηχανικής μάθησης, υπάρχουν δύο προσεγγίσεις. Συστήματα που ανήκουν στην:

- **Συμβολική  $TN$** , όπου η μάθηση χαρακτηρίζεται ως η ικανότητα πρόσκτησης επιπλέον γνώσης, μεταβάλλοντας την υπάρχουσα γνώση και αλλάζοντας τα χαρακτηριστικά της
- **Μη συμβολική  $TN$** , όπου η μάθηση χαρακτηρίζεται ως η ικανότητα των υπολογιστικών συστημάτων να μετασχηματίζουν την εσωτερική τους δομή. Παράδειγμα τέτοιων συστημάτων είναι τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα στα οποία θα γίνει ιδιαίτερη αναφορά.

Επίσης έντονα αναπτύσσεται και ο τομέας της *εξελικτικής μάθησης* (*evolutionary learning*), όπου μέσω της μίμησης διαδικασιών φυσικής αναπαραγωγής σε έμβρυα όντα, επιδιώκουν λύσεις σε προβλήματα βελτιστοποίησης κυρίως, κάνοντας χρήση των γενετικών αλγορίθμων.

Βέβαια, η απόσταση που πρέπει να διανύσουμε ώστε να δημιουργήσουμε συστήματα που να μαθαίνουν τόσο καλά όσο ο άνθρωπος, είναι μεγάλη. Ωστόσο, είναι ξεκάθαρο ότι η αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου συστήματος εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την ποιότητα και την ποσότητα των δεδομένων ( αρχική γνώση) που θα εφοδιαστεί.



## Πεδία εφαρμογών της μηχανικής μάθησης

Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται αλγόριθμοι οι οποίοι βρίσκουν χρήση σε μία πληθώρα εφαρμογών με μεγάλη επιτυχία, όπως προγράμματα που ανιχνεύουν χρήση κλεμμένων τραπεζικών καρτών, συστήματα εξαγωγής συναισθήματος από κείμενα, αυτόνομα οχήματα, κτλ. Η χρήση τεχνικών μηχανικής μάθησης υπόσχεται να δώσει σημαντική ώθηση στην αντιμετώπιση πολύπλοκων προβλημάτων που έχουν μεγάλη επίδραση στην κοινωνία, καθώς επίσης και επιστημονικό ενδιαφέρον. Παραδείγματα τέτοιων προβλημάτων είναι τα παρακάτω:

- ιατρικές διαγνώσεις από εξετάσεις απεικόνισης ( αξονική μαγνητική τομογραφία, υπέρηχοι)
- αποκλεισμός ανεπιθύμητης αλληλογραφίας ( spam, filtering)
- αντίληψη του περιβάλλοντος χώρου με χρήση αισθητήρων ( όρασης, απόστασης, ήχου, κτλ)
- αναγνώριση εικόνων
- κατανόηση γραπτού λόγου και ομιλίας
- εντοπισμός ύποπτων τραπεζικών συναλλαγών
- δημιουργία αυτόνομων οχημάτων
- αυτόματη μετάφραση, υποτιτλισμός σε βίντεο
- δημιουργία αυτόνομων συσκευών - βοηθών
- παροχή προσωποποιημένων συστάσεων για αγορές, ταινίες, μουσική, κτλ.

## 3.2 Είδη μηχανικής μάθησης

Ανάλογα με το πρόβλημα που υπάρχει κάθε φορά, έχουν αναπτυχθεί και ανάλογες τεχνικές μηχανικής μάθησης. Οι τεχνικές αυτές ανήκουν σε μία από τις παρακάτω κατηγορίες:

- **Μάθηση με επίβλεψη (supervised learning)**, όπου το σύστημα επιχειρείται να μάθει μία συνάρτηση ή έννοια η οποία περιγράφει ένα μοντέλο, από ένα σύνολο δεδομένων εισόδου. Θεωρούμε ότι υπάρχει ένας «επιβλέπων» που δίνει την επιθυμητή τιμή εξόδου για τα δεδομένα εισόδου από τα οποία μαθαίνει, εξ ου και ο όρος μάθηση με επίβλεψη. Για παράδειγμα, αν δοθεί ως είσοδος μία εικόνα μιας πινακίδας οδικής σήμανσης, ο αλγόριθμος θα πρέπει να δώσει στην έξοδο του ποια πινακίδα αναπαρίσταται στην εικόνα (σήμα Stop, όριο ταχύτητας, κτλ).
- **Μάθηση χωρίς επίβλεψη (unsupervised learning)**, όπου το σύστημα καλείται να ανακαλύψει μόνο του σχέσεις σε ένα σύνολο δεδομένων, δημιουργώντας μοντέλα - πρότυπα (patterns). Για παράδειγμα, με την ομαδοποίηση παρόμοιων στοιχείων για τον σχηματισμό συστάδων.
- **Ενισχυτική μάθηση (reinforcement learning)**, όπου ένα σύστημα TN πρέπει να λειτουργήσει σε ένα περιβάλλον, επιδεικνύοντας την βέλτιστη

συμπεριφορά. Για παράδειγμα, η κίνηση ενός αυτόνομου οχήματος, η κίνηση ενός ρομπότ στο χώρο, κτλ.

### 3.2.1 Μάθηση με επίβλεψη

Αυτή η κατηγορία μάθησης βρίσκεται κοντύτερα στον τρόπο παραγωγής γνώσης του ανθρώπου, ενώ έχει μελετηθεί και εκτενέστερα από τα άλλα είδη μηχανικής μάθησης. Χρησιμοποιείται κυρίως σε προβλήματα που απαιτούν ταξινόμηση και προβλήματα παρεμβολής.

Η ταξινόμηση (*classification*) στοχεύει στην κατασκευή μοντέλων διακριτών κατηγοριών (κλάσεων). Σκοπός είναι ο διαχωρισμός των δεδομένων εισόδου σε δύο ή περισσότερες κλάσεις (κατηγορίες). Τα φίλτρα spam για τα ανεπιθύμητα e-mails αποτελούν ένα κλασικό παράδειγμα ταξινόμησης, όπου η είσοδος είναι τα e-mails και οι κλάσεις είναι οι *spam* και *όχι spam*.

Η παρεμβολή (*regression*) αφορά στην κατασκευή μοντέλων συνεχών αριθμητικών τιμών, όπως για παράδειγμα η τιμή ενός προϊόντος, τα έσοδα μιας επιχείρησης, κτλ.

#### Μεροληψία

Θα πρέπει να τονίσουμε, ότι δεν υπάρχει αμερόληπτο σύστημα μηχανικής μάθησης.

**Μεροληψία (*bias*)** ενός αλγορίθμου μηχανικής μάθησης είναι το φαινόμενο κατά το οποίο παράγονται μεροληπτικά αποτελέσματα που οφείλονται στις παραδοχές που πρέπει να κάνουμε για να αναπαραστήσουμε το χώρο του προβλήματος, ή για να ορίσουμε τον αλγόριθμο αναζήτησης στο χώρο του προβλήματος.

Ο χώρος των υποθέσεων ενός προβλήματος είναι άπειρος. Ορίζοντας το είδος της λύσης που επιδιώκουμε να βρούμε, περιορίζουμε αυτό το χώρο και έτσι εισάγουμε ένα πρώτο επίπεδο μεροληψίας.

Στη συνέχεια, μέσω της επιλογής του κατάλληλου αλγορίθμου αναζήτησης, εισάγουμε ένα δεύτερο επίπεδο μεροληψίας.

Επίσης, η επιλογή των δεδομένων εκπαίδευσης που θα χρησιμοποιηθούν, εισάγει άλλο επίπεδο μεροληψίας.

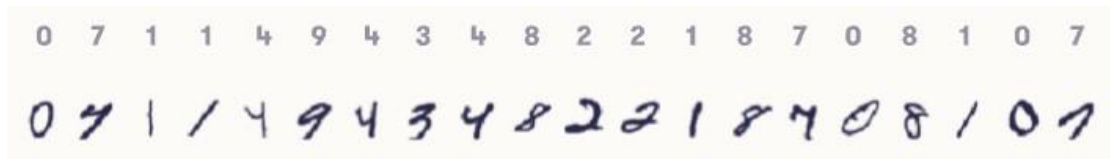
Τελικά, είμαστε υποχρεωμένοι να κάνουμε την παραδοχή ότι το μοντέλο που περιγράφει καλά ένα μικρό υποσύνολο των δεδομένων εκπαίδευσης θα περιγράφει επίσης καλά και το σύνολο των δεδομένων, καθώς επίσης και νέα δεδομένα.

Συνεπώς, κάθε σύστημα μηχανικής μάθησης έχει κάποια μεροληψία και αυτό είναι ένα θεμελιώδες χαρακτηριστικό.

#### 3.2.1.1 Ταξινόμηση

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η ταξινόμηση (*classification*) αφορά στην κατασκευή διακριτών κλάσεων, όπου σκοπός είναι ο διαχωρισμός των δεδομένων εισόδου σε δύο ή περισσότερες κλάσεις. Για παράδειγμα, η χειρόγραφοι αριθμοί αποτελούν κλασική περίπτωση ταξινόμησης.

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε ένα παράδειγμα χειρόγραφων αριθμών από το ευρέως χρησιμοποιούμενο σύνολο δεδομένων MNIST (Modified National Institute of Standards and Technology). [25]



Εικόνα 8: Παράδειγμα χειρόγραφων αριθμών από το σύνολο δεδομένων MNIST

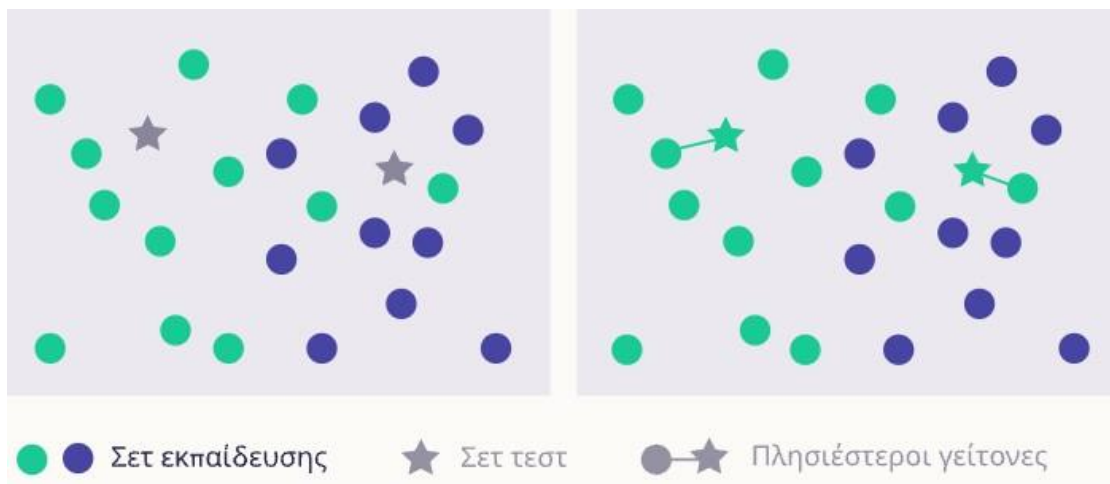
Η σωστή κλάση (ποιον αριθμό ήθελε να γράψει ο γράφων) φαίνεται πάνω από κάθε εικόνα. Σημειωτέον ότι ορισμένες από τις σωστές ετικέτες κλάσεων είναι υπό αμφισβήτηση: για παράδειγμα το δεύτερο ψηφίο από αριστερά, είναι 7 ή μήπως είναι 4?

Στην συγκεκριμένη περίπτωση μία ακριβώς ετικέτα κλάσης είναι σωστή (7 ή 4), αν και είναι δύσκολο να πει κανείς ποια απάντηση είναι η σωστή. Σε αυτά τα είδη προβλημάτων ένα στιγμιότυπο δεν μπορεί να ανήκει ταυτόχρονα σε πολλές κλάσεις ή σε καμία. Αυτό που θέλουμε να επιτύχουμε είναι μία μέθοδος TN στην οποία να δίνεται μία εικόνα όπως η παραπάνω και αυτή να δίνει αυτόματα τη σωστή κλάση (δηλαδή έναν αριθμό μεταξύ 0 και 9). [26]

### 3.2.1.1.1 Ο αλγόριθμος των K πλησιέστερων γειτόνων

Ο αλγόριθμος των *K* πλησιέστερων γειτόνων (*k - nearest neighbors*) είναι από τους πιο χαρακτηριστικούς αλγόριθμους στην ταξινόμηση. Σε αυτόν, τα διάφορα παραδείγματα αναπαρίστανται ως σημεία σε κάποιον Ευκλείδειο χώρο  $R^n$  με  $n$ -διαστάσεις. Κάθε νέα περίπτωση (είσοδος δεδομένων) τοποθετείται ως νέο σημείο στο χώρο αυτό, και η τιμή της κλάσης του προσδιορίζεται με βάση την τιμή κλάσης των *K* πλησιέστερων γειτονικών του σημείων. Οι πλησιέστεροι γείτονες κάθε περίπτωσης υπολογίζονται με βάση την Ευκλείδεια απόσταση τους.

Ας πάρουμε για παράδειγμα την παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 9: Ο αλγόριθμος των K-πλησιέστερων γειτόνων

Στην πάνω αριστερή εικόνα απεικονίζεται μία συλλογή στοιχείων δεδομένων εκπαίδευσης, από τα οποία ορισμένα ανήκουν σε μία κλάση (πράσινη), και τα υπόλοιπα σε άλλη κλάση (μπλε). Υπάρχουν επίσης δύο στοιχεία δεδομένων (γκρι

αστέρια) τα οποία θα ταξινομήσουμε χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο των K-πλησιέστερων γειτόνων.

Και τα δύο στοιχεία ταξινομούνται στην *πράσινη* κλάση ( δεξιά εικόνα), γιατί οι πλησιέστεροι γείτονές τους έχουν και οι δύο πράσινο χρώμα.

Στην περίπτωση της αναγνώρισης αριθμών του MNIST, ο συνήθης τρόπος μέτρησης της ομοιότητας των εικόνων είναι η μέτρηση των *εικονοστοιχείων* (*pixels*) που ταιριάζουν. Συγκρίνουμε μεταξύ τους τα εικονοστοιχεία κάθε εικόνας, και όσο πιο παρόμοιο χρώμα ( απόχρωση του γκρι) έχουν, τόσο πιο παρόμοιες είναι οι δύο εικόνες.

Ωστόσο, η χρήση της Ευκλείδειας απόστασης για τον προσδιορισμό του πλησιέστερου στοιχείου ενδεχομένως να μην είναι πάντα εφικτή.

Για παράδειγμα, αν η είσοδος είναι κάποιο κείμενο, δεν είναι σαφές με ποιο τρόπο μπορούν να σχεδιαστούν τα στοιχεία σε μία γεωμετρική αναπαράσταση και πώς θα πρέπει να μετρηθούν οι αποστάσεις. Ως εκ τούτου, ο τρόπος μέτρησης της απόστασης χρησιμοποιείται κατά περίπτωση.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής του αλγόριθμου K-πλησιέστερων γειτόνων είναι η πρόβλεψη της συμπεριφοράς των χρηστών σε εφαρμογές TN όπως τα συστήματα συστάσεων.

Τα συστήματα συστάσεων έχουν ως βάση την αρχή σύμφωνα με την οποία οι χρήστες με παρόμοια προηγούμενη συμπεριφορά τείνουν να έχουν παρόμοια συμπεριφορά στο μέλλον.

Για παράδειγμα, έστω ένα σύστημα συστάσεων μουσικής που συλλέγει δεδομένα σχετικά με την συμπεριφορά ακρόασης των χρηστών.

Ας θεωρήσουμε ότι ακούσαμε μουσική Rock της δεκαετίας του '70. Κάποια μέρα, ο πάροχος υπηρεσιών προσθέτει στην μουσική του βιβλιοθήκη ένα κλασικό Rock τραγούδι της δεκαετίας του '70.

Το σύστημα πρέπει να προβλέψει αν θα μας αρέσει ή όχι το συγκεκριμένο τραγούδι. Τα συστήματα συστάσεων χρησιμοποιούν μία μέθοδο που ονομάζεται *συνεργατικό φιλτράρισμα* (*collaborative filtering*).

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, το σύστημα χρησιμοποιεί δεδομένα άλλων χρηστών για να προβλέψει τις προτιμήσεις μας. Η λέξη «*φίλτρο*» αναφέρεται στο ότι θα μας συσταθεί περιεχόμενο το οποίο περνά από φίλτρο. Δηλαδή, περιεχόμενο που πιθανόν να μας αρέσει θα περάσει, ενώ άλλο περιεχόμενο όχι.

Ας θεωρήσουμε τώρα ότι το συγκεκριμένο τραγούδι αρέσει σε άλλους χρήστες που άκουσαν Rock μουσική της δεκαετίας του '70 και το ακούν ξανά και ξανά.

Το σύστημα θα εντοπίσει την προηγούμενη παρόμοια συμπεριφορά που χαρακτηρίζει εμάς και τους άλλους λάτρεις της Rock μουσικής του '70 και, καθώς το νέο τραγούδι αρέσει σε άλλους χρήστες σαν εμάς, το σύστημα θα προβλέψει ότι θα αρέσει και σε εμάς.

Έτσι, θα εμφανιστεί στην κορυφή της λίστας συστάσεων για εμάς.

Συστήματα συστάσεων αυτού του είδους χρησιμοποιούνται επίσης για συστάσεις ταινιών, ειδήσεων, και περιεχομένου μέσω κοινωνικής δικτύωσης σε χρήστες.

Στο πλαίσιο των ειδήσεων και των μέσων κοινωνικής δικτύωσης, τα φίλτρα που δημιουργούνται από αυτά τα συστήματα μπορούν να οδηγήσουν στις λεγόμενες *αλγοριθμικές γυάλες*, που σημαίνει ότι οι χρήστες λαμβάνουν μία μεροληπτική εικόνα γεγονότων και απόψεων.

### 3.2.1.1.2 Δέντρα απόφασης

Οι αλγόριθμοι των *δέντρων απόφασης* (*decision trees*) χαρακτηρίζονται από τους δημοφιλέστερους αλγόριθμους μάθησης, ενώ τα πεδία εφαρμογής τους βρίσκονται σε πολλούς τομείς, όπως ιατρικές διαγνώσεις, αξιολόγηση τραπεζικού ρίσκου, αξιολόγηση αίτησης για πιστωτική κάρτα, πρόβλεψη καταναλωτικής συμπεριφοράς, κτλ.

Ένα δέντρο αποφάσεων λαμβάνει ως είσοδο μία κατάσταση ή ένα αντικείμενο που διαθέτει ένα σύνολο ιδιοτήτων και επιστρέφει μία *απόφαση* για την συγκεκριμένη είσοδο.

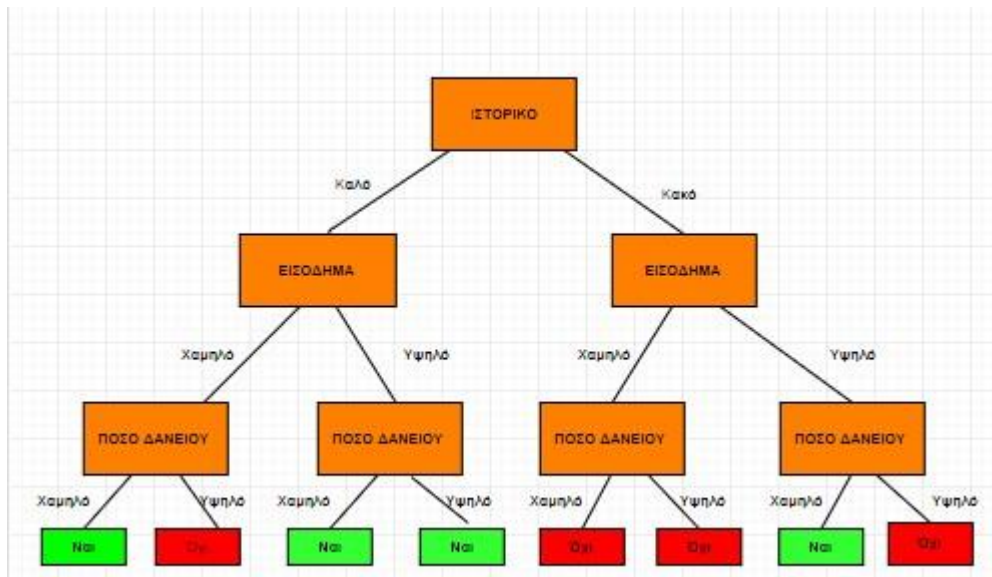
Το αποτέλεσμα είναι τα δεδομένα να περιγράφονται με γραφικό τρόπο σε μία δενδροειδής δομή.

Για παράδειγμα, στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται τα δεδομένα ενός τραπεζικού οργανισμού που αφορούν στην έγκριση ή μη μιας αίτησης δανείου.

ΧΟΡΗΓΗΣΗ ΔΑΝΕΙΟΥ			
ΙΣΤΟΡΙΚΟ	ΕΙΣΟΔΗΜΑ	ΠΟΣΟ ΔΑΝΕΙΟΥ	ΕΚΡΙΣΗ
Καλό	Χαμηλό	Χαμηλό	Ναι
Καλό	Χαμηλό	Υψηλό	Όχι
Καλό	Υψηλό	Χαμηλό	Ναι
Καλό	Υψηλό	Υψηλό	Ναι
Κακό	Χαμηλό	Χαμηλό	Όχι
Κακό	Χαμηλό	Υψηλό	Όχι
Κακό	Υψηλό	Χαμηλό	Ναι
Κακό	Υψηλό	Υψηλό	Όχι

Πίνακας 5: Περιπτώσεις έγκρισης - απόρριψης αίτησης δανείου

Αυτά τα δεδομένα δίνουν το παρακάτω δέντρο απόφασης που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 10: Το δέντρο απόφασης του πίνακα 5

Εξετάζοντας τα χαρακτηριστικά των μονοπατιών που καταλήγουν στους τερματικούς κόμβους *Ναι* και *Όχι*, φαίνεται η πολιτική του οργανισμού στις αιτήσεις χορήγησης δανείων με βάση το ιστορικό του πελάτη.

Το δέντρο του παραπάνω σχήματος μπορεί επίσης να αναπαρασταθεί και ως σύνολο κανόνων *if - then*.

*if ιστορικό =καλό and εισόδημα = χαμηλό and ποσό δανείου = χαμηλό then Ναι*

*if ιστορικό =καλό and εισόδημα = χαμηλό and ποσό δανείου = υψηλό then Όχι*

*if ιστορικό =καλό and εισόδημα = υψηλό and ποσό δανείου = χαμηλό then Ναι*

*if ιστορικό =καλό and εισόδημα = υψηλό and ποσό δανείου = υψηλό then Ναι*

*if ιστορικό =κακό and εισόδημα = χαμηλό and ποσό δανείου = χαμηλό then Όχι*

*if ιστορικό =κακό and εισόδημα = χαμηλό and ποσό δανείου = υψηλό then Όχι*

*if ιστορικό =κακό and εισόδημα = υψηλό and ποσό δανείου = χαμηλό then Ναι*

*if ιστορικό =κακό and εισόδημα = υψηλό and ποσό δανείου = υψηλό then Όχι*

Σημαντικό πλεονέκτημα των δέντρων αποφάσεων είναι ότι ερμηνεύονται εύκολα από τον άνθρωπο, ενώ κάθε δέντρο μεταφράζεται σε μία ακολουθία εντολών *if then* με αποτέλεσμα την εύκολη παραγωγή κώδικα.

### 3.2.1.2 Γραμμική παλινδρόμηση

Οι αλγόριθμοι που είδαμε ως τώρα έχουν εφαρμογή σε προβλήματα ταξινόμησης, όπου ζητούμενο είναι η δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης διακριτών κλάσεων, ονομαστικών τιμών, κτλ.

Υπάρχουν προβλήματα στα οποία ζητούμενο είναι η δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης συνεχών αριθμητικών τιμών, όπως η τιμή μιας μετοχής, ο αριθμός των ατόμων που θα κάνουν κλικ σε μία διαφήμιση της Google βάση της προηγούμενης συμπεριφοράς του χρήστη και του περιεχομένου της διαφήμισης, η τιμή της θερμοκρασίας σε πρόγνωση του καιρού, κτλ.

Τα προβλήματα αυτά ονομάζονται προβλήματα παλινδρόμησης - παρεμβολής (*regression*).

Από τους παλαιότερους χώρους των μαθηματικών που έχει μελετηθεί εκτενώς είναι οι γραμμικές συναρτήσεις συνεχών μεταβλητών. Η προσέγγιση τέτοιων συναρτήσεων γίνεται μέσω της παρεμβολής ή παλινδρόμησης, που είναι η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ μιας συνεχούς μεταβλητής  $y$ , με μία ή περισσότερες μεταβλητές  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Η μεταβλητή  $y$  ονομάζεται εξαρτημένη μεταβλητή ή έξοδος, ενώ οι  $x_1, x_2, \dots, x_n$  ονομάζονται ανεξάρτητες μεταβλητές ή είσοδοι.

Στόχος είναι να μοντελοποιηθεί η σχέση που υπάρχει σε δοθέντα ζευγάρια τιμών εισόδου - εξόδου, που αποτελούν τα δεδομένα εισόδου.

Υπολογίζοντας μία τέτοια σχέση, είναι δυνατή η πρόβλεψη της τιμής εξόδου για νέες εισόδους.

Στην περίπτωση που η ανεξάρτητη μεταβλητή  $x$  είναι μόνο μία, τότε η μοντελοποίηση αυτή ονομάζεται απλή γραμμική παλινδρόμηση (*linear regression*) και χαρακτηρίζεται από ένα σύνολο με δείγματα τιμών  $(x_i, y_i)$ .

Σκοπός είναι η εύρεση ενός μαθηματικού μοντέλου, που να περιγράφει τη σχέση των μεταβλητών  $x$  και  $y$ .

Το ζητούμενο μαθηματικό μοντέλο είναι μία ευθεία γραμμή με την μορφή  $f(x) = a+bx$ , και η οποία «ταιριάζει» καλύτερα στο σύνολο των δειγμάτων.

Με βάση το μοντέλο αυτό είναι δυνατή η πρόβλεψη των τιμών του  $y$  για νέες τιμές του  $x$ .

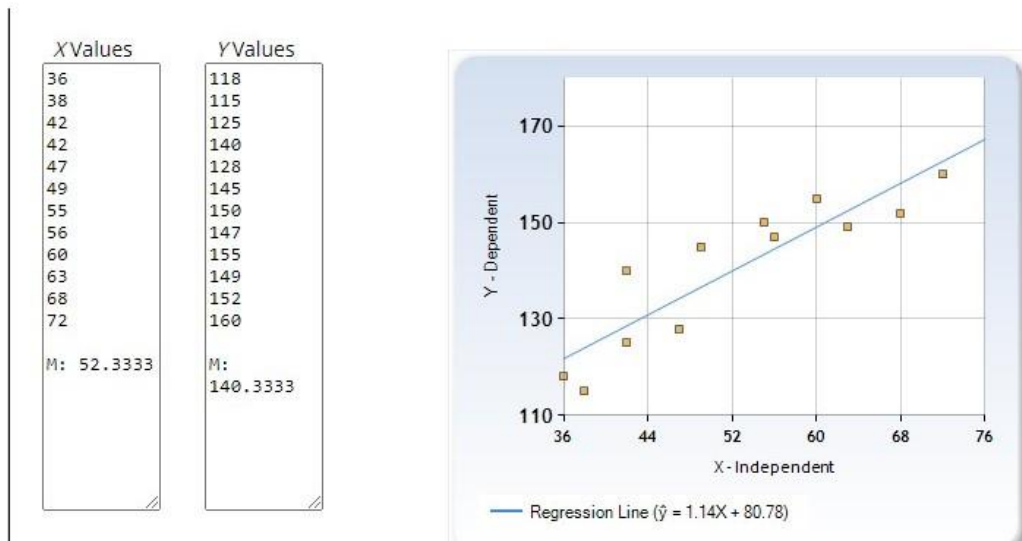
Στο παράδειγμα παρακάτω, υπάρχουν τα σημεία  $(x_i, y_i)$  όπου η ανεξάρτητη μεταβλητή  $x$  δηλώνει την ηλικία ενός ατόμου, ενώ η εξαρτημένη μεταβλητή  $y$  δηλώνει την αρτηριακή πίεση του ατόμου αυτού.

Από το πλήθος  $n=12$  ατόμων εισάγουμε τις ακόλουθες τιμές αρτηριακής πίεσης και ηλικίας σε έτη:

Ηλικία ( $X$ )	36	38	42	42	47	49	55	56	60	63	68	72
Πίεση αίματος ( $Y$ )	118	115	125	140	128	145	150	147	155	149	152	160

Εικόνα 11: Αντιστοιχία μεταβλητών ηλικίας ( $x$ ) - πίεσης ( $y$ )

και παίρνουμε το παρακάτω γράφημα:



Εικόνα 12: Γραφική παράσταση των μεταβλητών x και y

Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται η μεταβλητή x (ηλικία), τόσο αυξάνεται και η μεταβλητή y (αρτηριακή πίεση). Παρατηρούμε επίσης ότι τα σημεία  $(x_i, y_i)$  βρίσκονται κοντά στην ευθεία  $y=1,14x + 80,78$ .

Η συνάρτηση  $F(x)=y=1,14x + 80,78$  στην μηχανική μάθηση ονομάζεται *συνάρτηση υπόθεσης*.

Με βάση αυτή τη συνάντηση υπόθεσης μπορούμε να προβλέψουμε την τιμή της αρτηριακής πίεσης για άτομα των οποίων η ηλικία δεν υπάρχει στο δείγμα τιμών  $(x_i, y_i)$ .

### 3.2.2 Μάθηση χωρίς επίβλεψη

Στη *μάθηση χωρίς επίβλεψη (unsupervised learning)* δεν υπάρχουν κλάσεις ή σωστές έξοδοι. Το σύστημα καλείται να ανακαλύψει μόνο του σχέσεις σε ένα σύνολο δεδομένων, προσπαθώντας να δημιουργήσει *πρότυπα (patterns)*, βασισμένο μόνο στις ιδιότητές τους. Κάθε πρότυπο αυτά περιγράφει ένα μέρος των δεδομένων αυτών. Οι συνηθέστερες μέθοδοι είναι οι *κανόνες συσχέτισης (association rules)* και η *ομαδοποίηση (clustering)*.

#### 3.2.2.1 Κανόνες συσχέτισης

Οι κανόνες συσχέτισης προτάθηκαν από τον *Rakesh Agrawal* ως τεχνική για την ανάλυση ενός καλαθιού αγορών. [27]

Ζητούμενο είναι η ανακάλυψη σχέσεων ανάμεσα στα προϊόντα ενός καλαθιού αγορών, ενώ επεκτείνεται και σε μεγάλες βάσεις δεδομένων όπου υπάρχουν δεδομένα συναλλαγών.

Συγκεκριμένα, αναφέρεται στην μελέτη των αγορών που πραγματοποιούνται από τους πελάτες ενός καταστήματος, και των προϊόντων που αγοράζονται (καφέ, ζάχαρη, ψωμί, κτλ).

Στόχος είναι η εύρεση των προϊόντων που αγοράζονται μαζί.



Οι κανόνες συσχέτισης έχουν την μορφή  $(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow y$ , που σημαίνει ότι αν βρεθούν όλα τα προϊόντα  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  σε ένα καλάθι αγορών, τότε κατά πάσα πιθανότητα θα βρεθεί και το  $y$ .

Ένας κανόνας για παράδειγμα θα μπορούσε να ήταν:

Όποιος αγοράζει ψωμί ( $x_1$ ) και αυγά ( $x_2$ ) αγοράζει και γάλα ( $y$ ).

Για να είναι ισχυρός ένας τέτοιος κανόνας  $x \rightarrow y$  θα πρέπει να υπάρχουν και κάποια ποσοτικά μεγέθη, τα οποία είναι η *εμπιστοσύνη* (*confidence*) και η *υποστήριξη* (*support*).

Στον κανόνα  $x \rightarrow y$  υποστήριξη είναι το ποσοστό των συναλλαγών που περιέχουν και το  $x$  και το  $y$  στο σύνολο των συναλλαγών, και εκφράζεται με την σχέση:

$\text{Supp}(x \rightarrow y) = \text{πλήθος εγγραφών } (x_1, x_2, \dots, x_n, y) / \text{σύνολο εγγραφών.}$

Στον κανόνα  $x \rightarrow y$  εμπιστοσύνη είναι η πιθανότητα να βρεθεί το  $y$  σε ένα καλάθι που περιέχει τα  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , και εκφράζεται με τη σχέση:

$\text{conf}(x \rightarrow y) = \text{πλήθος εγγραφών } (x_1, x_2, \dots, x_n, y) / \text{πλήθος εγγραφών } (x_1, x_2, \dots, x_n)$

Για παράδειγμα, ο παρακάτω πίνακας απεικονίζει το σύνολο των συναλλαγών ενός καταστήματος.

Η αριστερή στήλη περιέχει τον αριθμό των καλαθιών και η δεξιά τα προϊόντα (A,B,Γ,Δ) που περιέχει το κάθε καλάθι.

Καλάθι	Προϊόντα
1	A,B,Γ
2	Γ,Δ
3	A,B
4	A,B,Δ
5	A,Δ
6	B,Γ

Πίνακας 6: Αντιστοιχία καλαθιού αγορών – προϊόντων

Ας θεωρήσουμε τον κανόνα  $A \rightarrow B$  που σημαίνει ότι όταν αγοράζεται το προϊόν A από κάποιον πελάτη του καταστήματος, τότε αγοράζεται μαζί και το προϊόν B. Βλέπουμε ότι από τις έξι συναλλαγές συνολικά, στις τρεις (1,3,4) πωλούνται ταυτόχρονα τα προϊόντα A και B. Λέμε ότι η υποστήριξη του κανόνα είναι 50% δηλαδή 3/6.

Παρατηρούμε επίσης ότι το προϊόν A υπάρχει σε τέσσερις συναλλαγές (1,3,4,5) και σε τρεις από αυτές (1,3,4) εμφανίζεται και το προϊόν B. Η εμπιστοσύνη του κανόνα είναι 3/4 δηλαδή 75%.

Ο υπεύθυνος πωλήσεων του καταστήματος μπορεί να αξιοποιήσει κατάλληλα αυτή την πληροφορία, τοποθετώντας σε γειτονικές θέσεις στο ράφι δυο προϊόντα τα οποία πωλούνται συχνά μαζί, επιτυγχάνοντας αύξηση των πωλήσεων. [28]

### 3.2.2.2 Ομαδοποίηση

*Ομαδοποίηση* (*clustering*) ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία διαχωρίζεται ένα πολυδιάστατο σύνολο δεδομένων σε ομάδες, ώστε περιπτώσεις που μοιάζουν να

ανήκουν σε μία ομάδα, ενώ περιπτώσεις που ενδιαφέρουν να ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες.

Κλασικό παράδειγμα είναι οι αλυσίδες καταστημάτων τροφίμων που συλλέγουν δεδομένα σχετικά με τις αγοραστικές προτιμήσεις των πελατών τους μέσω των καρτών που χορηγούν στους πελάτες τους.

Για να κατανοήσει καλύτερα τους πελάτες του, το κατάστημα μπορεί να εφαρμόσει ομαδοποίηση ώστε να λάβει ένα σύνολο ομάδων πελατών όπως “*λάτρεις των λαχανικών*”, “*λάτρεις των ψαριών*”, “*λάτρεις των τυριών*”, κτλ προκειμένου να βοηθήσουν το τμήμα marketing να καθορίσει μία στοχευμένη διαφημιστική καμπάνια.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η συγκεκριμένη μέθοδος θα ομαδοποιούσε απλώς τους πελάτες σε ομάδες, αλλά δεν θα παρήγαγε αυτομάτως τις κλάσεις των ομάδων (“*λάτρεις των λαχανικών*”, και ούτω καθεξής).

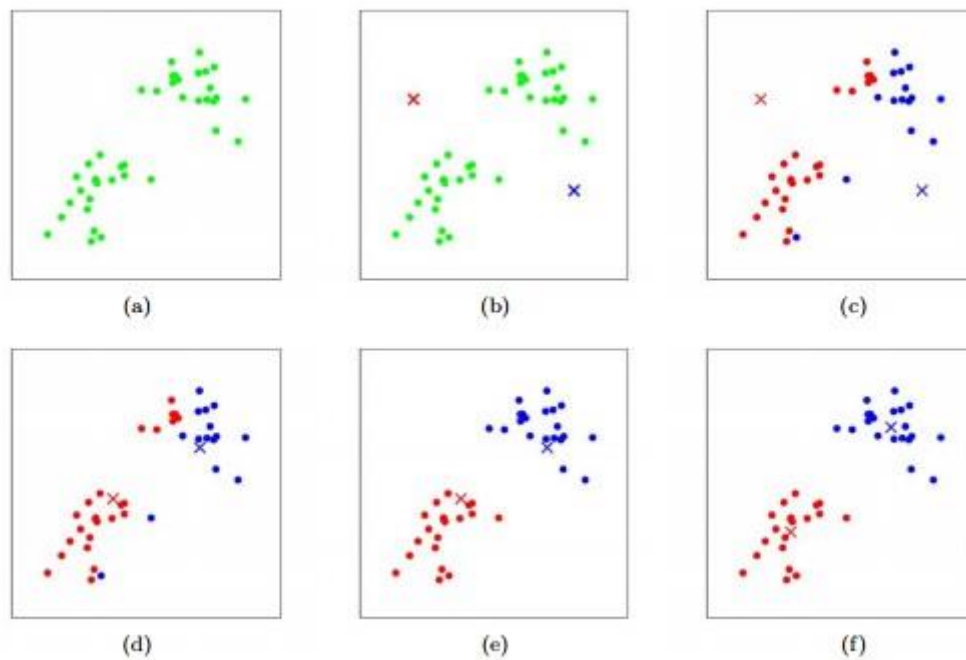
Την εργασία αυτή θα την εκτελούσε ο χρήστης. Υπάρχουν πολλοί αλγόριθμοι ομαδοποίησης, μεταξύ των οποίων ο κυριότερος είναι ο *αλγόριθμος των K - μέσων (K - means)*.

#### **Ο αλγόριθμος των K - μέσων**

Στον αλγόριθμο αυτό πριν την εκτέλεση του καθορίζεται ο αριθμός ( $k$ ) των ομάδων. Συγκεκριμένα:

- ο αλγόριθμος ξεκινώντας διαλέγει ( $k$ ) τυχαία δεδομένα ως κέντρα των ομάδων
- τοποθετεί κάθε δεδομένο στην ομάδα, της οποίας το κέντρο είναι πιο κοντά, συνήθως μέσω της Ευκλείδειας απόστασης
- στη συνέχεια υπολογίζει και ορίζει ως κέντρο της ομάδας, το σημείο που έχει συντεταγμένες τη μέση τιμή των συντεταγμένων των δεδομένων της ομάδας. Τα δύο τελευταία βήματα επαναλαμβάνονται μέχρι να μην υπάρχει αλλαγή στην σύνθεση κάθε ομάδας.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένα παράδειγμα εκτέλεσης του αλγόριθμου για ( $k=2$ ) για τα δεδομένα που απεικονίζονται ως σημεία σε ένα δισδιάστατο χώρο .



Εικόνα 13: Παράδειγμα εκτέλεσης του αλγόριθμου k-means για  $k=2$

Τα κέντρα των ομάδων απεικονίζονται ως σημεία (x)

a. αρχικό σειτ δεδομένων

b. τυχαία αρχικοποίηση των κέντρων των ομάδων

c – f. Απεικόνιση της εκτέλεσης δύο επαναλήψεων του αλγόριθμου. Σε κάθε επανάληψη τοποθετεί κάθε δεδομένο εκπαίδευσης σε μία από τις δύο ομάδες (κόκκινη, μπλε) το κέντρο της οποίας είναι πιο κοντά, και ορίζει ως νέο κέντρο της ομάδας, το σημείο που έχει συντεταγμένες την μέση τιμή των συντεταγμένων των δεδομένων της ομάδας.

### 3.2.3. Ενισχυτική μάθηση

Στην ενισχυτική μάθηση (*reinforcement learning*) ένα υπολογιστικό σύστημα αλληλεπιδρά με το περιβάλλον και προσπαθεί να μάθει μέσα από την άμεση αλληλεπίδραση του με αυτό.

Πεδία εφαρμογής της είναι στον έλεγχο της κίνησης αυτόνομων οχημάτων, ρομπότ, στην μάθηση επιτραπέζιων παιχνιδιών, καθώς και στην βελτιστοποίηση εργασιών σε χώρους εργασίας.

Η ιδέα της ενισχυτικής μάθησης έχει τις ρίζες της στις ανάλογες μεθόδους μάθησης στα ζώα, όπου ο πόνος και η πείνα αναγνωρίζονται ως αρνητικές ανταμοιβές, και η ευχαρίστηση και η λήψη τροφής ως θετικές ανταμοιβές.

Αυτή η ανάδραση ονομάζεται *ανταμοιβή (reward)* ή *ενίσχυση (reinforcement)*.

Σκοπός του συστήματος είναι να μεγιστοποιήσει της ανταμοιβής που θα πάρει από το περιβάλλον. Δεν υπάρχει καμία καθοδήγηση προς το σύστημα ως το με ποιον τρόπο θα ενεργήσει κάποιον επιβλέποντα, το σύστημα θα πρέπει μόνο του να ανακαλύψει ποιες ενέργειες θα του αποφέρουν το μεγαλύτερο κέρδος.

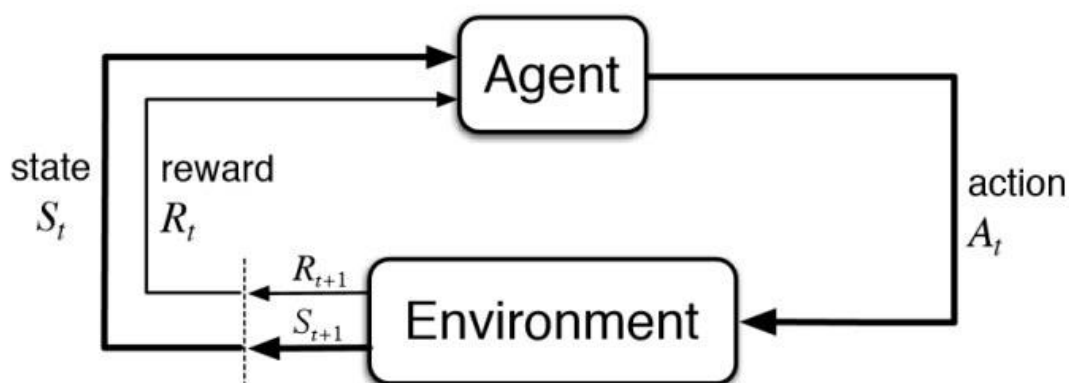
Σε πολύπλοκα προβλήματα, η ενισχυτική μάθηση είναι ο μόνος τρόπος για την εκπαίδευση ενός συστήματος ώστε να πετύχει υψηλά ποσοστά επίδοσης.

Για παράδειγμα, το να προγραμματιστεί ένα σύστημα ώστε να πετά ένα αεροσκάφος (drone) είναι εξαιρετικά δύσκολο. Δίνοντας όμως στο σύστημα τις κατάλληλες αρνητικές ανταμοιβές για την πρόσκρουση, την μη ομαλή πτήση, ή την παρέκκλιση από μία ορισμένη πορεία, το σύστημα μπορεί να μάθει να πετά μόνο του.

Στην ενισχυτική μάθηση, το σύστημα που έχει την ικανότητα να παίρνει αποφάσεις και να μαθαίνει και ονομάζεται **πράκτορας (agent)**, ενώ ότι άλλο υπάρχει εκτός από τον πράκτορα ονομάζεται περιβάλλον.

Μεταξύ του πράκτορα και του περιβάλλοντος υπάρχει συνεχής αλληλεπίδραση, όπου ο πράκτορας επιλέγει κάποιες ενέργειες και το περιβάλλον να ανταποκρίνεται σε αυτές και να παρουσιάζει στον πράκτορα καινούργιες καταστάσεις. Ο πράκτορας δέχεται ανταμοιβές από το περιβάλλον με την μορφή ειδικών αριθμητικών τιμών που προσπαθεί ο πράκτορας να μεγιστοποιήσει μεταγενέστερα.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται αυτή η συνεχής αλληλεπίδραση.



Εικόνα 14: Αλληλεπίδραση πράκτορα – περιβάλλοντος

Σε οποιοδήποτε χρόνο  $t$ , ο πράκτορας λαμβάνει μία αναπαράσταση του περιβάλλοντος  $S_t$  και πραγματοποιεί μία ενέργεια  $A_t$ .

Την επόμενη χρονική στιγμή ο πράκτορας λαμβάνει μία ανταμοιβή  $R_{t+1}$  ως αποτέλεσμα της προηγούμενης ενέργειας του, και προχωρά σε μία καινούργια κατάσταση  $S_{t+1}$ .

Με βάση τα παραπάνω είναι αντιληπτό ότι η ενισχυτική μάθηση λαμβάνει χώρα σε πραγματικό χρόνο μεταξύ του πράκτορα και του περιβάλλοντος.

Ο πράκτορας δεν έχει καμία αρχική γνώση σχετικά με την συμπεριφορά του περιβάλλοντος και πώς υπολογίζεται η ανταμοιβή που λαμβάνει.

Ο πράκτορας ανακαλύπτει περιβάλλοντος μόνο μέσω της δοκιμής και της αποτυχίας (*trial and error*) την συμπεριφορά του περιβάλλοντος.

Γενικά, η ενισχυτική μάθηση μπορεί να θεωρηθεί ότι περιλαμβάνει όλη την ΤΝ: Ένας πράκτορας τοποθετείται σε ένα περιβάλλον και μαθαίνει να συμπεριφέρεται με επιτυχία μέσα σε αυτό.

### **3.3 Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα**

Τα *Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (ΤΝΔ)* αποτελούν μία ιδιαίτερη περίπτωση στην δημιουργία συστημάτων με ικανότητα μάθησης, γιατί προσπαθούν να μιμηθούν την δομή αλλά και την αντίληψη που έχουμε για τον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου εγκεφάλου.

Η κυριότερη ιδιότητα των νευρωνικών δικτύων είναι η εγγενής ικανότητα τους να μαθαίνουν.

Ως μάθηση ορίζουμε στην βαθμιαία βελτίωση της ικανότητας του δικτύου στην επίλυση κάποιου προβλήματος. Η μάθηση γίνεται δυνατή μέσω της εκπαίδευσης, κατά την οποία το νευρωνικό δίκτυο τροφοδοτείται με δεδομένα εκπαίδευσης, και μέσω μίας επαναλαμβανόμενης διαδικασίας, σταδιακά αναπροσαρμόζονται οι τιμές των παραμέτρων του δικτύου ( βάρη, πόλωση) ώστε το πρόβλημα να επιλύεται σε επαρκή βαθμό.

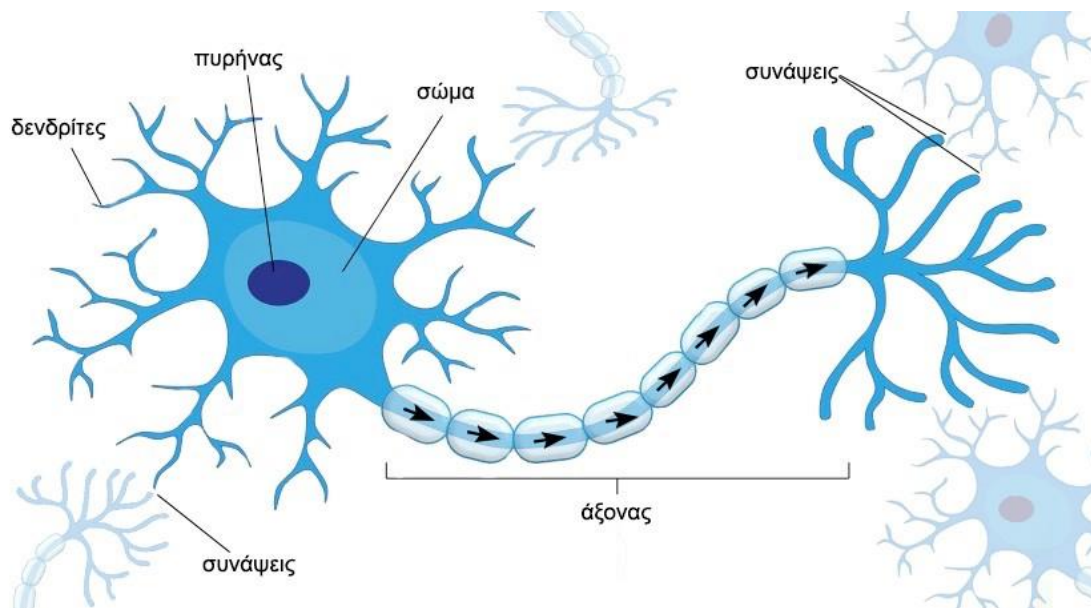
Το ζητούμενο στα ΤΝΔ είναι να χαρακτηρίζονται από μία ικανότητα γενίκευσης. Δηλαδή θα πρέπει να δίνουν σωστές εξόδους για καινοφανείς εισόδους και όχι ίδιες με τις οποίες εκπαιδεύτηκε.

Τα ΤΝΔ χρησιμοποιούνται με μεγάλη επιτυχία σε πολλά προβλήματα, όπως κατανόηση ομιλίας, αυτόματη μετάφραση, μηχανική όραση, ιατρικές διαγνώσεις, εξόρυξη πληροφοριών, σχεδιασμός ενεργειών, κ.α.

#### **3.3.1 Βιολογικά Νευρωνικά Δίκτυα**

Ο άνθρωπος έχει την ικανότητα της μάθησης, της σκέψης, και της επίλυσης προβλημάτων χάρη στον εγκέφαλο του.

Η δομική μονάδα του εγκεφάλου είναι ο *νευρώνας (neuron)*, ο οποίος αποτελείται από το *σώμα (body)* και τον *άξονα (axon)*. Το σώμα του νευρώνα περιλαμβάνει τον *πυρήνα (nucleus)* και τους *δενδρίτες (dendrites)*, από τους οποίους ο νευρώνας λαμβάνει σήματα από γειτονικούς νευρώνες (εικόνα 14).



Εικόνα 15: Αναπαράσταση βιολογικού νευρώνα

Ο άξονας αποτελεί την έξοδο του νευρώνα και το σημείο σύνδεσης με άλλους νευρώνες. Η άκρη κάθε δενδρίτη ονομάζεται *σύναψη* (*synapse*), και μέσω χημικών διαδικασιών μεταβάλλουν τη ροή των ηλεκτρικών φορτίων προς το σώμα του νευρώνα.

Η ικανότητα της μάθησης και μνήμης του εγκεφάλου οφείλεται στην ικανότητα των συνάψεων να μεταβάλλουν την αγωγιμότητά τους. Μέσω των δενδριτών, στο σώμα των νευρώνων εισέρχονται ηλεκτρικά σήματα, συνδυάζονται, και αν η τιμή τους ξεπεράσει κάποια προκαθορισμένη τιμή κατωφλίου, το ηλεκτρικό σήμα μεταδίδεται προς άλλους νευρώνες.

Είναι εντυπωσιακό ότι ο εγκέφαλος ενός ανθρώπου καταναλώνει το 20% της ενέργειας που χρειάζεται το σώμα σε μία ημέρα, ενώ αποτελεί μικρό ποσοστό της συνολικής μάζας του σώματος.

Επίσης, δεδομένου ότι ο εγκέφαλος αποτελείται από 100 δισεκατομμύρια νευρώνες, και κάθε ένας από αυτούς συνδέεται με περίπου 1000 άλλους νευρώνες, προκύπτουν τουλάχιστον 100 τρισεκατομμύρια συνάψεις στο εσωτερικό του εγκεφάλου.

Σε αντιστοιχία, το μεγαλύτερο μοντέλο ΤΝΔ που έχει κατασκευαστεί μέχρι σήμερα αποτελείται από 16 εκατομμύρια νευρώνες και αντιστοιχεί στο μέγεθος ενός εγκεφάλου βατράχου.

Η ικανότητά του εγκεφάλου να λαμβάνει πολύπλοκες αποφάσεις σε ελάχιστο χρόνο, οφείλεται σύμφωνα με πολλούς στο ότι οι πληροφορίες που περιέχει είναι διαμοιρασμένες σε όλο του τον όγκο. Πρόκειται δηλαδή για ένα κατανομημένο και παράλληλο και υπολογιστικό σύστημα.

Επίσης, υπάρχουν ενδείξεις ότι τμήματα του εγκεφάλου που ήταν υπεύθυνα για μία λειτουργία, μπορούν να επαναπρογραμματιστούν ώστε να εκτελέσουν μία άλλη λειτουργία.

Για παράδειγμα, έρευνα σε ζώα έχει δείξει ότι αν αποκοπούν το οπτικό και ακουστικό νεύρο και επανασυνδεθούν το ένα στη θέση του άλλου, το τμήμα του εγκεφάλου που

επεξεργαζόταν τα οπτικά σήματα αρχίζει να προσαρμόζεται στα ακουστικά σήματα, ενώ το τμήμα που επεξεργαζόταν τα ακουστικά σήματα σταδιακά αντιλαμβάνεται τα οπτικά.

Όλες οι παραπάνω παρατηρήσεις αποτελούν κίνητρο και επιθυμία ώστε να υλοποιηθεί ο ανθρώπινος εγκέφαλος με τα ΤΝΔ.

### 3.3.2 Είδη μάθησης και κατηγορίες προβλημάτων

Στα ΤΝΔ οι συνάψεις του εγκεφάλου προσομοιώνονται με μεταβλητές που ονομάζονται *βάρη* (*weights*). Η εκπαίδευση ενός ΤΝΔ είναι η διαδικασία κατά την οποία τροποποιούνται οι αρχικά τυχαίες τιμές βαρών του δικτύου, μέχρις ότου να καταλήξει να *λειτουργεί “σωστά”*, ανάλογα με το πρόβλημα.

Ανάλογα με την μεθοδολογία κατά την οποία τροποποιούνται τα βάρη ενός ΤΝΔ κατά την εκπαίδευσή του, διακρίνονται δύο είδη μάθησης στα ΤΝΔ:

- Στην **μάθηση με επίβλεψη** (*supervised learning*), δίνονται στο δίκτυο ζεύγη τιμών εισόδου - επιθυμητής εξόδου, και το δίκτυο με βάση τα βάρη που ήδη έχει παράγει μία έξοδο. Η έξοδος αυτή στην αρχή θα διαφέρει από την επιθυμητή. Η διαφορά αυτή ονομάζεται *σφάλμα* (*error*), και ένας αλγόριθμος εκπαίδευσης με μία επαναληπτική διαδικασία αναπροσαρμόζει τις τιμές των βαρών με σκοπό την μείωση του σφάλματος.
- Στη **μάθηση χωρίς επίβλεψη** (*unsupervised learning*), δεν υπάρχουν διανύσματα εξόδου. Το δίκτυο στηρίζεται στην ικανότητα της αυτό - οργάνωσης του με βάση τα διανύσματα εισόδου. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται αυτή η εσωτερική οργάνωση, είναι να αντιδρά ισχυρά ένα μέρος του δικτύου σε συγκεκριμένο σύνολο εισόδων. Οι εισοδοί αυτοί αντιστοιχούν σε έννοιες και χαρακτηριστικά τα οποία τα δίκτυα ΤΝΔ αυτής της κατηγορίας καλούνται να μάθουν να χωρίζουν τα δεδομένα εισόδου σε *ομάδες* ή *συστάδες* (*clusters*). Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι το ΤΝΔ δημιουργεί μία περιγραφή των δεδομένων.

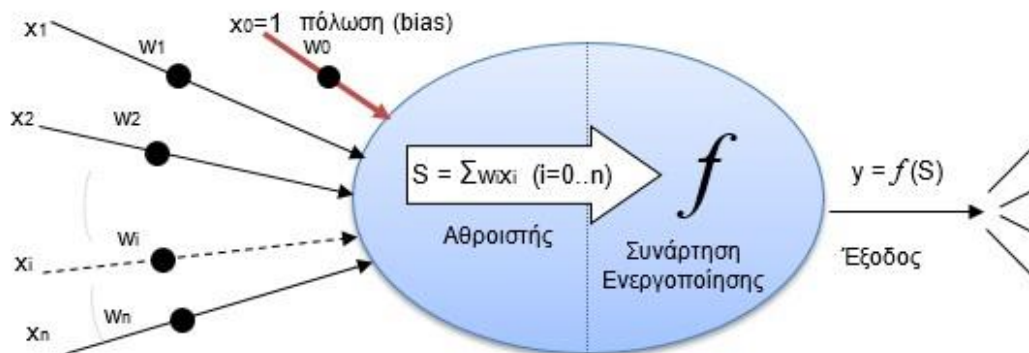
Όσον αφορά τους τύπους προβλημάτων που καλούνται να λύσουν τα ΤΝΔ, διακρίνονται τρεις βασικές κατηγορίες:

- **Ταξινόμηση** (*classification*): μάθηση με επίβλεψη, όπου το ΤΝΔ ταξινομεί τα δεδομένα εισόδου σε κατηγορίες - κλάσεις. Για παράδειγμα, η ταξινόμηση χειρόγραφων αριθμών MNIST.
- **Παρεμβολή** (*regression*): μάθηση με επίβλεψη, όπου το ΤΝΔ υπολογίζει μία τιμή για ένα μέγεθος που παίρνει συνεχείς τιμές. Για παράδειγμα, ο αριθμός των κλικ σε μία διαφήμιση
- **Ομαδοποίηση** (*clustering*): μάθηση χωρίς επίβλεψη, όπου το ΤΝΔ ομαδοποιεί τα δεδομένα εισόδου σε ομάδες με κοινά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, ομαδοποίηση καταναλωτών με παρόμοια αγοραστική συμπεριφορά με σκοπό την στοχευμένη διαφήμιση.

### 3.3.3. Μοντέλο Τεχνητού Νευρώνα

Ο τεχνητός νευρώνας (*artificial neuron*) είναι ένα υπολογιστικό στοιχείο τα μέρη του οποίου αντιστοιχίζονται άμεσα με αυτά του βιολογικού νευρώνα. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται ένας τεχνητός νευρώνας στον οποίο εισέρχονται κάποια σήματα εισόδου  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , σε αντιστοιχία με τα ηλεκτρικά σήματα του εγκεφάλου.

Κάθε σήμα εισόδου έχει και μία τιμή *βάρους* (*weight*) που αντιστοιχεί στην σύναψη του βιολογικού νευρώνα.



Εικόνα 16: Μοντέλο τεχνητού νευρώνα [10]

Οι τιμές των εισερχόμενων σημάτων  $x_i$  πολλαπλασιάζονται με τα αντίστοιχα βάρη  $w_i$ . Ο νευρώνας δέχεται επίσης ως είσοδο και μία σταθερή τιμή  $x_0=1$  που πολλαπλασιάζεται επίσης από το βάρος  $w_0$ . Αυτό το σήμα εισόδου ονομάζεται *πόλωση* (*bias*) του νευρώνα.

Δύο μέρη αποτελούν το σώμα του νευρώνα, τον *αθροιστή* (*sum*) που αθροίζει τα σήματα εισόδου παράγοντας την ποσότητα  $S$ , και την *συνάρτηση ενεργοποίησης* (*activation function*) που δέχεται ως όρισμα την ποσότητα  $S$ , διαμορφώνοντας την τιμή  $y$  του σήματος εξόδου.

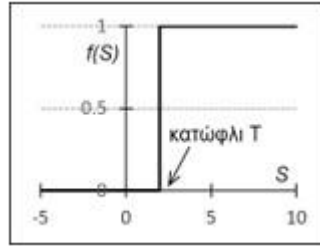
#### 3.3.3.1 Συνάρτηση ενεργοποίησης

Μετά τον υπολογισμό του αθροίσματος των εισόδων με τα αντίστοιχα βάρη από τον αθροιστή  $S$ , ο νευρώνας παίρνει την ποσότητα  $S$  και την τροφοδοτεί στην συνάρτηση ενεργοποίησης μέσω της οποίας παράγεται η έξοδος  $y$  του νευρώνα.

Τυπικά παραδείγματα συναρτήσεων ενεργοποίησης είναι οι παρακάτω:

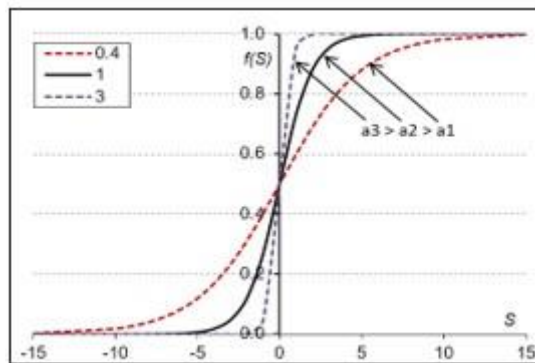
- Η **βηματική συνάρτηση** (*step function*) έχει έξοδο 1 μόνο όταν η τιμή του αθροιστή είναι μεγαλύτερη από μία προκαθορισμένη τιμή κατωφλίου  $T$ , αλλιώς δίνει μηδέν.





Εικόνα 17: Η βηματική συνάρτηση

- η *σιγμοειδής συνάρτηση (sigmoid function)* έχει έξοδο μεταξύ 0 και 1 και ορίζεται από την σχέση  $f(x) = 1 / (1 + e^{-x})$



Εικόνα 18: Η σιγμοειδής συνάρτηση

Η σιγμοειδής συνάρτηση είναι συνεχής και παραγωγίσιμη σε όλες τις τιμές εισόδου, το οποίο δεν ισχύει για την βηματική συνάρτηση.

Αυτό είναι σημαντικό γιατί η περισσότερο χρησιμοποιούμενη τεχνική εκπαίδευσης στα ΤΝΔ βασίζεται στην κλίση (πρώτη παράγωγο) της συνάρτησης ενεργοποίησης, οπότε αυτή θα πρέπει να ορίζεται σε ολόκληρο το φάσμα τιμών εισόδου.

Η έξοδος του νευρώνα που καθορίζεται από τον αθροιστή  $S$  και τη συνάρτηση ενεργοποίησης  $f(x)$  μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή μιας πρόβλεψης ή μιας απόφασης.

Για παράδειγμα, αν το ΤΝΔ έχει σχεδιαστεί να αναγνωρίζει ένα σήμα stop μπροστά από ένα αυτό-οδηγούμενο όχημα, η είσοδος μπορεί να είναι τα *εικονοστοιχεία (pixels)* μιας εικόνας που καταγράφεται από την μπροστινή κάμερα του αυτοκινήτου, και η έξοδος μπορεί να χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση μιας διαδικασίας που ακινητοποιεί το όχημα πριν το σήμα stop.

### 3.3.4 ΤΝΔ Πρόσθιας Τροφοδότησης

Τα ΤΝΔ *πρόσθιας τροφοδότησης (feedforward)* είναι η παλιότερη κατηγορία ΤΝΔ. Ο όρος *πρόσθιος* σημαίνει πως η κατεύθυνση της ροής των υπολογισμών, προκειμένου να παραχθεί η έξοδος είναι προς τα εμπρός, δηλαδή από την είσοδο προς την έξοδο.

### 3.3.4.1 Perceptron

Το 1958 προτάθηκε από τον Frank Rosenblatt το *perceptron* και το οποίο αποτέλεσε μία πρώτη ιστορικά προσέγγιση στα ΤΝΔ. Πρόκειται για μία απλή τοπολογία ΤΝΔ πρόσθιας τροφοδότησης. Αποτελείται από έναν μόνο τεχνητό νευρώνα, όμοιο με τον παραπάνω (εικόνα 15), και ο οποίος χρησιμοποιεί την βηματική συνάρτηση ως συνάρτηση ενεργοποίησης.

Στο perceptron η μάθηση είναι οδηγούμενη από το σφάλμα (*error driven*) και βασίζεται στον υπολογισμό κατάλληλων τιμών στα βάρη των εισόδων ώστε να παραχθεί η σωστή έξοδος. Οι αρχικές τιμές στα βάρη ορίζονται τυχαία, και είναι μεταξύ των τιμών 0 μέχρι 1.

Στον αλγόριθμο εκπαίδευσης του perceptron οι τιμές στα βάρη μεταβάλλονται μόνο όταν η έξοδος είναι διαφορετική από την επιθυμητή.

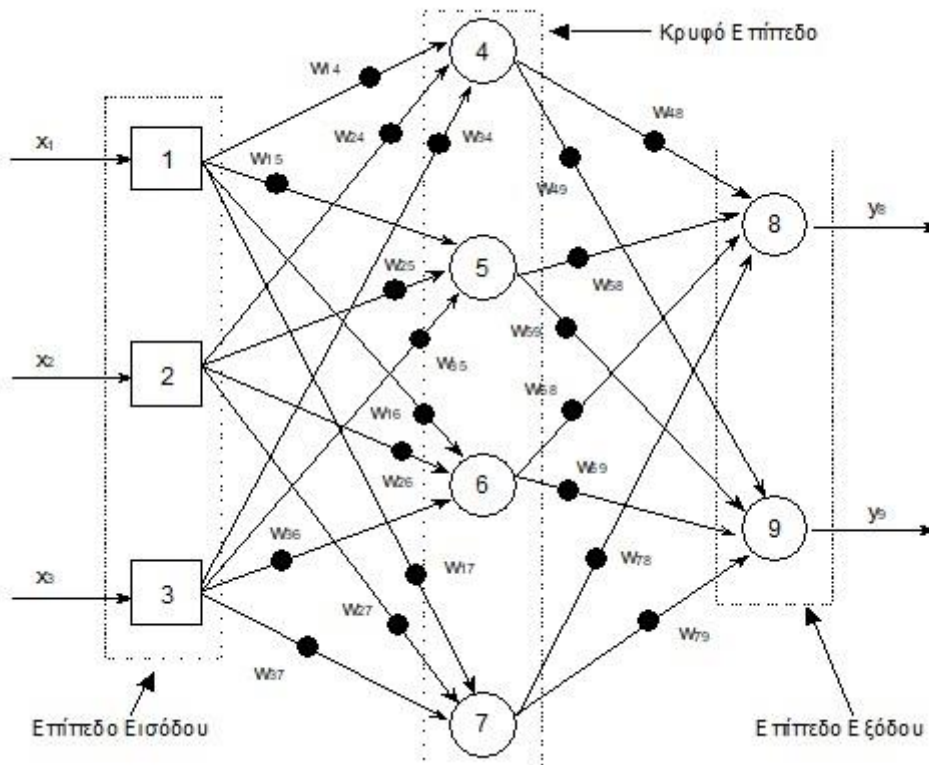
Όταν η έξοδος είναι ίση με την επιθυμητή ή με μικρό περιθώριο σφάλματος, σταματά η μεταβολή των βαρών, και ο αλγόριθμος εκπαίδευσης του perceptron τερματίζει.

Με βάση το στοιχειώδες perceptron, έχουν αναπτυχθεί πολυπλοκότερα μοντέλα με περισσότερους νευρώνες όπως θα δούμε παρακάτω.

### 3.3.4.2 ΤΝΔ Πολλαπλών Επιπέδων

Τα ΤΝΔ πολλαπλών επιπέδων (*multi-layer perceptrons*) είναι νευρωνικά δίκτυα πρόσθιας τροφοδότησης στα οποία το πλήθος των τεχνητών νευρώνων είναι οργανωμένα σε επίπεδα (*layers*) ή στρώματα.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται ένα τέτοιο ΤΝΔ.



Εικόνα 19: Τεχνητό νευρωνικό δίκτυο πολλαπλών επιπέδων

*Επίπεδο εισόδου (input layer)* ονομάζεται το πρώτο επίπεδο, το οποίο χρησιμοποιείται για την εισαγωγή δεδομένων. Στο επίπεδο αυτό δεν υπάρχουν νευρώνες και δεν εκτελείται κανένας υπολογισμός, απλά οι κόμβοι διανέμουν το σήμα.

Στη συνέχεια υπάρχει ένα *κρυφό (hidden)* επίπεδο στο οποίο υπάρχουν νευρώνες και εκτελούνται οι υπολογισμοί, ενώ το *επίπεδο εξόδου (output layer)* αποτελεί το τελευταίο επίπεδο του ΤΝΔ.

Ο αριθμός των εισόδων, εξόδων, νευρώνων, και κρυφών επιπέδων εξαρτάται από το προς επίλυση πρόβλημα.

Όταν όλοι οι νευρώνες συνδέονται με όλους, τότε λέμε ότι οι νευρώνες είναι *πλήρως συνδεδεμένοι (fully connected)*, ενώ σε διαφορετική περίπτωση οι νευρώνες είναι *μερικώς συνδεδεμένοι (partially connected)*.

Για παράδειγμα, η συμπεριφορά του νευρώνα 4 του σχήματος είναι η εξής:

Στον νευρώνα 4 εισέρχονται τρία σήματα εισόδου ( $x_1, x_2, x_3$ ) από τους κόμβους 1,2,3 του επιπέδου εισόδου.

Τα σήματα αυτά πολλαπλασιάζονται με τα αντίστοιχα βάρη  $w_{14}, w_{24}, w_{34}$  και προστίθενται από τον αθροιστή του νευρώνα 4. Ακολουθώντας, το σήμα του αθροιστή γίνεται είσοδος (όρισμα) στην συνάρτηση ενεργοποίησης του νευρώνα 4, και το αποτέλεσμα (έξοδος) προωθείται στους νευρώνες του επιπέδου εξόδου 8 και 9. Παρόμοια είναι η λειτουργία και των υπόλοιπων νευρώνων.

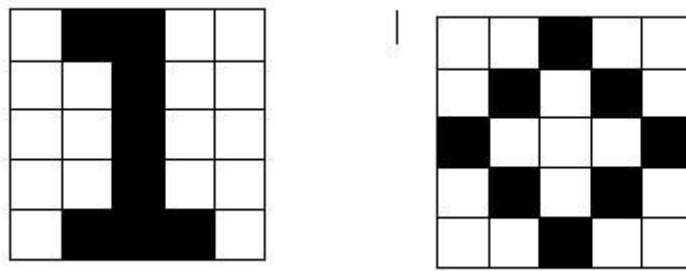
Στα ΤΝΔ πολλαπλών επιπέδων ο συνηθέστερος τρόπος εκπαίδευσης του δικτύου είναι η μέθοδος της *ανάστροφης μετάδοσης λάθους (back-propagation)*. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, υπολογίζονται οι έξοδοι για κάθε είσοδο που δίνεται στο δίκτυο, μέσω των συναρτήσεων ενεργοποίησης σε κάθε νευρώνα εξωτερικού ή κρυφού επιπέδου.

Για κάθε νευρώνα του εξωτερικού επιπέδου συγκρίνονται η πραγματική έξοδος με την επιθυμητή, και μεταβιβάζονται προς την αντίθετη κατεύθυνση (προς τα πίσω) στις μονάδες των κρυφών επιπέδων, ώστε να γίνουν οι αναγκαίες μεταβολές στα βάρη των νευρώνων. γίνονται Με βάση τον κανόνα της *ανάστροφης μετάδοσης λάθους* γίνονται οι αλλαγές αυτές με σκοπό την μείωση του σφάλματος στο σήμα εξόδου του νευρώνα.

### **3.4 Παράδειγμα Λειτουργίας Νευρωνικού Δικτύου**

Θα δώσουμε ένα παράδειγμα χρήσης ενός νευρωνικού δικτύου το οποίο εκτελεί μία εργασία ταξινόμησης.

Θα εξετάσουμε μία εργασία που αναφέρεται στην αναγνώριση ψηφίων MNIST, δηλαδή την αναγνώριση εικόνων σε δύο κλάσεις. Αρχικά, θα δημιουργήσουμε ένα νευρωνικό δίκτυο για την κατηγοριοποίηση μιας εικόνας στην οποία απεικονίζεται ο αριθμός ένα (1) ή το μηδέν (0). Οι εικόνες αναπαριστάται ως εικονοστοιχεία (pixels) λευκά ή μαύρα και είναι τοποθετημένα σε ένα πλέγμα 5 X 5. Με αυτόν το μορφότυπο εικόνες του 0 και του 1 εμφανίζονται έτσι:



Εικόνα 20: Αναπαράσταση των αριθμών 0 και 1 ως εικονοστοιχεία (pixels)

Για να κατασκευάσουμε το νευρωνικό δίκτυο, θα πρέπει να αναπαραστήσουμε τις πληροφορίες στα εικονοστοιχεία με αριθμητικές τιμές που θα χρησιμοποιηθούν ως είσοδοι στο νευρωνικό δίκτυο.

Έστω ότι χρησιμοποιούμε το 1 αν το τετράγωνο είναι μαύρο και το 0 αν είναι λευκό. Τα 25 εικονοστοιχεία της εικόνας αποτελούν τις εισόδους στο νευρωνικό δίκτυο.

Για να ξέρουμε ποιο εικονοστοιχείο αντιστοιχεί στην αριθμητική αναπαράσταση, απαριθμούμε τα εικονοστοιχεία με την ίδια σειρά με αυτή της ανάγνωσης ενός κειμένου, δηλαδή σειρά ανά σειρά από την κορυφή της σελίδας, και διαβάζοντας κάθε σειρά από αριστερά προς τα δεξιά.

Για παράδειγμα, η πρώτη σειρά του 1 αναπαριστάται ως 0,1,1,0,0. η δεύτερη 0,0,1,0,0 και ούτω καθεξής. έτσι, η πλήρης είσοδος για τον αριθμό 1 είναι:

0,1,1,0,0, 0,0,1,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,1,1,1,0.

Το πρώτο βήμα είναι ο υπολογισμός του αθροίσματος των εισόδων.

Χρειαζόμαστε μία τιμή βάρους για καθένα από τα εικονοστοιχεία εισόδου, δηλαδή 25 βάρη.

Τέλος, χρησιμοποιούμε την βηματική συνάρτηση ενεργοποίησης. Αν το αποτέλεσμα του αθροιστή είναι αρνητικό, η ενεργοποίηση του νευρώνα είναι μηδέν, (δηλαδή δεν προωθεί την έξοδο του σε άλλους νευρώνες) το οποίο αποφασίζουμε να αντιστοιχίσουμε στην εικόνα του μηδέν (0).

Δηλαδή, αν ο αθροιστής δώσει αρνητική τιμή, τότε η εικόνα ταξινομείται ως το μηδέν (0).

Αν το αποτέλεσμα είναι θετικό, τότε η εικόνα ταξινομείται ως ο αριθμός ένα (1).

Ας δούμε τι συμβαίνει όταν όλα τα βάρη έχουν την ίδια τιμή, δηλαδή 1. Με αυτή την διευθέτηση, ο γραμμικός συνδυασμός για την εικόνα του (1) θα είναι:

$$S=0*1+1*1+1*1+0*1+0*1+0*1+0*1+1*1+0*1+0*1+0*1+0*1+1*1+0*1+0*1+0*1+0*1+1*1+0*1+0*1+0*1+0*1=8 \text{ (8 μαύρα εικονοστοιχεία).}$$

Ενώ για το μηδέν θα είναι:

$$S=0*1+0*1+1*1+0*1+0*1+0*1+0*1+1*1+0*1+1*1+0*1+1*1+0*1+0*1+0*1+0*1+1*1+0*1+1*1+0*1+0*1+0*1+0*1=8 \text{ (8 μαύρα εικονοστοιχεία).}$$

Με άλλα λόγια, το αποτέλεσμα είναι θετικό και για τις δύο εικόνες, άρα ταξινομούνται και οι δύο ως άσσοι (1). Προφανώς καθόλου καλό αποτέλεσμα, δεδομένου ότι οι εικόνες προς ταξινόμηση είναι μόνο δύο.

Για να βελτιώσουμε το αποτέλεσμα, πρέπει να μεταβάλλουμε τα βάρη με τρόπο ώστε το αποτέλεσμα να είναι αρνητικό για τα μηδέν (0) και θετικό για τα ένα (1).

Αναλογιζόμενοι τι είναι αυτό που διαφοροποιεί τις εικόνες των (0) και (1), διαπιστώνουμε ότι οι άσσοι έχουν τρία μαύρα εικονοστοιχεία στην 3η στήλη, και συγκεκριμένα τα σημεία (2,3), (3,3), (4,3), ενώ τα μηδέν (0) στις αντίστοιχες τρεις θέσεις έχουν λευκά εικονοστοιχεία.

Επίσης, στις θέσεις (3,1), (3,5) οι άσσοι (1) έχουν λευκά εικονοστοιχεία, ενώ τα μηδέν (0) έχουν μαύρα στις αντίστοιχες θέσεις.

Στο σημείο αυτό μπορούμε να μεταβάλλουμε τα βάρη. Ο αριθμός των βαρών που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είναι άπειρος.

Για παράδειγμα, αποδίδουμε τιμή βάρους ίση με 1 στις θέσεις (2,3), (3,3),(4,3) και τιμή βάρους -1 στις θέσεις (3,1),(3,5) και αφήνουμε όλα τα υπόλοιπα βάρη να είναι μηδέν. Έτσι, για την είσοδο του άσσου (1) το αποτέλεσμα είναι:

$S=0*0+0*1+0*1+0*0+0*0+0*0+0*0+1*1+0*0+0*0+0*(-1)+0*0+1*1+0*0+0*(-1)+0*0+0*0+1*1+0*0+0*0+0*0+1*0+1*0+1*0+0*0=3 > 0$ , ο άσσος ταξινομείται ως ένα (1), σωστό.

ενώ για το μηδέν (0):

$S=0*0+0*0+1*0+0*0+0*0+0*0+1*0+0*1+1*0+0*0+1*(-1)+0*0+0*1+0*0+1*(-1)+0*0+1*0+0*1+1*0+0*0+0*0+0*0+1*0+0*0+0*0= -2 < 0$ , Το μηδέν ταξινομείται ως μηδέν (0), σωστό.

### 3.5 Ανακάλυψη Γνώσης σε Βάσεις Δεδομένων

Ο όγκος των δεδομένων που παράγεται το τελευταία χρόνια είναι τεράστιος και αυξάνεται εκθετικά. Ο παγκόσμιος ιστός για τα κοινωνικά δίκτυα, η μηχανογράφηση, συνετέλεσαν στην εκρηκτική αύξηση παραγωγής δεδομένων. Σύμφωνα με υπολογισμούς δημιουργούνται καθημερινά 2,5 πεντάκις <sup>37</sup> εκατομμύρια bytes δεδομένων, ενώ το 90% όλων των δεδομένων συνολικά δημιουργήθηκαν τα δύο τελευταία χρόνια. [10]

Τα παραγόμενα δεδομένα αποθηκεύονται σε βάσεις δεδομένων, κυρίως σε *σχεσιακά συστήματα βάσεων δεδομένων (relational database management systems - RDBMS)*, καλύπτοντας τις αποθηκευτικές ανάγκες των επιχειρήσεων - οργανισμών, ενώ δίνουν τη δυνατότητα για εκτέλεση ερωτημάτων βοηθώντας έτσι την οργάνωση και διαχείριση τους.

Τα δεδομένα που παράγονται από πολυεθνικές εταιρείες, από μεγάλα κοινωνικά δίκτυα, κτλ, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς χαρακτηρίζονται από μεγάλο όγκο, ποικιλία, και μεγάλη ταχύτητα παραγωγής.

Αυτά τα δεδομένα ονομάζονται *μεγάλα δεδομένα (big data)*, έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις σε υπολογιστικού πόρους, μεθόδους οργάνωσης, αλλά ταυτόχρονα αποτελούν πολύ καλό υλικό για διαδικασίες μηχανικής μάθησης.

Η κλασική προσέγγιση για την ανάλυση τέτοιων δεδομένων δεν είναι αποδοτική, αντίθετα η μηχανική μάθηση επιτρέπει την ανάπτυξη συστημάτων που είναι

καθοδηγούμενα από τον στόχο και όχι από τον χρήστη. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται *συστήματα ανακάλυψης γνώσης σε βάσεις δεδομένων* και είναι ιδιαίτερα αποδοτικά σε μεγάλο όγκο δεδομένων.

Η *ανακάλυψη γνώσης σε βάσεις δεδομένων* (*knowledge discovery in databases*) χαρακτηρίζεται ως μία σύνθετη διαδικασία με σκοπό την εξεύρεση προτύπων ή πληροφορίας με χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και στατιστικής. Πρόκειται για μία διαδικασία που περιλαμβάνει την επεξεργασία των δεδομένων, την εφαρμογή των κατάλληλων αλγορίθμων σε αυτά, και τέλος την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Συνήθως γίνεται σύγχυση με τον όρο *εξόρυξη δεδομένων* (*data mining*), ο οποίος είναι στην πραγματικότητα ένα τμήμα της, και για αυτό το λόγο έχει δημιουργηθεί ο νέος όρος *επιστήμη των δεδομένων* (*data science*) για να αντικαταστήσει τους δύο προηγούμενους.

Κύριος στόχος ενός συστήματος ανακάλυψης γνώσης είναι:

- η δημιουργία προτύπων - μοντέλων πρόβλεψης για νέες περιπτώσεις χρησιμοποιώντας τα υπάρχοντα δεδομένα
- η ανακάλυψη ομάδων με κοινά χαρακτηριστικά ή συσχετίσεων μεταξύ των δεδομένων

Η γνώση που προκύπτει από την ερμηνεία των αποτελεσμάτων στηρίζεται βέβαια στην βάση δεδομένων από όπου αντλήθηκαν τα δεδομένα αυτά, χωρίς αυτό όμως να σημαίνει ότι η γνώση που αποκτήθηκε ισχύει και στον πραγματικό κόσμο.

Αν πάρουμε για παράδειγμα, μία βάση δεδομένων με καταχωρημένες μόνο λέξεις του Ελληνικού αλφαβήτου, η γνώση που θα προκύψει θα είναι ότι *“όλες οι λέξεις είναι ελληνικές”*. Αυτό, το οποίο ισχύει στον κόσμο της συγκεκριμένης βάσης δεδομένων, προφανώς και δεν ισχύει στην πραγματικότητα.

Η ανακάλυψη γνώσης και οι τεχνικές της χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς όπως για παράδειγμα στους παρακάτω:

- στον τομέα της γενετικής, στην κατανόηση της σχέσης μεταξύ της μεταβολής του ανθρώπινου DNA και την προδιάθεση για αρρώστιες, ώστε να βελτιωθεί η διάγνωση και θεραπεία των ασθενειών
- στον τομέα της οικονομίας, στην πρόβλεψη της καταναλωτικής συμπεριφοράς, πιστωτικού ρίσκου, ανάλυση κινήσεων πιστωτικών καρτών από μη εξουσιοδοτημένο άτομο
- στις τηλεπικοινωνίες, ανάλυση του προφίλ των συνδρομητών, στοχευμένη διαφημιστική καμπάνια σε ομάδες συνδρομητών
- διαφημιστικές εταιρείες αναλύοντας τις δημοσιεύσεις σε κοινωνικά δίκτυα, εξάγουν το συναίσθημα που κυριαρχεί σχετικά με προϊόντα και υπηρεσίες στις απόψεις του καταναλωτικού κοινού. [29]

## 4. Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας

---

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στην επεξεργασία της φυσικής γλώσσας, έναν υπο - τομέα της τεχνητής νοημοσύνης που ασχολείται με την κατανόηση της φυσικής γλώσσας από ένα υπολογιστικό σύστημα .Θα αναφερθούμε στις δυσκολίες που παρουσιάζει αυτό το εγχείρημα, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται, καθώς και τους τομείς στους οποίους βρίσκει εφαρμογή η συγκεκριμένη τεχνολογία.

### 4.1 Εισαγωγή

Η *επεξεργασία φυσικής γλώσσας ( natural language processing)* αποτελεί έναν επιστημονικό κλάδο της επιστήμης της πληροφορίας, της τεχνητής νοημοσύνης, και της υπολογιστικής γλωσσολογίας. Πεδίο έρευνας της είναι η αλληλεπίδραση μεταξύ υπολογιστικών συστημάτων και ανθρώπινων (φυσικών) γλωσσών. Συνεπώς, συνδέεται στενά με την αλληλεπίδραση ανθρώπου - υπολογιστή. [30]

Η ιδέα να επικοινωνούμε με τον υπολογιστή μιλώντας στη μητρική μας γλώσσα είναι ιδιαίτερα ελκυστική, και για αυτό το λόγο η επεξεργασία φυσικής γλώσσας είναι από τις δημοφιλέστερες εφαρμογές της ΤΝ.

Η χρήση φυσικής γλώσσας για την επικοινωνία του ανθρώπου με τον υπολογιστή έχει μία σειρά από οφέλη, με πιο σημαντικό την *επικοινωνία ανθρώπου μηχανής (human computer interaction)*. [19]

Με τον τρόπο αυτό οι χρήστες δεν χρησιμοποιούν κάποια γλώσσα προγραμματισμού ή κάποια δομημένα μενού σε ένα γραφικό περιβάλλον, αλλά τον φυσικό τρόπο επικοινωνίας τους.

Άλλα σημαντικά πεδία έρευνας στην επεξεργασία της φυσικής γλώσσας είναι:

- *αυτόματη αναγνώριση ομιλίας*, όπου ένα υπολογιστικό σύστημα μετατρέπει αυτόματα το προφερόμενο λόγο σε κείμενο
- *μηχανική μετάφραση*, κατά την οποία μεταφράζεται ένα κείμενο από μία γλώσσα σε μία άλλη
- *αναζήτηση σε βάσεις δεδομένων*
- *εξόρυξη πληροφοριών* από μη ακατέργαστα δεδομένα ( ιστοσελίδες, κείμενα γραμμένα σε φυσική γλώσσα, κτλ).

### 4.2 Δυσκολίες στην κατανόηση φυσικής γλώσσας

Η φυσική γλώσσα προκαλεί προβλήματα στην κατανόηση της λόγω του ότι έχει διπλή φύση (ως προς την σύνταξη και την σημασιολογία), γεγονός που, και ως εκ τούτου η προσπάθεια επεξεργασίας και κατανόησης της από ένα υπολογιστικό σύστημα να είναι ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία.

Ήδη από την δεκαετία του 1960, όταν άρχισαν οι πρώτες προσπάθειες για την ανάλυση της φυσικής γλώσσας με τη χρήση υπολογιστών, οι ερευνητές έμειναν έκπληκτοι από το γεγονός ότι σχεδόν όλες οι φραστικές διατυπώσεις ήταν ιδιαίτερα *αμφίσημες (ambiguity)*.

Ένα υπολογιστικό σύστημα με μεγάλο λεξικό και γραμματική μπορεί να βρει πάρα πολλές ερμηνείες για μία απόλυτα συνηθισμένη πρόταση.

Αυτό είναι και το μεγαλύτερο πρόβλημα στην επεξεργασία φυσικής γλώσσας: Η ασάφεια που προκαλείται από την διφορούμενη ερμηνεία σε πολλά επίπεδα:

- **συντακτική ασάφεια ( syntactic ambiguity)**, όπου συντακτικά σωστές προτάσεις επιδέχονται πάνω από μία ερμηνεία, αναλόγως με την συντακτική τους ανάλυση. Για παράδειγμα, η πρόταση “ *κάνε το δικό σου* ” έχει την ερμηνεία (κάνε το) ( δικό σου), δηλαδή “ *απόκτησε το* ” αλλά και την (κάνε) (το δικό σου) δηλαδή “ *κάνε αυτό που θέλεις* ”.
- **σημασιολογική ασάφεια ( semantic ambiguity)**, όπου μία λέξη ενδέχεται να έχει διαφορετικές έννοιες. Για παράδειγμα στην πρόταση “ *έπιασα το ποντίκι* ”, η λέξη “ *ποντίκι* ” μπορεί να σημαίνει το τρωκτικό, την ηλεκτρική συσκευή, το κομμάτι του μοσχαρίσιου κρέατος, το μέρος του μπράτσου.
- **πραγματολογική ασάφεια ( factual ambiguity)**, όπου παίρνουμε υπόψη το συνολικό πλαίσιο του κειμένου που περιέχει την πρόταση. Για παράδειγμα, στην παρακάτω πρόταση υπάρχει πραγματολογική ασάφεια. “ *Το κτίριο αυτό κατασκευάστηκε πριν πολλά χρόνια* ”. Πόσα χρόνια είναι τα πολλά χρόνια?
- **ομοηχία ( similarity)**, όπου λέξεις προφέρονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο ( αλλά να γράφονται διαφορετικά), δημιουργώντας ασάφεια στον προφορικό λόγο. Για παράδειγμα οι λέξεις “ *φύλλο* ”, “ *φίλο* ”, “ *φύλο* ”.

Για την επεξεργασία φυσικής γλώσσας απαιτούνται τρία στάδια επεξεργασίας. Η *συντακτική ανάλυση*, η *σημασιολογική ανάλυση*, και η *πραγματολογική ανάλυση*. Σε καθένα από αυτά τα τρία στάδια ενδέχεται οι προτάσεις να είναι *καλοσχηματισμένες ( well formed)* ή *κακοσχηματισμένες ( ill formed)*.

Για παράδειγμα, περιπτώσεις καλοσχηματισμένων και κακοσχηματισμένων απαντήσεων στο ερώτημα “ *Πού βρίσκεται ο Παρθενώνας?* ” θα μπορούσαν να είναι:

- “ *Ο Παρθενώνας βρίσκεται στην Αθήνα* ”: πρόκειται για καλοσχηματισμένη πρόταση που απαντά στο ερώτημα
- “ *Ο Παρθενώνας βρίσκεται στην κορυφή του δέντρου* ”: πρόκειται για καλοσχηματισμένη συντακτικά πρόταση, αλλά κακοσχηματισμένη σημασιολογικά. Γνωρίζουμε από την εμπειρία μας ότι από αυτή την πρόταση δεν βγαίνει νόημα.



- “*Παρθενώνας ο βρίσκεται Αθήνα στην*” : πρόκειται για μία κακοσχηματισμένη συντακτικά πρόταση.
- “*Ναι*” : Πρόκειται για μία κακοσχηματισμένη πραγματολογικά πρόταση. Το ερώτημα δεν απαντάται.

Κατά την διαδικασία της επεξεργασίας το υπολογιστικό σύστημα θα εξετάσει αν η πρόταση είναι καλοσχηματισμένη. Για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία της επεξεργασίας σε οποιοδήποτε στάδιο, θα πρέπει να υπάρχει ένα λεξικό της φυσικής γλώσσας, στο οποίο θα είναι περιγράφεται η έννοια κάθε λέξης, καθώς επίσης και οτιδήποτε στοιχεία είναι αναγκαία κατά την φάση της ανάλυσης.

#### 4.2.1 Λεξικό

Σε ένα λεξικό μιας φυσικής γλώσσας περιέχονται όλες οι επιτρεπόμενες λέξεις της γλώσσας. Οι λέξεις ομαδοποιούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

- *Ουσιαστικά, αντωνυμίες, και ονόματα* για να δηλώνουμε αντικείμενα
- *ρήματα, για να δηλώνουμε συμβάντα ή ενέργειες*
- *επίθετα, για να προσδιορίζουμε τα ουσιαστικά*
- *επιρρήματα, για να τροποποιούμε τα ρήματα*
- *άρθρα, προθέσεις, και σύνδεσμοι*

Βέβαια, επειδή ο αριθμός των λέξεων είναι τεράστιος, αποθηκεύεται μόνο η βασική μορφή κάθε λέξης. Όλες οι υπόλοιπες μορφές της λέξης προκύπτουν με την βοήθεια κανόνων μορφολογικής ανάλυσης.

Προβλήματα προκύπτουν επίσης από το γεγονός ότι συνεχώς προστίθενται νέες λέξεις σε μία φυσική γλώσσα, με αποτέλεσμα να είναι αναγκαία η συχνή ενημέρωση του λεξικού.

#### 4.2.2. Γραμματική

Μία Γραμματική ( grammar) είναι ένα πεπερασμένο σύνολο κανόνων που προσδιορίζουν μία γλώσσα. Η μορφή των κανόνων είναι  $A \rightarrow B$  και δίνουν τη δυνατότητα καθένα από τα στοιχεία που ταυτίζεται με το αριστερό τους μέρος, να γίνεται αντικατάσταση από το δεξιό μέρος.

Ας θεωρήσουμε τους παρακάτω κανόνες:

1. υποκείμενο  $\rightarrow$  άρθρο ουσιαστικό
2. πρόταση  $\rightarrow$  υποκείμενο ρήμα αντικείμενο

Στον δεύτερο κανόνα παρατηρούμε ότι υπάρχει ο όρος *υποκείμενο* που είναι το αριστερό μέρος του πρώτου κανόνα. Αντικαθιστώντας το με το δεξί μέρος του πρώτου κανόνα, ο πρώτος κανόνας διαμορφώνεται:

πρόταση → άρθρο ουσιαστικό ρήμα αντικείμενο [Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.]

Τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν μία γραμματική είναι τα:

- *Τερματικά σύμβολα*
- *μη τερματικά σύμβολα*
- *κανόνες παραγωγής*

Τα τερματικά σύμβολα (*terminal symbols*), αποτελούνται από τις λέξεις από τις οποίες αποτελείται η γλώσσα και αποτελούν το λεξικό της γλώσσας. Στο λεξικό επίσης προσδιορίζεται και ο θεμελιώδης τύπος κάθε λέξης.

Για παράδειγμα, η πρόταση “ο σκύλος πίνει νερό”, περιέχει τέσσερα τερματικά σύμβολα, τα( “ο”, “σκύλος”, “πίνει”, “νερό”) τα οποία θα είναι καταχωρημένα στο λεξικό ως:

[ο]: άρθρο

[ σκύλος]: ουσιαστικό

[ νερό]: αντικείμενο

[ πίνει]: ρήμα

Τα μη τερματικά σύμβολα (*non terminal symbols*), είναι μία ειδική κατηγορία συμβόλων που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή των δομών της γλώσσας και διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- *λεκτικές*, όπου είναι γραμματικές κατηγορίες λέξεων ( ρήμα, ουσιαστικό, κτλ)
- *συντακτικές*, όπου ορίζουν επιτρεπούς συνδυασμούς λεκτικών κατηγοριών (κατηγορηματική πρόταση, ονοματική πρόταση, κτλ)
- *αρχικό σύμβολο*, που αναπαριστά την αρχική πρόταση

Τέλος, οι κανόνες παραγωγής (*production rules*), όπου ορίζουν ποιοι συνδυασμοί των λέξεων της γλώσσας είναι αποδεκτοί. Για παράδειγμα, η μορφή ενός κανόνα είναι:

$\Pi \rightarrow \text{ΟΦ} \Pi\Phi$ , όπου  $\Pi$  το αρχικό σύμβολο για μία ονοματική φράση (ΟΦ) π.χ.(“ ο σκύλος”) και  $\text{Ρ}\Phi$  για μία ρηματική φράση π.χ.( “πίνει νερό”)

### 4.3 Συντακτική ανάλυση

Η συντακτική ανάλυση (*parsing*) είναι η διαδικασία της δημιουργίας ενός συντακτικού δέντρου (*parse tree*) για μία πρόταση ή αλλιώς μία συμβολοσειρά εισόδου.

Ένας *συντακτικός αναλυτής (parser)* αρχίζει από το αρχικό σύμβολο, το *πρόταση (Π)* στη συγκεκριμένη περίπτωση, και το οποίο αποτελεί την ρίζα του συντακτικού δέντρου.

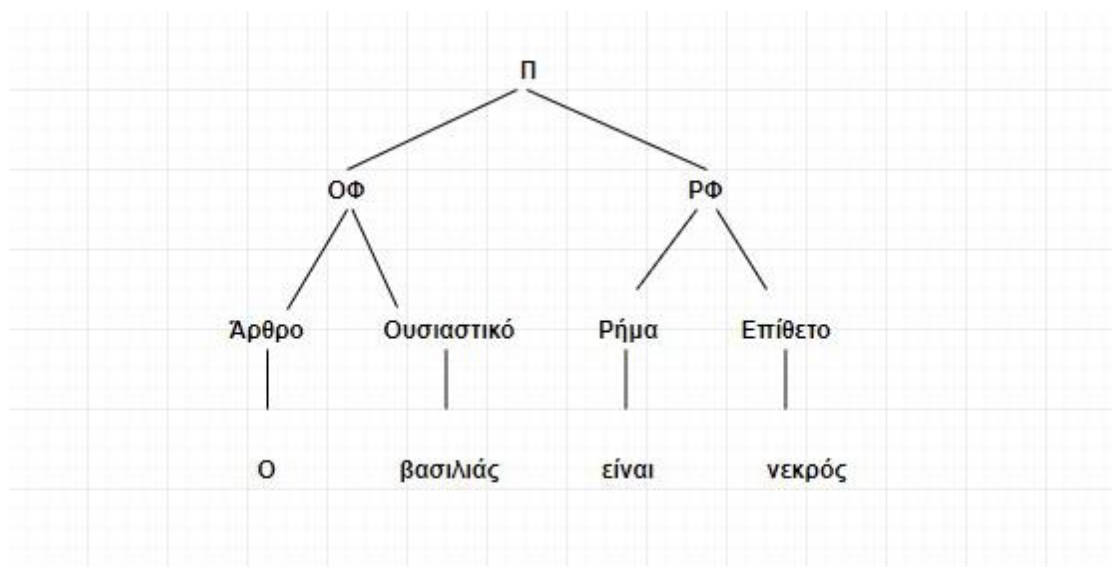
Ένα συντακτικό δέντρο στην ουσία αναπαριστά τον ιεραρχικό διαχωρισμό μιας πρότασης στα συντακτικά μέρη.

Τα φύλλα του δέντρου αναπαριστούν τα τερματικά σύμβολα, ενώ οι ενδιάμεσοι κόμβοι αναπαριστούν τα μη τερματικά σύμβολα της γραμματικής.

Με τη βοήθεια των κανόνων της γραμματικής ο συντακτικός αναλυτής βήμα –βήμα αναπτύσσει το συντακτικό δέντρο, μέχρις ότου καταλήξει σε φύλλα.

Στη συνέχεια το συντακτικό δέντρο που παράγεται διερμηνεύεται:

- από την *σημασιολογική ανάλυση*, πού είναι η διεργασία εξαγωγής του νοήματος της πρότασης
- την *πραγματολογική ανάλυση*, όπου εντάσσεται η πρόταση στο νοηματικό πλαίσιο των συμφραζομένων (context). Για παράδειγμα, στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται το συντακτικό δέντρο που παράγεται από την συντακτική ανάλυση της πρότασης “ο βασιλιάς είναι νεκρός”.



Εικόνα 21: Το συντακτικό δέντρο της πρότασης "Ο βασιλιάς είναι νεκρός"

Σε αντιστοιχία, στο γραμμικό κείμενο το συντακτικό δέντρο γράφεται ως εξής:

[ Π: [ΟΦ:[ άρθρο: Ο ] [ ουσιαστικό: βασιλιάς] ]

[ΡΦ: [Ρήμα: Είναι [ Επίθετο: νεκρός ] ] ]

Στην πραγματικότητα, σε ένα υπολογιστικό σύστημα οι γραμματικοί κανόνες είναι πάρα πολλοί, οπότε και η τελική η δομή της πρότασης καταλήγει να είναι ένα πολύπλοκο πρόβλημα αναζήτησης. [31]

## 4.4 Αλγόριθμοι διόρθωσης ορθογραφικών λαθών

Πολλές φορές υπάρχουν δυσκολίες στην αναγνώριση μιας πρότασης από ένα υπολογιστικό σύστημα. Ένας από τους συχνότερους είναι τα ορθογραφικά λάθη.

Για την αντιμετώπισή τους χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι διόρθωσης λαθών οι οποίοι έχουν δυνατότητες ορθογραφίας, αναγνώρισης λέξεων σε προφορικό λόγο, και κατανόησης γραπτού κειμένου.

Οι αλγόριθμοι αυτοί λειτουργούν στην βάση της *εγγύτητας (closeness)* μεταξύ των λέξεων.

Η εγγύτητα ορίζεται με τους παρακάτω τρόπους:

- *μοντέλο χαρακτήρων*
- *ηχητικό μοντέλο*

### 4.4.1 Μοντέλο Χαρακτήρων

Σε αυτό το μοντέλο ως λάθη θεωρούνται:

- η εισαγωγή - διαγραφή ενός χαρακτήρα
- η αμοιβαία ανταλλαγή θέσης δύο χαρακτήρων που είναι γειτονικοί (αντιμετάθεση)
- η λανθασμένη εισαγωγή ενός γράμματος

Ας πάρουμε για παράδειγμα την Ελληνική γλώσσα, το αλφάβητο της οποίας αποτελείται από 24 γράμματα, και ας θεωρήσουμε ότι έχει συμβεί ένα μόνο λάθος σε μία λέξη. Μία λέξη με 5 γράμματα είναι δυνατόν να έχει  $5 * 24 = 120$  πιθανά λάθη εισαγωγής, 5 πιθανά λάθη διαγραφής,  $5 * 23 = 115$  πιθανά λάθη αντικατάστασης, και τέλος τέσσερα πιθανά λάθη αντιμετάθεσης.

Συνολικά, μία λέξη των πέντε γραμμάτων μπορεί να έχει 244 διαφορετικά λάθη. Με την χρήση του αλγόριθμου της εγγύτητας χαρακτήρων περιορίζεται ο χώρος αναζήτησης του λάθους.

Ας θεωρήσουμε το παρακάτω παράδειγμα:

Θεωρούμε ότι έχει γράψει λάθος η έγκυρη λέξη "πόρτα".

Με βάση την εγγύτητα - απόσταση, γειτονικές λανθασμένες λέξεις είναι οι παρακάτω:

- με απόσταση 1: *πρτα, όπρτα, ππόρτα*, κτλ
- με απόσταση 2: *πρτόα, πτα, παρτό*, κτλ

Υπάρχουν περιπτώσεις όμως, όπου η διόρθωση λαθών με βάση την απόσταση δεν είναι αποτελεσματική. Για παράδειγμα, η λέξη "χόρτα" που απέχει 1 λάθος από την έγκυρη λέξη "πόρτα" γίνεται αποδεκτή, γιατί το λάθος δεν μπορεί να ανιχνευθεί αφού η λέξη "χόρτα" είναι επίσης έγκυρη.

Επίσης, η μη έγκυρη λέξη “τόρτα” έχει ίση απόσταση από τις λέξεις, “πόρτα” και “χόρτα” οι οποίες είναι έγκυρες, και το οποίο δημιουργεί πρόβλημα στην διόρθωση του λάθους.

#### 4.4.2 Ηχητικό Μοντέλο

Στο ηχητικό μοντέλο (*sound based model*), υλοποιούνται φωνητικά οι λέξεις, χωρίς όμως να διατηρείται η ορθογραφία τους.

Έτσι, αντικαθιστάται τα “α ι” από το “ε”, τα “η”, “ει”, “υ”, “οι”, από το “ι”, το “ω” από το “ο”.

Όταν δημιουργηθεί το φωνητικό ισοδύναμο, γίνεται εφαρμογή των ίδιων κανόνων για την αναζήτηση πιθανών λαθών, όμοια με το μοντέλο χαρακτήρων. Όσο μικρότερος είναι ο αριθμός των φθόγγων, τόσο πιο εύκολα ανιχνεύονται κοντινές σε απόσταση λέξεις.

#### 4.5 Σημασιολογική Ανάλυση

Σημασιολογική ανάλυση (*semantic analysis*) είναι η διαδικασία κατά την οποία εξάγεται το νόημα μιας πρότασης, με τη μορφή μιας παράστασης σε κάποια γλώσσα αναπαράστασης γνώσης. Για παράδειγμα, η πρόταση “ο Βασιλιάς είναι νεκρός” αναπαριστάται στην κατηγορηματική λογική ως εξής:

*Βασιλιάς (νεκρός) ή – ζωντανός (Βασιλιάς).*

Το σημαντικότερο πρόβλημα είναι η ασάφεια στο λεκτικό επίπεδο που οφείλεται στις πολλές δυνατές ερμηνείες των λέξεων.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα παίρνονται υπόψη οι ιδιότητες κλίσης των ρημάτων και ουσιαστικών, όπως:

- Η κατάληξη του ρήματος να συμφωνεί με τον αριθμό του υποκειμένου
- το γένος, ο αριθμός, και η πτώση του ουσιαστικού του υποκειμένου να συμφωνεί με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά κλίσης του άρθρου του υποκειμένου

##### 4.5.1 Αντιμετώπιση Αμφιβολίας στην Ερμηνεία

Οι λόγοι για τους οποίους προκύπτει αμφιβολία σχετικά με την ερμηνεία μιας πρότασης οφείλεται από την ασάφεια στο πραγματολογικό και στο σημασιολογικό επίπεδο.

Για παράδειγμα, στην παρακάτω πρόταση δεν είναι ξεκάθαρο σε πιο ρήμα γίνεται η απόδοση του χρονικού προσδιορισμού *σήμερα*:

*“Η Άννα ζήτησε από την Μαρία να την πάει στην δουλειά σήμερα”.*

Η ασάφεια αυτής της μορφής μπορεί να επιλυθεί με τη χρήση συντακτικών κανόνων, όπως ότι οι χρονικοί προσδιορισμοί αποδίδονται με το πιο κοντινό ρήμα, χωρίς όμως να ισχύουν για όλες τις περιπτώσεις.

Επίσης, αμφιβολία προκύπτει από τις πολλές σημασίες που έχουν ορισμένες λέξεις. Στην παρακάτω πρόταση η λέξη “γράμμα” είναι πιθανό να αναφέρεται:

α) σε μία επιστολή

β) σε ένα γράμμα της αλφαβήτου

“*Έγραψα ένα γράμμα*”

Η πιθανότητα η λέξη να χρησιμοποιείται με την πρώτη της σημασία είναι πιο μεγάλη, και αυτό θα πρέπει να αποτυπωθεί στο λεξικό της γλώσσας με κάποιο τρόπο. Η αποτύπωση των πιθανοτήτων είναι το πεδίο εργασίας της *πραγματολογικής και σημασιολογικής* ανάλυσης.

#### 4.6 Πραγματολογική Ανάλυση

Η *πραγματολογική ανάλυση (pragmatic analysis)* λαμβάνει υπόψη το γεγονός ότι οι ίδιες λέξεις μπορούν να έχουν διαφορετική σημασία σε διαφορετικές περιστάσεις. Έτσι, γίνεται η ένταξη κάθε πρότασης στο γενικό πλαίσιο των *συμφραζομένων (context)* της, παίρνοντας ως βάση μέσα σε ποιες συνθήκες δημιουργήθηκε.

Σε μία πρόταση πιθανόν να περιέχονται λέξεις, όπως αντωνυμίες που κάνουν αναφορά σε ονόματα ή λέξεις άλλων προτάσεων, με αποτέλεσμα να προκύπτουν δυσκολίες στην σωστή ερμηνεία της πρότασης.

Για παράδειγμα, η πρόταση “*Την σκέφτεται*”.

Προκειμένου να ξεπεραστούν οι δυσκολίες αυτές, θα πρέπει το σύστημα να έχει την γνώση για τον τρόπο λειτουργίας του κόσμου στον οποίο αναφέρεται η πρόταση, καθώς επίσης για συνήθειες, πιθανότητες να συμβεί κάποιο γεγονός, κτλ.

Έχοντας αυτή τη γνώση το σύστημα, μπορεί να προβεί σε συμπεράσματα για την πρόταση, ή τον διάλογο που εξετάζει εκείνη τη στιγμή.

#### 4.7 Παραγωγή Φυσικής Γλώσσας

*Παραγωγή φυσικής γλώσσας (natural language generation)*, ονομάζεται η ικανότητα ενός υπολογιστικού συστήματος να συνομιλεί με τον χρήστη σε φυσική γλώσσα. Αυτό φυσικά προϋποθέτει το σύστημα να έχει κατανοήσει το ερώτημα του χρήστη.

Η δημιουργία φυσικής γλώσσας γίνεται σε δύο στάδια:

- *επιλέγεται τι θα λεχθεί*
- *επιλέγεται πως αυτό θα λεχθεί*

Το πρώτο στάδιο έχει σχέση με την επιλογή του συστήματος στο ποια πληροφορία θα δώσει στον χρήστη, και αναφέρεται ως *σχεδιασμός κειμένου (text planning)*.

Το δεύτερο στάδιο έχει σχέση με το πώς θα εμφανιστεί η πληροφορία, και συνήθως γίνεται με την οργάνωση της πληροφορίας σε μικρές ενότητες. Από τις ενότητες αυτές δημιουργούνται λογικές προτάσεις κάνοντας χρήση των κανόνων της γραμματικής.

Στην περίπτωση όπου η πληροφορία θα πρέπει να δοθεί προφορικά, θα πρέπει να είναι αποθηκευμένες ηχητικά όλες οι λέξεις, καθώς και οι παραλλαγές τους.

Βέβαια, στον μηχανικό προφορικό λόγο, υπάρχει το θέμα της διαφορετικής προφοράς μιας λέξης ανάλογα με την θέση της στην πρόταση, καθώς επίσης και με τις λέξεις που είναι πριν ή μετά από την συγκεκριμένη λέξη.

## 4.8 Αναγνώριση Ομιλίας

Η αναγνώριση ομιλίας (*speech recognition*) αναφέρεται στη μετάφραση προφερόμενων λέξεων σε κείμενο. Είναι επίσης γνωστή ως *ομιλία σε κείμενο* (*speech to text*).

Για να έχει ένα υπολογιστικό σύστημα αυτήν την ικανότητα, θα πρέπει να μπορεί να καταγράφει τα ηχητικά σήματα και να τα μετατρέπει σε φθόγγους και στη συνέχεια σε λέξεις.

Τα στάδια αναγνώριση ομιλίας είναι:

- Σύλληψη του ήχου από το μικρόφωνο και δημιουργία του φασματογραφήματος
- εξαγωγή από το φασματογράφημα των καταγραφέντων φθόγγων
- δημιουργία λέξεων, μέσω του συνδυασμού των φθόγγων

Οι εφαρμογές αναγνώρισης ομιλίας χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς, όπως η φωνητική πληκτρολόγηση, ο έλεγχος ηλεκτρονικών συσκευών, η διαδικτυακή αναζήτηση, κτλ.

## 5. Συστήματα Πρακτόρων

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στους πράκτορες λογισμικού, και συγκεκριμένα σε μία υποκατηγορία τους, τους Διαλογικούς Πράκτορες. Θα δούμε τους τομείς εφαρμογών των διαλογικών πρακτόρων, και θα αναφερθούμε σε μία δημοφιλή κατηγορία τους, τα Chatbots.

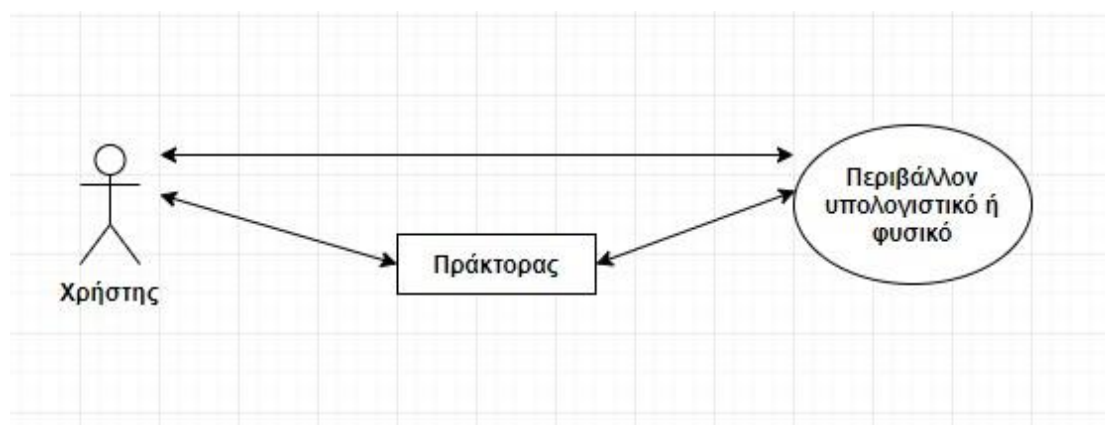
### Εισαγωγή

Οι *ευφρείς πράκτορες* (*intelligent agents*) αποτελούν έναν σχετικά πρόσφατο κλάδο της ΤΝ με πολύ μεγάλο ενδιαφέρον. Ο συγκεκριμένος κλάδος χρησιμοποιεί τεχνικές και μεθόδους που εφαρμόζονται σε επιμέρους κλάδους, όπως η επεξεργασία φυσικής γλώσσας, η αναπαράσταση γνώσης, η μηχανική μάθηση τα νευρωνικά δίκτυα, κτλ.

Ο συγκεκριμένος κλάδος έχει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών όπως η αναζήτηση πληροφοριών στο διαδίκτυο, η παροχή διαφόρων υπηρεσιών βοήθειας, ο αυτοματισμός ενεργειών σε μεγάλες εργοστασιακές μονάδες, ο καθημερινός προγραμματισμός ενεργειών ενός χρήστη, κτλ.

Η συγκεκριμένη τεχνολογία αλλάζει την μορφή διασύνδεσης χρήστη - λογισμικού. Ήδη, εδώ και αρκετό διάστημα εμπορικά συστήματα όπως το SIRI, Google assistant, Cortana, είναι διαθέσιμα στους χρήστες με την μορφή προσωπικών βοηθών (personal assistant agents).

Το ενδιαφέρον στοιχείο είναι ότι η επικοινωνία του χρήστη δεν γίνεται απευθείας με κάποια εφαρμογή όπως γίνεται συνήθως, αλλά χρησιμοποιείται ένας πράκτορας ο οποίος διεκπεραιώνει εργασίες ρουτίνας ή χρονοβόρες διεργασίες, ακόμα και εργασίες που απαιτούν κάποια ικανότητα την οποία πιθανόν δεν διαθέτει ο χρήστης. Στο παρακάτω σχήμα, φαίνεται μία τυπική διασύνδεση χρήστη - προγράμματος μέσω πράκτορα:



Εικόνα 22: Διασύνδεση χρήστη - περιβάλλοντος

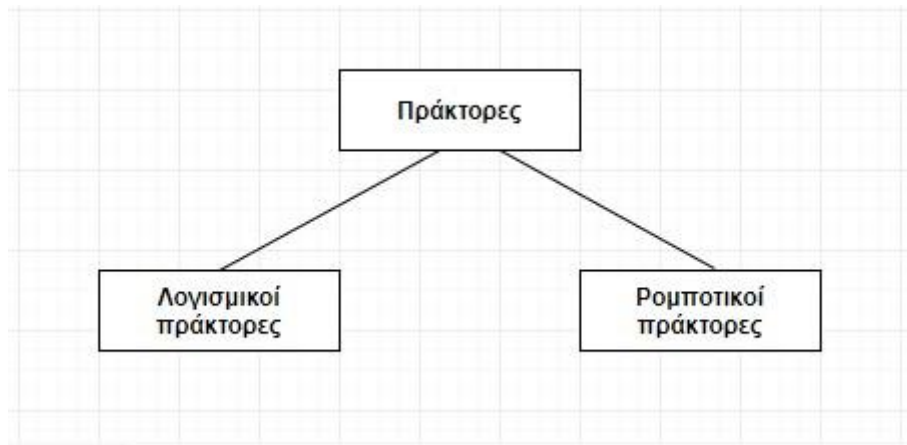
Προσπαθώντας να δώσουμε έναν γενικό ορισμό για την έννοια του πράκτορα, θα λέγαμε ότι ένας *πράκτορας* (*agent*) είναι μία οντότητα η οποία έχει αντίληψη του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο βρίσκεται με τη χρήση *αισθητήρων* (*sensors*), κάνει



σκέψεις, αποφασίζει και δραστηριοποιείται πάνω σε αυτό με την βοήθεια μηχανισμών δράσης (*effectors*), για κάποιον συγκεκριμένο σκοπό. [18]

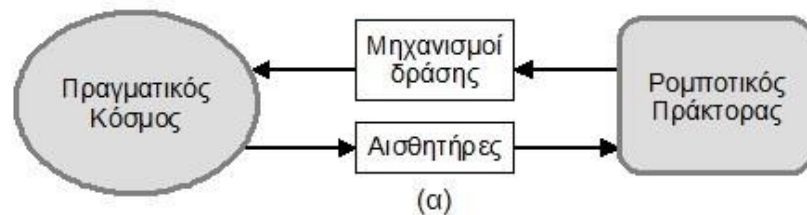
## 5.1 Είδη Πρακτόρων

Οι πράκτορες διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Τους λογισμικούς πράκτορες και τους ρομποτικούς πράκτορες όπως απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 23: Κατηγορίες πρακτόρων

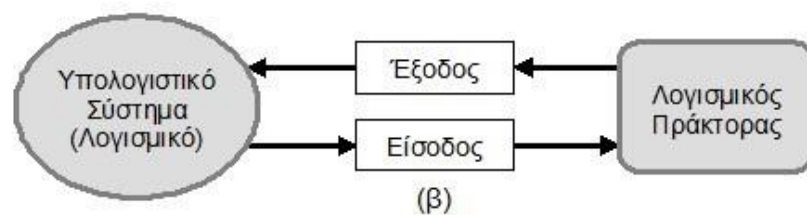
Οι *ρομποτικοί πράκτορες (robotic agents)* έχουν ηλεκτρονικά ή μηχανικά μέρη ως αισθητήρες και μηχανισμούς δράσης, και αλληλεπιδρούν στον πραγματικό κόσμο σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα,



(α)

Εικόνα 24: Ρομποτικοί πράκτορες

ενώ οι *λογισμικοί πράκτορες (software agents)*, είναι προγράμματα τα οποία αλληλεπιδρούν με ένα υπολογιστικό σύστημα ( παρακάτω σχήμα ).



(β)

Εικόνα 25: Λογισμικοί πράκτορες

Και τα δύο είδη πρακτόρων δέχονται ερεθίσματα από το περιβάλλον τα οποία επεξεργάζονται, και μέσω μιας διαδικασίας συλλογιστικής, εφαρμόζουν δράσεις στο περιβάλλον, τροποποιώντας την κατάστασή του.

Στο πλαίσιο της εργασίας, θα επικεντρωθούμε στους πράκτορες λογισμικού. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει μία μεγάλη γκάμα υπολογιστικών οντοτήτων, από συστήματα προσωπικών βοηθών όπως τα *SIRI*, *Cortana*, κτλ, *διαλογικών πρακτόρων (conversational agents)*, έως πολυπρακτορικά κατανεμημένα συστήματα εργοστασίων, διαχείρισης μεταφορικών μέσων, κτλ.

### 5.1.1 Πράκτορες Λογισμικού

Ένας *πράκτορας λογισμικού (software agent)* είναι ένα πρόγραμμα που δρα αντί του χρήστη ή ακόμα και ενός άλλου προγράμματος. [32]

Οι πράκτορες είναι γνωστοί στην καθομιλουμένη ως *bots* από την λέξη *robots*. Μπορούν να ενσωματωθούν ως λογισμικό σε υπολογιστικές συσκευές, όπως για παράδειγμα ένα *chatbot* που εκτελείται σε ένα smartphone. π.χ. Google assistant, SIRI.

Οι πράκτορες λογισμικού μπορούν να είναι αυτόνομοι, ή να συνεργάζονται με άλλους πράκτορες ή άτομα. Οι πράκτορες που αλληλεπιδρούν με ανθρώπους (*chatbots*) μπορούν να διαθέτουν ανθρώπινες ιδιότητες, όπως *κατανόηση και ομιλία φυσικής γλώσσας (natural language understanding - generate)*, ή να ενσαρκώνουν ανθρωποειδής μορφές.

### 5.1.2 Χαρακτηριστικά Πρακτόρων Λογισμικού

Όλοι οι πράκτορες είναι προγράμματα, αλλά δεν είναι όλα τα προγράμματα πράκτορες. [33]

Αυτή είναι μία απάντηση στο ερώτημα: Ποιες είναι οι διαφορές των πρακτόρων λογισμικού από τα συμβατικά προγράμματα?

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός πράκτορα σύμφωνα με τους Wooldrige [34] και Jennings [35] είναι:

- **αυτονομία (autonomy)**: οι πράκτορες ενεργούν αυτόνομα, χωρίς ο χρήστης να παρεμβαίνει άμεσα, ενώ έχουν και τον έλεγχο της εσωτερικής τους κατάστασης (αυτοέλεγχο).
- **αντιδραστικότητα (reactiveness)**: οι πράκτορες αντιλαμβάνονται το πλαίσιο στο οποίο λειτουργούν και αντιδρούν σε αυτό κατάλληλα.
- **προνοητικότητα (Pro - activeness)**: οι πράκτορες έχουν την ικανότητα να επιδεικνύουν συμπεριφορά η οποία βασίζεται σε συγκεκριμένους στόχους, δηλαδή να λαμβάνουν πρωτοβουλία σύμφωνα με τις συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον τους.

- **κοινωνικότητα ( social ability):** οι πράκτορες αλληλεπιδρούν με άλλους πράκτορες προκειμένου να επιτύχουν ένα κοινό στόχο ή των ανεξάρτητους στόχους άλλων πρακτόρων.

### 5.1.3 Είδη και Εφαρμογές Πρακτόρων Λογισμικού

Τα είδη των πρακτόρων λογισμικού κατατάσσονται με βάση την κύρια λειτουργία που επιτελούν. Μερικά χαρακτηριστικά είδη πρακτόρων λογισμικού είναι:

- **Διαλογικοί πράκτορες (conversational agents),** λογισμικό το οποίο χρησιμοποιεί την φυσική γλώσσα για την αλληλεπίδραση του με τον χρήστη με σκοπό την παροχή διαφόρων υπηρεσιών. Μέσω του διαλόγου γίνεται προσπάθεια η αλληλεπίδραση αυτή να προσομοιάζει όσο το δυνατόν στην ανθρώπινη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι *προσωπικοί βοηθοί (personal assistants)* σε smartphones και υπολογιστές, οι οποίοι εκτελούν εργασίες όπως φιλτράρισμα e-mails, προσωποποιημένες ειδήσεις, αυτόματη συμπλήρωση φορμών στο web, φωνητικές κλήσεις, κτλ.
- **προγράμματα που εκτελούνται σε αυτόνομα οχήματα.** Αυτά τα προγράμματα πρέπει να λαμβάνουν ορθολογικές αποφάσεις ,και όχι οποιαδήποτε απόφαση. Αυτό είναι ένα κρίσιμο σημείο για πράκτορες που περιλαμβάνουν TN
- **αλγόριθμοι που χρησιμοποιούν μεγάλες εταιρείες προκειμένου να διαπιστώσουν και να καλύψουν την καταναλωτική συμπεριφορά των χρηστών.** Ίσως να έχετε παρατηρήσει πώς το πράγμα για το οποίο μιλούσατε ή κοιτούσατε στο Facebook εμφανίστηκε ξαφνικά στο YouTube ή στο Google Ads
- **πράκτορες εξόρυξης δεδομένων (data mining agents).** Αυτοί οι πράκτορες προσπαθούν να βρουν τάσεις και πρότυπα σε μεγάλες βάσεις δεδομένων από πολλές διαφορετικές πηγές. Ο χρήστης μπορεί να ταξινομήσει αυτές τις πληροφορίες για να βρει αυτό που αναζητά.
- **πράκτορες αγορών ( shopping bots),** οι οποίοι ανακτούν πληροφορίες από το διαδίκτυο για την αγορά προϊόντων και υπηρεσιών επιτρέποντας τη χρήση ψηφιακών πληρωμών. [36]
- **Πράκτορες ανάπτυξης λογισμικού ( software bots),** για παράδειγμα στην αυτόματη επιδιόρθωση σφαλμάτων λογισμικού χωρίς την παρέμβαση ανθρώπου. [37]

## 5.2 Διαλογικοί Πράκτορες

Ένας από τους τρόπους αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή είναι μέσω της χρήσης φυσικής γλώσσας. Οι *Διαλογικοί πράκτορες ( conversational agents)* αποτελούν λογισμικό το οποίο μέσω της φυσικής γλώσσας αλληλεπιδρά με το χρήστη, με σκοπό την παροχή διάφορων υπηρεσιών. Αυτή η αλληλεπίδραση

γίνεται μέσω του διαλόγου, και αποσκοπεί ώστε να παρομοιάζει όσο το δυνατόν περισσότερο την ανθρώπινη επικοινωνία.

Προκειμένου να καταστεί δυνατή αυτή η αλληλεπίδραση ανθρώπου υπολογιστή, θα πρέπει το υπολογιστικό σύστημα να έχει την ικανότητα να αντιλαμβάνεται την φυσική γλώσσα στον γραπτό λόγο, όσο και στον προφορικό.

Η υλοποίηση και η σχεδίαση υπολογιστικών συστημάτων που κατανοούν και παράγουν φυσική γλώσσα αποτελούν έναν κλάδο της ΤΝ γνωστός ως *επεξεργασία φυσικής γλώσσας* ( *natural language processing, NLP*), όπου έγινε αναλυτική αναφορά στο Κεφάλαιο 4.

Η ιδέα των διαλογικών πρακτόρων βασίστηκε σε μεγάλο βαθμό στο έργο του Alan Turing, και συγκεκριμένα στη *δοκιμασία Touring (Turing test)* όπου έγινε αναλυτική αναφορά στο κεφάλαιο 1.

### 5.2.1 Κατηγορίες Διαλογικών Πρακτόρων

Οι *Διαλογικοί Πράκτορες* κατηγοριοποιούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες σύμφωνα με τον Kluver. [38]

Η κατηγοριοποίηση γίνεται με βάση τον τρόπο χειρισμού της εισόδου και εξόδου των πληροφοριών:

- *τα ρομπότ συνομιλίας ( chatbots)*
- *τα συστήματα διαλόγου ( dialog systems)*

Η διαφορά των δύο αυτών κατηγοριών είναι ως προς τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η συζήτηση. Τα *chatbots* προσομοιώνουν έναν διάλογο με τον χρήστη, με σκοπό να τον κάνουν να νομίζει ότι κάνει μία συνομιλία με μία έξυπνη οντότητα. Καθώς όμως στην πραγματικότητα η λειτουργία τους βασίζεται στην τεχνική ερεθίσματος - απόκρισης, τα *chatbots* αδυνατούν να καταλάβουν την συνομιλία που διεξάγεται.

Τα συστήματα διαλόγου χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως την *επεξεργασία φυσικής γλώσσας*, προσπαθούν να υλοποιήσουν έναν διάλογο, ο οποίος περιλαμβάνει την κατανόηση και την ανάλυση των δεδομένων εισόδου, με στόχο την εξαγωγή εύστοχων απαντήσεων προς το χρήστη, χρησιμοποιώντας εξωτερικές πηγές πληροφοριών.

Πέραν των δύο αυτών διακριτών συστημάτων, υπάρχουν συστήματα διαλόγου που ενσωματώνουν *chatbots* και αντίστροφα. [39]

Μία άλλη κατηγοριοποίηση σύμφωνα με τους O'Shea και Crocket [40] είναι:

- *Ρομπότ συνομιλίας( chatbots)*
- *ομιλούντα συστήματα διαλόγων ( spoken dialog systems)*
- *συστήματα διαχείρισης διαλόγου βασισμένα σε επεξεργασία φυσικής γλώσσας (NLP - based dialog management systems )*

- *πράκτορες συνομιλίας προσανατολισμένοι σε στόχο ( goal oriented CAs)*
- *ενσωματωμένοι πράκτορες συνομιλίας ( embodied CAs)*

Τα συστήματα της πρώτης κατηγορίας είναι υπολογιστικά συστήματα που χρησιμοποιούν τεχνικές αναγνώρισης φωνής (*speech recognition*) και μετατροπής της στη συνέχεια σε κείμενο, (*speech to text*) και στη συνέχεια μέσα από ένα σύστημα γίνεται *παραγωγή φωνής από κείμενο (text-to-speech)*, κάνοντας την επίδραση χρήστη - υπολογιστή εγγύτερη στην ανθρώπινη επικοινωνία.

Τα συστήματα διαχείρισης διαλόγων βασισμένα σε επεξεργασία φυσικής γλώσσας (*NLP*) κάνουν χρήση της τεχνολογίας επεξεργασίας φυσικής γλώσσας προκειμένου να γίνει συντακτική ανάλυση και σημασιολογική ανάλυση των προτάσεων του χρήστη.

Σημαντικό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία παίζει η τεχνολογία της *κατανόησης φυσικής γλώσσας ( natural language understanding )* η οποία παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4.

Οι πράκτορες συνομιλίας προσανατολισμένοι σε στόχο, έχουν πολλές ομοιότητες με τα chatbots, αλλά είναι σχεδιασμένοι ώστε να κατευθύνουν την συνομιλία σε ένα συγκεκριμένο στόχο, ο οποίος είναι συνήθως η παροχή πληροφοριών ή συμβουλών για ένα συγκεκριμένο θέμα ή η επίλυση ενός προβλήματος.

Ενώ οι πράκτορες συνομιλίας για την αλληλεπίδραση τους με το χρήστη χρησιμοποιούν μια διεπαφή κειμένου, οι ενσωματωμένοι πράκτορες συνομιλίας περιλαμβάνουν στην διεπαφή τους αναπαράσταση προσώπου, σώματος, χειρονομιών, κτλ, συμβάλλοντας σε μία πιο πλούσια εμπειρία χρήσης. [41]

### 5.2.2. Τεχνολογίες Διαλογικών Πρακτόρων

Οι περισσότερο χρησιμοποιούμενες τεχνολογικές προσεγγίσεις σύμφωνα με τους Bradesko και Mladenic [42] είναι:

- ***Αλγόριθμοι ταιριάσματος προτύπων ( pattern matching)***: πρόκειται για την περισσότερο κοινή στην υλοποίηση chatbots. Έχοντας ως βάση το μοντέλο ερεθίσματος - απόκρισης, αναζητούνται συγκεκριμένες λέξεις-κλειδιά που ενεργοποιούν προκαθορισμένες αποκρίσεις. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε στο πρώτο chatbot την ELIZA, η λειτουργία του οποίου βασίζεται στο πρότυπο:

Εάν η είσοδος είναι της μορφής:

(1η πρόταση) “εσύ” (2η πρόταση) “εμένα”, απαντά ως:

τι σε κάνει να πιστεύεις ότι εγώ (2η πρόταση) “εσένα”?

Ένα παράδειγμα διαλόγου της ELIZA είναι το παρακάτω:

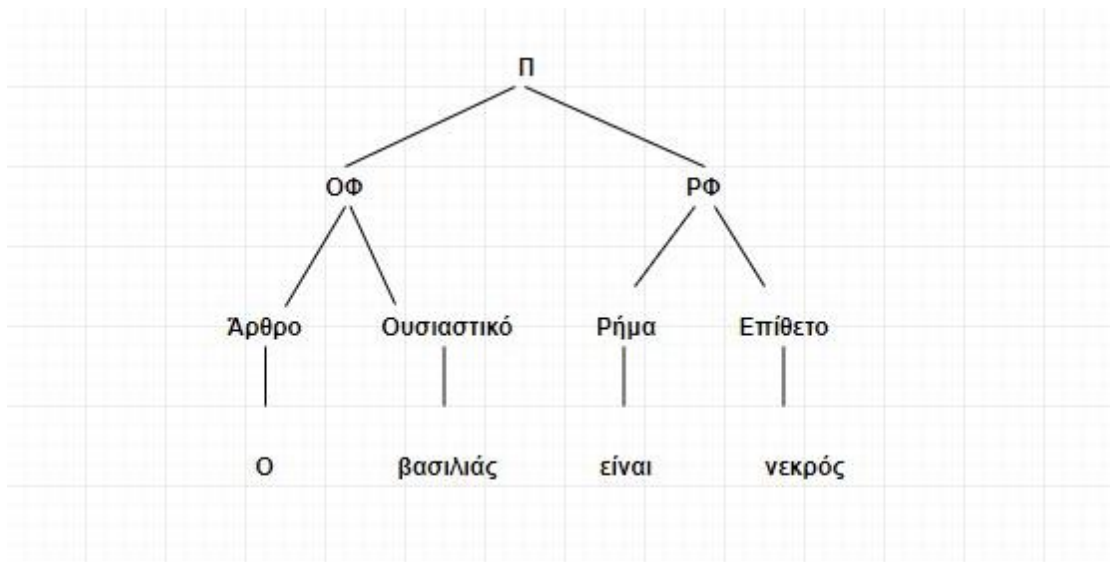
```

○○○ Eliza (1966)
> Hello, I am Eliza.
* Hey!
> Don't you ever say Hello?
* Hello!
> How are you today.. What would you like to discuss?
* I'm depressed.
> Do you enjoy being depressed?
* No, I don't.
> Why no?
* Because I want to be happy.
> Why do you want to be happy?
* Because I'm tired od being depressed.
> That is quite interesting.
* I'm not sure█

```

Εικόνα 26: Παράδειγμα διαλόγου του Chatbot ELIZA

- **Λεκτική και συντακτική ανάλυση (lexical and syntactical parsing):** η μέθοδος αυτή παίρνει την αρχική είσοδο και εκτελεί την γραμματική ανάλυση της πρότασης, δηλαδή εντοπίζει τον ρόλο κάθε λέξης στην πρόταση. Στη συνέχεια ακολουθεί η συντακτική ανάλυση για τον εντοπισμό συντακτικών λαθών, και την δημιουργία στην συνέχεια του συντακτικού δέντρου όπως για παράδειγμα το παρακάτω:



Εικόνα 27: Παράδειγμα συντακτικού δέντρου

- **Μοντέλα αλυσίδας Markov (Markov chain models):** η μέθοδος αυτή κάνει χρήση του στατιστικού μοντέλου αλυσίδων Markov, με σκοπό να παράγει προτάσεις - εκφράσεις οι οποίες είναι περισσότερο φυσικές. Η βασική ιδέα

στο μοντέλο αλυσίδων Markov, είναι ότι η εμφάνιση μιας λέξης ή ενός γράμματος σε ένα σύνολο από δεδομένα, έχει μία συγκεκριμένη πιθανότητα. Ο αριθμός των διαδοχικών εμφανίσεων ενός μοντέλου προσδιορίζεται από την σειρά του. Ας θεωρήσουμε για παράδειγμα, την είσοδο “bacdefgba”. Η σειρά 0 του μοντέλου Markov προβλέπει ότι το γράμμα “e” εμφανίζεται με πιθανότητα 1/10. Το μοντέλο με τη σειρά 1, δηλώνει ότι η πιθανότητα εμφάνισης κάθε γράμματος εξακολουθεί να είναι σταθερή, αλλά η πιθανότητα αυτή εξαρτάται από το προηγούμενο γράμμα. [43]

- **οντολογίες ( ontologies) ή σημασιολογικά δίκτυα ( semantics networks):** είναι σύνολα εννοιών τα οποία είναι ιεραρχικά συνδεδεμένα, και τα οποία αναζητούν συσχετίσεις μεταξύ των εννοιών με σκοπό την παραγωγή συμπερασμάτων.
- **γλώσσες σήμανσης:** είναι γλώσσες που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση chatbots. Η πιο γνωστή είναι η AIML ( Artificial Intelligence Mark-up Language) η οποία είναι μία διάλεκτος της XML, ενώ άλλες είναι η chatScript, η SIML και η RiveScript.

### 5.2.3 Εφαρμογές Διαλογικών Πρακτόρων

Πεδία εφαρμογής των διαλογικών πρακτόρων αποτελούν πολλοί τομείς, ενώ με τις εξελίξεις στην μηχανική - βαθιά μάθηση το πεδίο αυτό διευρύνεται.

- Από τις πιο γνωστές εφαρμογές είναι το *Google Assistant* στο λειτουργικό σύστημα *Android*, το *Cortana* των *Windows 10*, και το *Siri* στα *iOS*. Με τις εφαρμογές αυτές ο χρήστης μπορεί για παράδειγμα να επιλέξει να μεταβεί σε μία τοποθεσία με τη χρήση των χαρτών απλώς αναφέροντας προφορικά την διεύθυνση προορισμού, ή να κάνει μία κλήση προς ένα άτομο αναφέροντας απλά το όνομά του, χωρίς να κάνει αναζήτηση στις επαφές του καταλόγου του.
- πεδία εφαρμογής των διαλογικών πρακτόρων είναι επίσης η χρήση τους ως *προσωπικού βοηθού (personal assistant) ή bot*. Ένας προσωπικός βοηθός αλληλεπιδρά με τον χρήστη σε φυσική γλώσσα μέσω γραπτών ή προφορικών μηνυμάτων. Για παράδειγμα, μπορεί να ελέγξει τις συσκευές που είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο στο έξυπνο σπίτι τους ή να κάνει αναζήτηση στο διαδίκτυο για κάτι που θα του ζητήσει ο χρήστης.
- συστήματα διαλόγου χρησιμοποιούνται πολύ συχνά σε τηλεφωνικά κέντρα μεγάλων εταιρειών, τραπεζών, κτλ. Η υπηρεσία που παρέχουν αυτά τα συστήματα διαλόγου είναι γνωστή ως *διαδραστική φωνητική απόκριση ( interactive voice response)*, και παρέχει αυτοματοποιημένα τηλεφωνικά μενού για την διαχείριση των εισερχομένων κλήσεων
- εξατομικευμένες υπηρεσίες: Οι διαλογικοί πράκτορες μπορούν να συνδεθούν σε άλλες βάσεις δεδομένων, παρέχοντας το χρήστη εξατομικευμένες υπηρεσίες, όπως για παράδειγμα απαντήσεις σε ερωτήσεις

σχετικά με το υπόλοιπο τραπεζικών λογαριασμών, πληροφοριών για το χαρτοφυλάκιο, κτλ.

- Τεχνική υποστήριξη για την αντιμετώπιση τεχνικών προβλημάτων σε μία συσκευή ή ένα προϊόν.

### 5.3 Chatbots

#### Τι είναι ένα Chatbot

Η ΤΝ ενσωματώνεται όλο και περισσότερο στη ζωή μας μέσω συστημάτων που επιδεικνύουν ευφυή συμπεριφορά, όπως για παράδειγμα οι ευφυείς διαλογικοί πράκτορες. Τα *chatbots* είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα έξυπνης αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή (*human computer interaction*) [44] και

συστήματος ΤΝ. Ένα *chatbot* είναι ένα πρόγραμμα υπολογιστή που αλληλεπιδρά σαν μία ανθρώπινη οντότητα στην συνομιλία μέσω φωνής ή κειμένου, και κατανοεί μία ή περισσότερες ανθρώπινες γλώσσες μέσω της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας. [45]

Στο λεξικό, η λέξη *chatbot* αναφέρεται ως ένα λογισμικό σχεδιασμένο για την προσομοίωση συνομιλίας με ανθρώπους, κυρίως μέσω του διαδικτύου. [46]

Τα *chatbots* αναφέρονται επίσης ως έξυπνα ρομπότ, διαλογικοί πράκτορες, ψηφιακοί βοηθοί ή διαδραστικοί πράκτορες.

Για πολλά χρόνια τα *chatbots* χρησιμοποιούνταν συνήθως σε περιβάλλοντα εξυπηρέτησης πελατών, αλλά πλέον χρησιμοποιούνται και σε τομείς όπως η εκπαίδευση, η εξόρυξη δεδομένων, το ηλεκτρονικό εμπόριο, κτλ.

#### 5.3.1 Εφαρμογές των Chatbots

Συσκευές όπως smartphones, smartwatches, και το *διαδίκτυο των πραγμάτων* (*internet of things*), έχουν αλλάξει το τεχνολογικό τοπίο. Ενώ η υπολογιστική ισχύς αυξάνεται, οι διαστάσεις των ψηφιακών συσκευών μειώνονται. Ωστόσο, δραστηριότητες που απαιτούν μεγάλο όγκο δεδομένων, δεν είναι πάντα εύκολο να διεκπεραιωθούν μέσω των εφαρμογών των κινητών τηλεφώνων, ενώ επίσης και η πλοήγηση σε περίπλοκα μενού δεν είναι ευχάριστη για το χρήστη, που απαιτεί γρήγορη και απρόσκοπτη πλοήγηση σε ένα δικτυακό τόπο.

Τα *chatbots* προσφέρουν ένα τρόπο επίλυσης αυτών των ζητημάτων, και είναι ο λόγος για τον οποίο έχουν γίνει τόσο δημοφιλή. Η πλειοψηφία των *chatbots* είναι ανεξάρτητες από την πλατφόρμα, και άμεσες διαθέσιμες για χρήση, χωρίς την ανάγκη εγκατάστασης.

Ο χρήστης μπορεί να επικοινωνήσει με το *chatbot* και μέσα από τις πλατφόρμες κοινωνικής δικτύωσης, ή τις εφαρμογές ανταλλαγής μηνυμάτων, χωρίς να φύγει από την εφαρμογή λόγω του ότι το *chatbot* “ζει” μέσα στην εφαρμογή.

Επιπλέον, υπηρεσίες πληρωμών είναι ενσωματωμένες στο σύστημα, η ασφάλεια των οποίων είναι εγγυημένη αποτρέποντας τη χρήση από μη εξουσιοδοτημένα άτομα.

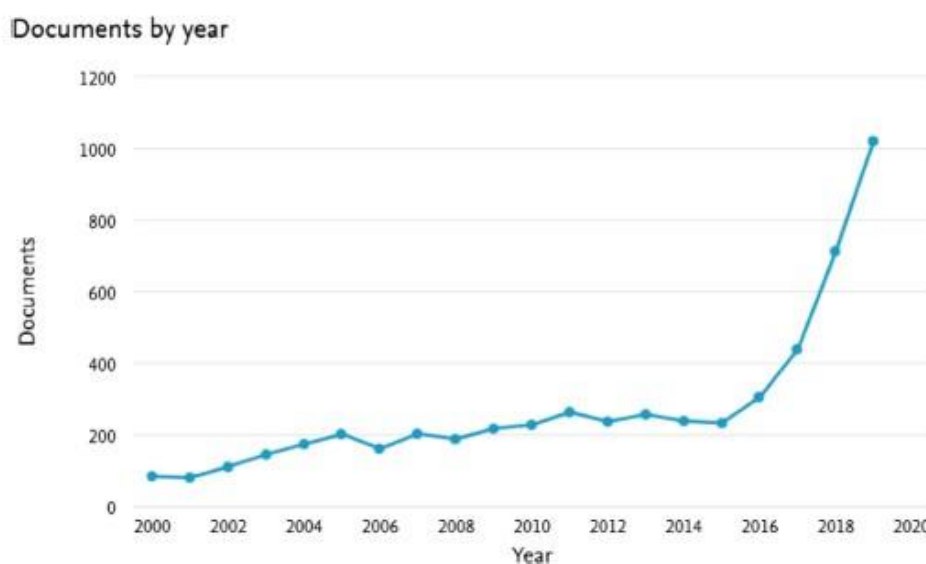
Επίσης η γνώση χρήσης ενός *chatbot* μεταφέρεται εύκολα για τη χρήση άλλων *chatbots* ενώ, η αξιοπιστία της επικοινωνίας, η γρήγορη ανάπτυξη του λογισμικού, και οι μειωμένες απαιτήσεις σχεδιασμού της διεπαφής του *chatbot* είναι μερικά πλεονεκτήματα και για τους προγραμματιστές.



Επίσης, η μείωση του κόστους εξυπηρέτησης πελατών, και η ικανότητα των chatbots να εξυπηρετούν πολλούς χρήστες ταυτόχρονα, είναι ο λόγος που τα chatbots είναι ιδιαίτερα δημοφιλή στον κόσμο των επιχειρήσεων. [47]

Όπως φαίνεται από το παρακάτω σχήμα, σύμφωνα με το Scopus [48] υπήρξε μία μεγάλη αύξηση των δημοσιεύσεων για τα chatbots μετά το τέλος του 2016.

Τα περισσότερα αναπτύχθηκαν για βιομηχανικές λύσεις, ενώ μεγάλος αριθμός τους σχετίζεται με την έρευνα.



Εικόνα 28: Δημοφιλία των Chatbots

Τα chatbots έχουν πάψει να χαρακτηρίζονται ως απλοί βοηθοί, και ο τρόπος με τον οποίο αλληλεπιδρούν τα φέρνει πιο κοντά στους χρήστες. Επιπλέον, η μηχανική μάθηση δίνει τη δυνατότητα στα chatbots να ανιχνεύουν τα συναισθήματα των χρηστών, δημιουργώντας έτσι μία συναισθηματική σχέση με τους χρήστες, προσομοιώνοντας την ανθρώπινη. [49]

Η χρησιμοποίηση ανθρώπινων φιγούρων, ονόματα που σχετίζονται με ανθρώπινα, και η ομιλία σε φυσική γλώσσα, είναι χαρακτηριστικά που προσομοιώνουν ανθρώπινη συμπεριφορά, με αποτέλεσμα να έχουν θετική επίδραση στους χρήστες. Βέβαια, θα πρέπει να τονιστεί ότι τα chatbots εξακολουθούν να στερούνται την ικανότητα της κατανόησης και της ενσυναίσθησης, και ότι δεν είναι ικανά να διακρίνουν όπως οι άνθρωποι τους τόνους σε μία συνομιλία.

Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το γεγονός ότι φαίνεται να υπάρχει μία προκατάληψη για το γυναικείο φύλο, καθώς τα περισσότερα από τα chatbots έχουν γυναικεία ονόματα, και εκτελούν εργασίας που απηχούν ιστορικά γυναικείους ρόλους, όπως προσωπικοί βοηθοί ή γραμματείς. [50]

### 5.3.2 Τρόπος λειτουργίας των Chatbots

Ας θεωρήσουμε ότι ένας χρήστης αλληλεπιδρά με ένα chatbot. Αν χρησιμοποιείται φωνή, το chatbot μετατρέπει πρώτα τα φωνητικά δεδομένα σε

κείμενο, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία της *αυτόματης αναγνώρισης ομιλίας* (*automatic speech recognition*). Chatbots τα οποία είναι βασισμένα μόνο σε κείμενο (*text based*), παραλείπουν αυτό το βήμα.

Στη συνέχεια το chatbot αναλύει το κείμενο εισόδου, εξετάζει την καταλληλότερη απάντηση και την επιστρέφει στο χρήστη. Η απάντηση του chatbot μπορεί να είναι είτε κείμενο, είτε ομιλία μέσω των εργαλείων *κείμενο σε ομιλία* (*text-to-speech*), είτε η ολοκλήρωση μιας εργασίας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η κατανόηση του κειμένου και της ομιλίας των ανθρώπων δεν είναι εύκολη για ένα υπολογιστικό σύστημα, όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια.

Ο τρόπος με τον οποίο επικοινωνούν οι άνθρωποι, η αμφισημία των προτάσεων, κτλ, είναι μία περίπλοκη διαδικασία για να αναδημιουργηθεί τεχνικά, και για αυτόν τον λόγο τα chatbots χρησιμοποιούν τις παρακάτω μεθόδους:

- *Επεξεργασία φυσικής γλώσσας* (*natural language processing*), μέσω της οποίας χωρίζεται η είσοδος σε προτάσεις και λέξεις
- *κατανόηση φυσικής γλώσσας* (*natural language understanding*), όπου βοηθά το chatbot να κατανοήσει τα λεγόμενα του χρήστη.
- *παραγωγή φυσικής γλώσσας* (*natural language generation*), όπου το chatbot παρέχει απάντηση στον χρήστη σε φυσική γλώσσα.

## 5.4 Ιστορική Αναδρομή

Η βασική ιδέα για την δημιουργία ενός chatbot ξεκίνησε το 1950 από τον Alan Turing όταν πρότεινε ένα τεστ που έγινε γνωστό ως *δοκιμασία Τούρινγκ* (*Turing test*). Το 1964 ο καθηγητής του MIT Joseph Weizenbaum ξεκίνησε την ανάπτυξη του ELIZA, το οποίο αποδείχτηκε το πρώτο υπολογιστικό σύστημα θα μπορούσε να μιλήσει χρησιμοποιώντας φυσική γλώσσα, και το οποίο μπορούσε να ξεγελάσει αρκετούς ανθρώπους, δίνοντάς τους την εντύπωση ότι συνομιλούσαν με έναν άνθρωπο, απλά αντικαθιστώντας τα λόγια τους σε σενάρια και επιστρέφοντας τα στους χρήστες ώστε να διατηρηθεί η συζήτηση. [51]

Το 1972 ο ψυχίατρος Kenneth Colby βασιζόμενος στο ELIZA, παρουσίασε το PARRY το οποίο ήταν ένα chatbot με προσωπικότητα, καθώς προσπαθούσε να προσομοιώσει ένα άτομο με παρανοϊκή σχιζοφρένεια. [52] Το 1995 το chatbot ALICE κέρδισε το βραβείο Loebner, έναν ετήσιο διαγωνισμό σχετικό με την δοκιμασία Τούρινγκ τα έτη 2000, 2001, 2004.

Ήταν το πρώτο υπολογιστικό σύστημα που κέρδισε τον τίτλο “ο πιο ανθρώπινος υπολογιστής”. [53]

Το 2001 παρουσιάστηκε το smarterchild, το οποίο ήταν διαθέσιμο μέσω εφαρμογών ανταλλαγής μηνυμάτων στο AOL, και στο MSN και το οποίο προσέφερε διασκεδαστικές προσωποποιημένες συνομιλίες στους χρήστες. Θεωρείται ο πρόδρομος του Siri της Apple.

Το επόμενο μεγάλο βήμα ήταν η δημιουργία των ψηφιακών προσωπικών βοηθών όπως το Watson της IBM (2006), το Siri της Apple (2010), [54] Το Google Assistant ( 2012 ), [55] το Alexa της Amazon (2015), [56] και το Cortana της Microsoft ( 2015 ). [57]

## 5.5 Είδη Chatbots

Η πλειοψηφία εργαλείων ανάπτυξης chatbots σήμερα, είναι βασισμένες σε δύο κύριους τρόπους: Τα chatbots βασισμένα σε κανόνες, και σε αυτά τα οποία χρησιμοποιούν μηχανική μάθηση.

- **Chatbots βασισμένα σε κανόνες ( rule based chatbots)**, παρέχουν τον ακριβή έλεγχο στις απαντήσεις που δίνουν στο χρήστη, κάτι που λείπει από τα chatbots μηχανικής μάθησης. Η σωστή απάντηση του συστήματος είναι γνωστή εκ των προτέρων. Τα chatbots αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούν κανόνες της μορφής *if - then* για να δημιουργήσουν μία ροή συνομιλίας. Το μειονέκτημα των chatbots αυτής της κατηγορίας είναι ότι δεν είναι ευέλικτα, ενώ είναι αργή η διαδικασία ανάπτυξης τους, λόγω της απαιτητικής εργασίας που απαιτείται. Αν και αυτοί οι τύποι chatbots χρησιμοποιούν την επεξεργασία φυσικής γλώσσας, η αλληλεπίδραση με το χρήστη είναι δομημένη και συγκεκριμένη, ενώ χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις συχνών ερωτήσεων (FAQ's) και οι δυνατότητές τους είναι σε βασικό επίπεδο. Πρόκειται για τον πιο συνηθισμένο τύπο bots, καθώς βρίσκονται σε ιστότοπους εταιρειών, ηλεκτρονικά καταστήματα ( e-shops), σε εφαρμογές συνομιλίας - μηνυμάτων όπως το Facebook, messenger, κτλ.
- **chatbots μηχανικής μάθησης (AI chatbots)**. Τα chatbots της κατηγορίας αυτής χρησιμοποιούν αλγόριθμους μηχανικής μάθησης, και είναι πιο περίπλοκα από αυτά που βασίζονται σε κανόνες. Είναι πιο αποτελεσματικοί συνομιλητές, οδηγούμενοι από τα δεδομένα, και γενικά είναι πιο εξελιγμένοι, διαδραστικοί, και προσωποποιημένοι. Χρησιμοποιώντας την επεξεργασία φυσικής γλώσσας, και τη μηχανική μάθηση, κατανοούν τα συμφραζόμενα του χρήστη, προσφέροντας του εξατομικευμένη εμπειρία. Ωστόσο για να αποδώσουν σωστά απαιτούν μεγάλο όγκο δεδομένων εκπαίδευσης και ειδικά καταρτισμένους ανθρώπους. Επίσης, ένα chatbot μηχανικής μάθησης λειτουργεί ως μαύρο κουτί. Αν το μοντέλο εκπαίδευσης δεν είναι σωστά σχεδιασμένο, είναι εξαιρετικά δύσκολο έργο η διαδικασία βελτίωσης του.

### 5.5.1 Κατηγορίες Chatbots

Για την κατηγοριοποίηση των chatbots χρησιμοποιούνται διαφορετικές παράμετροι, όπως:

Η βάση γνώσης, οι παρερχόμενες υπηρεσίες, οι μέθοδοι εισόδου - εξόδου.

Αναλυτικά:

Μία **βάση γνώσης (knowledge base)** είναι μία συλλογή δεδομένων - πληροφοριών.

Η κατηγοριοποίηση με κριτήριο την βάση γνώσεως διακρίνει δύο είδη chatbots:

- τα **chatbots ανοιχτής βάσης γνώσης (open base knowledge chatbots)**, τα οποία μπορούν να μιλήσουν για διάφορα θέματα και να απαντούν κατάλληλα
- τα **chatbots κλειστής βάσης γνώσης (close base knowledge chatbots)** είναι επικεντρωμένα σε ένα συγκεκριμένο θέμα και συνήθως αποτυγχάνουν να απαντήσουν σε ερωτήσεις εκτός του συγκεκριμένου θέματος. [58]

Η κατηγοριοποίηση με βάση τις παρεχόμενες υπηρεσίες προς τον χρήστη διακρίνει τρεις τύπους chatbots:

- τα **διαπροσωπικά chatbots (interpersonal chatbots)**, αναλαμβάνουν κυρίως υπηρεσίες όπως κράτηση σε εστιατόριο, κρατήσεις πτήσεων, και συχνών ερωτήσεων (FAQ's bots). Λαμβάνουν πληροφορίες και τις μεταβιβάζουν στο χρήστη.
- τα **ενδοπροσωπικά chatbots (intrapersonal chatbots)**, βρίσκονται κυρίως σε εφαρμογές συνομιλίας, όπως το Messenger, το What's up, το Slack. Είναι "σύντροφοι" του χρήστη και έχουν την ιδιότητα να καταλαβαίνουν τη διάθεση του χρήστη.
- Τα **chatbots μεταξύ πρακτόρων (inter - agent chatbots)** αναφέρονται στην επικοινωνία μεταξύ των chatbots. Με τον συνεχώς αυξανόμενο αριθμό των chatbots, έχει ήδη προκύψει η ανάγκη για πρωτόκολλα επικοινωνίας μεταξύ των chatbots. Η ενσωμάτωση των προσωπικών βοηθών Alexa - Cortana είναι ένα παράδειγμα επικοινωνίας μεταξύ πρακτόρων. [58]

Η κατηγοριοποίηση με βάση τις μεθόδους εισόδου-εξόδου διακρίνει τρεις κατηγορίες:

- **Μοντέλο βασισμένο σε κανόνες (rule based models)**, βασίζεται στην αρχιτεκτονική των πρώτων ιστορικά σε δημιουργία chatbots, όπως και πολλών online chatbots. Οι απαντήσεις τους βασίζονται σε ένα σταθερό και προκαθορισμένο σύνολο κανόνων, που βασίζεται στην λεξιλογική ανάλυση της πρότασης, χωρίς να δημιουργεί νέες απαντήσεις. [59] Ωστόσο, αυτός ο τύπος μοντέλου δεν μπορεί να αναγνωρίσει τα ορθογραφικά και γραμματικά λάθη του χρήστη, με αποτέλεσμα να έχει μειωμένη ευχρηστία.
- **Μοντέλο βασισμένο σε ανάκτηση (retrieval based model)**, λίγο διαφορετικό από το μοντέλο κανόνων, καθώς αναζητά και αναλύει διαθέσιμους πόρους χρησιμοποιώντας *διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών (application programming interface) API's*, προσφέροντας έτσι μεγαλύτερη ευελιξία. [60]

- **Το παραγωγικό μοντέλο ( generative model),** έχει καλύτερα αποτελέσματα από τα δύο προηγούμενα. Δημιουργεί απαντήσεις με βάση τα τρέχοντα και προηγούμενα μηνύματα του χρήστη. Αυτά τα chatbots χρησιμοποιούν αλγόριθμους μηχανικής - βαθιάς μάθησης, ώστε να αυτοεκπαιδευτούν. Ωστόσο είναι περίπλοκη κατασκευή και η εκπαίδευσή τους. [61]

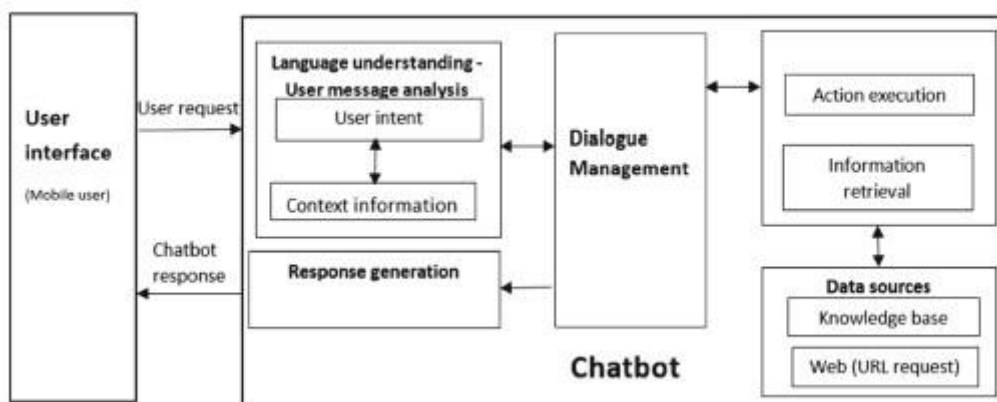
## 5.6 Σχεδιασμός και Ανάπτυξη

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός chatbot περιλαμβάνει μία ποικιλία τεχνικών. Θα πρέπει να είναι κατανοητό τι θα προσφέρει στο χρήστη, και σε ποια κατηγορία θα ανήκει, ώστε να βοηθήσει τους προγραμματιστές στην επιλογή των κατάλληλων πλατφορμών και εργαλείων που θα επιλεγούν. Επίσης βοηθά και τον χρήστη να καταλάβει τι πρέπει να περιμένει από το συγκεκριμένο chatbot. [62]

Για τον σωστό σχεδιασμό ενός chatbot περιλαμβάνονται μια σειρά απαιτήσεις, όπως την ακριβή αναπαράσταση της βάσης γνώσης, ένα σχεδιασμό για την δημιουργία απαντήσεων, και ένα σύνολο ουδέτερων προκαθορισμένων απαντήσεων όταν η πρόταση του χρήστη δεν γίνεται κατανοητή από το σύστημα. [63]

Το πρώτο βήμα στην σχεδίαση οποιοδήποτε συστήματος γενικά, είναι η διαίρεση του σε επιμέρους στοιχεία σύμφωνα με ένα πρότυπο, ώστε να μπορεί να ακολουθηθεί μία σπονδυλωτή προσέγγιση στην ανάπτυξη του συστήματος.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται μία τυπική αρχιτεκτονική ενός chatbot:



Εικόνα 29: Γενική αρχιτεκτονική ενός Chatbot

Η διαδικασία ξεκινά με το αίτημα ενός χρήστη στο chatbot, για παράδειγμα, “ποια είναι η έννοια της κλιματικής αλλαγής?” χρησιμοποιώντας μία εφαρμογή συνομιλίας - μηνυμάτων όπως το Facebook messenger, Skype, What's Up, κτλ.

Αφού το chatbot λάβει του αίτημα του χρήστη, η μονάδα κατανόηση φυσικής γλώσσας το αναλύει προκειμένου να συμπεράνει την πρόθεση του χρήστη και τις σχετικές πληροφορίες:

πρόθεση: (μετάφραση, οντότητες: [ λέξη: κλιματική αλλαγή ]).

Όταν το chatbot κάνει την καλύτερη ερμηνεία που μπορεί, πρέπει να αποφασίσει πώς θα προχωρήσει. [64]

Μπορεί είτε:

- να ενεργήσει αμέσως, και να απαντήσει στο χρήστη με την ερμηνεία που έχει κάνει
- να θυμηθεί τι έχει προηγηθεί κατά την προηγούμενη αλληλεπίδραση με τον χρήστη και να ενεργήσει ανάλογα
- να απαιτήσει περισσότερες πληροφορίες ή να ζητήσει διευκρινήσεις

Στη συνέχεια το chatbot εκτελεί τις ενέργειες ή προχωρά στην ανάκτηση των ζητούμενων δεδομένων είτε από μία βάση δεδομένων, είτε από εξωτερικούς πόρους στους οποίους έχει πρόσβαση μέσω κλάσεων API's. [65]

Κατά την ανάκτηση των δεδομένων, η μονάδα που είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία απαντήσεων, χρησιμοποιεί την μονάδα παραγωγής φυσικής γλώσσας (*natural language generation*), ώστε να παράγει μία απάντηση σε ανθρώπινη φυσική γλώσσα. Μπορεί επίσης να ζητήσει πληροφορίες που λείπουν και να θέτει σχετικές με το θέμα ερωτήσεις, όπως για παράδειγμα, “θα μπορούσατε να μου πείτε ως παράδειγμα μία πρόταση με την λέξη *κλιματική αλλαγή*?” [66]

Υπάρχουν πολλές επιλογές εμπορικές και ανοιχτού κώδικα, οι οποίες είναι διαθέσιμες για την υλοποίηση ενός chatbot. Πλέον, ο αριθμός των τεχνολογικών εργαλείων που σχετίζονται με τα chatbots είναι πολύ μεγάλος και αυξάνεται διαρκώς. [67]

Τα chatbots αναπτύσσονται με δύο τρόπους:

- Με τη χρήση οποιασδήποτε γλώσσας προγραμματισμού όπως Java, Python, C++, PHP
- με τη χρήση πλατφορμών αιχμής (*state - of- art - platforms*)

Αυτή τη στιγμή υπάρχουν έξι κορυφαίες πλατφόρμες κατανόησης φυσικής γλώσσας (*NLU*) οι οποίες βρίσκονται στο υπολογιστικό νέφος (*cloud computing*) που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι προγραμματιστές για την δημιουργία chatbots ικανών να κατανοούν φυσικές γλώσσες, και είναι οι παρακάτω:

- Google’s DialogFlow [68]
- Microsoft LUIS [69]
- Facebook’s wit.ai [70]
- IBM Watson Conversation [71]
- Amazon Lex [72]
- SAP Conversation AI [73]

Όλες οι παραπάνω πλατφόρμες υποστηρίζονται από μηχανική μάθηση. Έχουν κάποια κοινά σημεία όπως ότι βρίσκονται στο σύννεφο (*cloud*), υποστηρίζουν διάφορες γλώσσες προγραμματισμού και φυσικές γλώσσες, διαφέρουν όμως σημαντικά σε άλλες πτυχές.

Υπάρχουν και άλλες πλατφόρμες λιγότερο γνωστές όπως οι:

- RASA [74]
- Botsify [75]
- Chatfuel [76]
- Flow XO [77]
- Pandorabots [78]
- Chatterbot [79]

## 6. Υλοποίηση Διαλογικού Πράκτορα (Chatbot)

---

Στο Κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε τα βήματα υλοποίησης ενός απλού διαλογικού πράκτορα (chatbot), που απαντά σε συχνές ερωτήσεις χρηστών (faq's) χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα DialogFlow της Google, ενώ θα αναφερθούμε και στην χρήση των διαλογικών πρακτόρων στην εκπαίδευση

### 6.1 Εισαγωγή

Θα παρουσιάσουμε την διαδικασία υλοποίησης ενός απλού *διαλογικού πράκτορα (chatbot)*.

Ο διαλογικός αυτός πράκτορας δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να έχει πρόσβαση σε περιεχόμενο σχετικό με ορισμούς, και συχνές ερωτήσεις (faq's) που αφορούν θέματα της τεχνητής νοημοσύνης όπως μηχανική μάθηση, επεξεργασία φυσικής γλώσσας, νευρωνικά δίκτυα, κτλ.

Το chatbot έχει την ικανότητα να απαντά σε ερωτήσεις που υποβάλλει ο χρήστης είτε μέσω κειμένου είτε μέσω ομιλίας.

Αναπτύχθηκε με τη χρήση του εργαλείου DialogFlow της Google [80] ως ένας τρόπος δημιουργίας και εκπαίδευσης ενός μοντέλου φυσικής γλώσσας, και στο οποίο γίνεται χρήση όλων των τεχνολογιών που παρουσιάστηκαν στην παρούσα εργασία όπως, αναπαράσταση γνώσης, μηχανική μάθηση, νευρωνικά δίκτυα, επεξεργασία φυσικής γλώσσας,

Το συγκεκριμένο chatbot χρησιμοποιεί την Αγγλική γλώσσα για την αλληλεπίδραση του με τον χρήστη μέσω κειμένου και ομιλίας (text - voice), ενώ υποστηρίζει και την Ελληνική αλλά μόνο σε επίπεδο κειμένου (text).

Θα εκτελείται σε μία ιστοσελίδα που έχουμε δημιουργήσει για αυτό το σκοπό, ενώ υπάρχει η δυνατότητα να εκτελείται αν το επιθυμούμε και σε πλατφόρμες ανταλλαγής μηνυμάτων - συνομιλίας όπως το Facebook Messenger, Viber, Skype.

### 6.2 DialogFlow

Το DialogFlow είναι μία πλατφόρμα κατανόησης φυσικής γλώσσας που διευκολύνει το σχεδιασμό και ενσωμάτωση *διαλογικών πρακτόρων (chatbots)* σε ιστοσελίδες, εφαρμογές κινητών, συσκευών, κτλ, με φωνή και κείμενο.

Παρέχεται και εκτελείται στην Cloud πλατφόρμα της Google [81] και είναι διαθέσιμη σε δύο εκδόσεις, την δωρεάν ES (Standard) και η οποία χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση του συγκεκριμένου chatbot για την CX (Advanced) η οποία είναι με συνδρομή.

#### Agents

Το πρώτο βήμα είναι η δημιουργία του διαλογικού πράκτορα. Ένας *πράκτορας (agent)* στο dialogflow είναι ένας εικονικός πράκτορας ο οποίος συνομιλεί με το χρήστη. Στην ουσία είναι μία μονάδα *κατανόησης φυσικής γλώσσας (natural language understanding)* που έχει την ικανότητα να κατανοεί και τις *αποχρώσεις* της



ανθρώπινης γλώσσας. Μετατρέπει το κείμενο (*text*) ή την ομιλία (*speech*) του χρήστη σε δομημένα δεδομένα που μπορούν να κατανοήσουν οι υπόλοιπες εφαρμογές.

Τον πράκτορα που δημιουργήσαμε τον ονομάσαμε AiFag's λόγω του ότι είναι προσανατολισμένος να απαντά σε ερωτήσεις σχετικές με όρους της τεχνητής νοημοσύνης. Γενικά, θα λέγαμε ότι ένας πράκτορας είναι παρόμοιος με τον τηλεφωνητή ενός ανθρώπινου τηλεφωνικού κέντρου. Και οι δύο εκπαιδεύονται ώστε να χειρίζονται αναμενόμενα σενάρια συνομιλίας.

## Intents

Τα *Intents* είναι τα ερωτήματα που θέτει ο χρήστης προς το chatbot και τα οποία συνδέονται με μία απάντηση - δραστηριότητα. Για κάθε πράκτορα δημιουργούμε αρκετά intents, όπου συνδυαζόμενα μεταξύ τους μπορούν να χειριστούν μία πλήρη συνομιλία. Όταν ο χρήστης γράψει ή πει κάτι, το DialogFlow αντιστοιχίζει την έκφραση του χρήστη με το καλύτερο intent του πράκτορα.

Για παράδειγμα, θα μπορούσαμε να δημιουργήσουμε έναν πράκτορα καιρού που αναγνωρίζει και απαντά σε ερωτήσεις σχετικά με τον καιρό. Θα δημιουργήσουμε λοιπόν ένα intent για ερωτήσεις σχετικά με την πρόγνωση του καιρού. Εάν ο χρήστης πει “πώς θα είναι ο καιρός?” το Dialogflow θα αντιστοιχίσει την έκφραση του χρήστη με το intent της πρόβλεψης του καιρού.

Μπορούμε επίσης να ορίσουμε το intent να εξάγει χρήσιμες πληροφορίες στο χρήστη, όπως την ώρα, ή την τοποθεσία για την επιθυμητή πρόβλεψη καιρού.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται σχηματικά η παραπάνω διαδικασία:

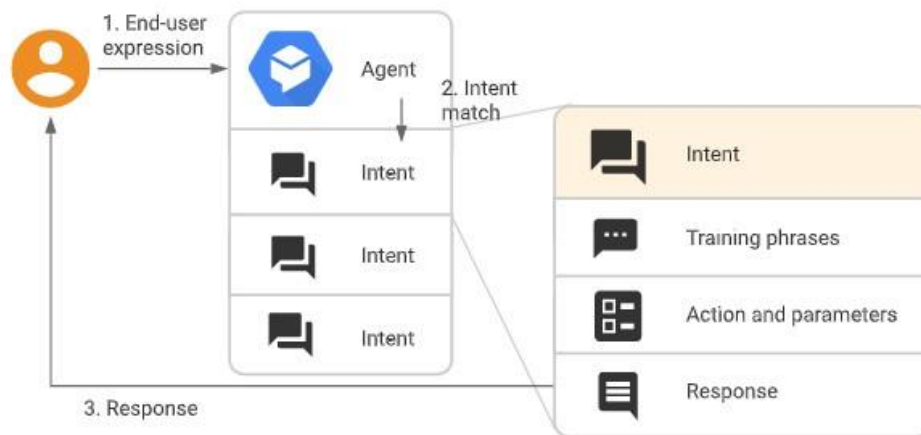


Εικόνα 30: Η δομή ενός intent

Ένα intent θα πρέπει να περιέχει τα παρακάτω:

- *φράσεις εκπαίδευσης ( training phrases)*: είναι φράσεις τις οποίες θα μπορούσε να πει ο χρήστης. Όταν μία έκφραση του χρήστη μοιάζει με κάποια από αυτές το Dialogflow την αντιστοιχεί με το intent.
- *ενέργεια (action)*: μπορούμε να ορίζουμε μία ενέργεια για κάθε intent. Όταν αντιστοιχίζεται ένα intent, εκτελείται μία ενέργεια την οποία μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ώστε να ενεργοποιήσουμε άλλες ενέργειες.
- *απαντήσεις ( responses)*: ορίζουμε τι θα επιστραφεί ως απάντηση στον χρήστη. Αυτό μπορεί να είναι κείμενο, ομιλία, εικόνες. Μπορεί να είναι μία απάντηση στο ερώτημά του, να ζητούνται περισσότερες πληροφορίες ή να

τερματίζουν τη συνομιλία . Το παρακάτω σχήμα δείχνει την βασική ροή για την αντιστοίχιση ενός intent και την απόκριση στον χρήστη:



Εικόνα 31: Η βασική ροή αντιστοίχισης intent και απάντησης στον χρήστη

Για παράδειγμα, στο chatbot που υλοποιήσαμε, δημιουργήσαμε ένα intent με όνομα *Δοκιμασία Turing* και ορίσαμε έξι πιθανές ερωτήσεις (φράσεις εκπαίδευσης) που θα μπορούσε να ρωτήσει ο χρήστης κατά την επίδραση του με το chatbot. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται το intent με τις πιθανές ερωτήσεις:

• **Δοκιμασία Turing** SAVE

---

**Training phrases** ⓘ Search training phrase 🔍 ^

When a user says something similar to a training phrase, Dialogflow matches it to the intent. You don't have to create an exhaustive list. Dialogflow will fill out the list with similar expressions. To extract parameter values, use [annotations](#) with available [system](#) or [custom](#) entity types.

” Add user expression

” Τι είναι η δοκιμασία Turing?

” Alan Turing test

” Δοκιμασία Turing

” Τι είναι το τεστ Turing?

” Turing τεστ

” Turing test

**Εικόνα 32: Το intent Δοκιμασία Turing**

Ενώ ορίζουμε και τι θα επιστραφεί ως απάντηση στον χρήστη, που στην προκειμένη περίπτωση είναι απλό κείμενο.

Στην περίπτωση που κάποιο intent δεν γίνει κατανοητό, τότε το chatbot θα επιστρέψει το default fallback intent “Δεν κατάλαβα το ερώτημά σας. Μπορείτε να επαναλάβετε;” όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:

**Text Response** ⓘ 🗑

1	Δεν κατάλαβα το ερώτημα σας. Μπορείτε να επαναλάβετε?
2	Enter a text response variant <span style="float: right;">⌵</span>

**Εικόνα 33: Το intent Fallback**

Γενικά, είναι δύσκολη διαδικασία η καταγραφή όλων των πιθανών συνδυασμών φράσεων και λέξεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μία ερώτηση, γιατί χρειάζεται να δημιουργηθούν πολλά intents.

Για παράδειγμα, κατά την πρώτη αλληλεπίδραση ενός χρήστη με το chatbot μπορεί ο χρήστης να γράψει “Γεια”, ή “καλημέρα”, ή “καλησπέρα”, ή να μην χαιρετήσει καθόλου και να θέσει αμέσως μία ερώτηση.

Όταν δημιουργούμε κάποιο intent μας δίνεται η δυνατότητα να δοκιμάσουμε άμεσα την απόκριση του chatbot σε ερωτήσεις μέσα στο περιβάλλον του Dialogflow.

Έχοντας επιλέξει ένα intent, γράφουμε την ερώτηση μας στην περιοχή με την ένδειξη *Try it now* και βλέπουμε τις απαντήσεις που επιστρέφει το chatbot προκειμένου να προχωρήσουμε σε τυχόν διορθώσεις.

Για παράδειγμα, στην ερώτηση “Alan Turing” το chatbot επιστρέφει την απάντηση μαζί με άλλες πληροφορίες, όπως και το intent στο οποίο ανήκει η απάντηση, όπως απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 34: Η απάντηση που θα εμφανιστεί στον χρήστη

Το αρχείο της απάντησης που λαμβάνει το Dialogflow είναι σε μορφή JSON. Το Dialogflow αντλεί από το αρχείο JSON την απαιτούμενη πληροφορία, και την

παρουσιάζει στον χρήστη. Για την συγκεκριμένη ερώτηση το αρχείο JSON έχει την παρακάτω μορφή:

```
{
  "responseId": "9afcc418-9b65-40dc-a41b-4e158c5ad9d7-0b0dbed9",
  "queryResult": {
    "queryText": "alan turing",
    "parameters": {},
    "allRequiredParamsPresent": true,
    "fulfillmentText": "Ο Άλαν Μάθισον Τούρινγκ ή Τιούρινγκ(Alan Matheson Turing, 23 Ιουνίου 1912 - 7 Ιουνίου 1954) ήταν Άγγλος μαθηματικός, καθηγητής της λογικής, κρυπτογράφος και θεωρητικός βιολόγος. Θεωρείται ο «πατέρας της επιστήμης υπολογιστών», χάρη στην πολύ μεγάλη συνεισφορά του στο γνωστικό πεδίο της θεωρίας υπολογισμού κατά τη δεκαετία του 1930, αλλά και της τεχνητής νοημοσύνης, χάρη στο λεγόμενο τεστ Τούρινγκ, την οποία πρότεινε το 1950: έναν τρόπο για να διαπιστωθεί πειραματικά αν μία μηχανή έχει αυθεντικές γνωστικές ικανότητες και μπορεί να σκεφτεί.",
    "fulfillmentMessages": [
      {
        "text": {
          "text": [
            "Ο Άλαν Μάθισον Τούρινγκ ή Τιούρινγκ(Alan Matheson Turing, 23 Ιουνίου 1912 - 7 Ιουνίου 1954) ήταν Άγγλος μαθηματικός, καθηγητής της λογικής, κρυπτογράφος και θεωρητικός βιολόγος. Θεωρείται ο «πατέρας της επιστήμης υπολογιστών», χάρη στην πολύ μεγάλη συνεισφορά του στο γνωστικό πεδίο της θεωρίας υπολογισμού κατά τη δεκαετία του 1930, αλλά και της τεχνητής νοημοσύνης, χάρη στο λεγόμενο τεστ Τούρινγκ, την οποία πρότεινε το 1950: έναν τρόπο για να διαπιστωθεί πειραματικά αν μία μηχανή έχει αυθεντικές γνωστικές ικανότητες και μπορεί να σκεφτεί."
          ]
        }
      }
    ],
    "intent": {
      "name": "projects/msc-rbrk/agent/intents/98c00387-3d1d-4910-b272-fb3048dd4498",
      "displayName": "Alan Turing"
    },
    "intentDetectionConfidence": 1,
    "languageCode": "en",
    "sentimentAnalysisResult": {
      "queryTextSentiment": {
        "score": 0.2,
        "magnitude": 0.2
      }
    }
  }
}
```

Εικόνα 35: Το αρχείο JSON της απάντησης του Chatbot στον χρήστη

Όπως φαίνεται, η είσοδος που δόθηκε από τον χρήστη είναι το πεδίο *query text*, ενώ ακολουθούν οι παράμετροι που αναγνώρισε το σύστημα.

## Entities

Οι *entities* (οντότητες) είναι λέξεις-κλειδιά που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο χρήστης προκειμένου να περιγράψει αντικείμενα, χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, ένα entity με ονομασία *semester - lessons* θα περιέχει τα μαθήματα ενός εξαμήνου ενός προγράμματος σπουδών. Πέραν των entities που δημιουργούμε εμείς, παρέχονται και προκαθορισμένα *entities του συστήματος (system entities)* που ταιριάζουν με πολλούς κοινούς τύπους δεδομένων όπως οντότητες ημερομηνιών, ωρών, χρωμάτων διευθύνσεων e-mails, κτλ.

## Training

Το Dialogflow χρησιμοποιεί αλγόριθμους μηχανικής μάθησης ώστε να παράγει πιο ακριβείς απαντήσεις κατά την αλληλεπίδρασή του με το χρήστη. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης γράψει μία μη συντακτικά ορθή πρόταση ή με ορθογραφικά λάθη, το chatbot είναι σε θέση να δίνει τη σωστή απάντηση.

Αν για παράδειγμα ο χρήστης γράψει την μη συντακτικά και ορθογραφικά σωστή πρόταση “*νοημοδύνη είναι τη τεχνητή*”, το chatbot επιστρέφει εν τούτοις τη σωστή απάντηση όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:

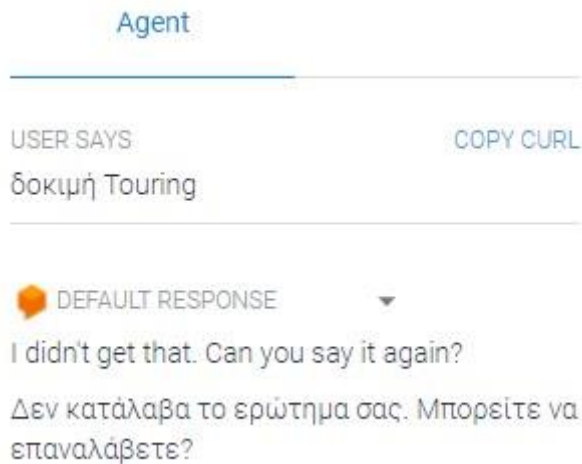


Εικόνα 36: Απάντηση σε μία μη συντακτικά ορθή πρόταση

Επίσης, το Dialogflow προσφέρει το εργαλείο *Training*, μέσω του οποίου μπορούμε να εκπαιδύσουμε περαιτέρω το chatbot και τα intents που έχουμε ήδη δημιουργήσει. Συγκεκριμένα, μπορούμε να δούμε τις πρόσφατες συνομιλίες του chatbot με τον χρήστη, και ποιες είχαν αστοχίες.

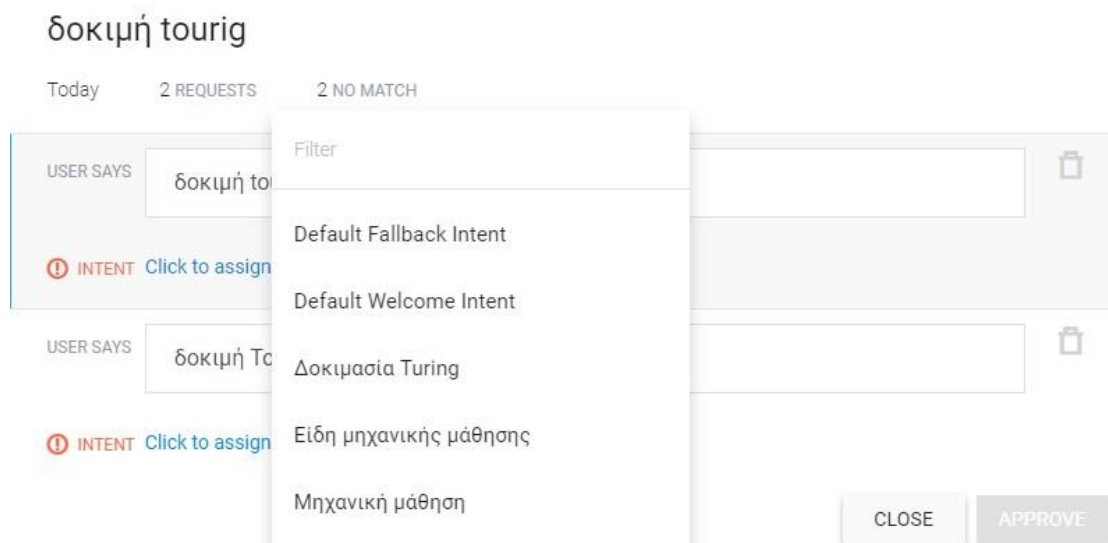
Δηλαδή, σε ποιες περιπτώσεις το chatbot δεν αναγνώρισε κάποια ερώτηση ή έδωσε λάθος απάντηση.

Μεταβαίνουμε σε αυτές τις συνομιλίες, και συνδέουμε τις φράσεις που είχαν αστοχίες με υπάρχοντα intents ή δημιουργούμε νέα. Για παράδειγμα, στο chatbot που δημιουργήσαμε, όταν ο χρήστης γράψει τη φράση "δοκιμή Turing" το σύστημα δεν κατάφερε να δώσει την απάντηση, λόγω ελλিপών δεδομένων όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 37: Η default απάντηση σε περίπτωση αστοχίας

Μεταβαίνοντας στο εργαλείο Training, εντοπίζουμε τη συγκεκριμένη φράση, και την αντιστοιχίζουμε με το intent *Δοκιμασία Turing* όπως φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 38: Αντιστοίχιση της φράσης με το intent "Δοκιμασία Turing"

Την επόμενη φορά που ο χρήστης θα γράψει την συγκεκριμένη φράση, το chatbot θα επιστρέψει την κατάλληλη απάντηση, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 39: Το Chatbot επιστρέφει την σωστή απάντηση

## Integration

Η πλατφόρμα της Google δίνει την δυνατότητα της ενσωμάτωσης (*integration*) του chatbot σε οποιοδήποτε website, καθώς επίσης και σε μία σειρά δημοφιλών εφαρμογών όπως το Facebook messenger, Skype, Twitter, Viber.

Υπάρχουν επίσης διαθέσιμα SDK's ( software development kit) για Android, iOS, HTML, JavaScript, PHP, Node.js, C++, Python, Java.

Για το σκοπό της εργασίας το chatbot που δημιουργήσαμε επιλέξαμε το να το εφαρμόσουμε σε μία ιστοσελίδα.

Η ενσωμάτωση του γίνεται χρησιμοποιώντας τη διασύνδεση *web demo*, και ενσωματώνοντας τον κώδικα που παράγει το Dialogflow στην ιστοσελίδα που θέλουμε, όπως απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα:



```
<iframe
  allow="microphone;"
  width="350"
  height="430"
  src="https://console.dialogflow.com/api-client/demo/embedded/cd0c94ac-a471-49d1-b19f-7b7cecad4333">
</iframe>
```

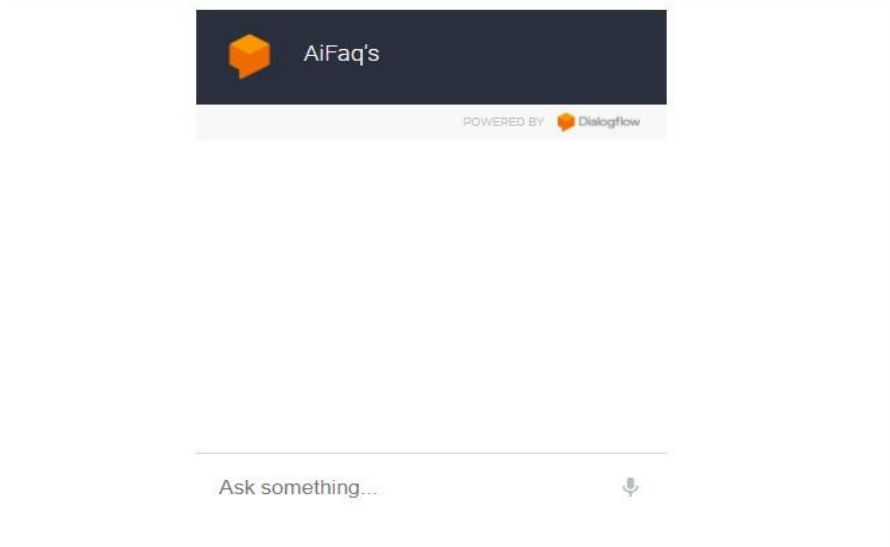
Εικόνα 40: Ο κώδικας ενσωμάτωσης του Chatbot στην ιστοσελίδα

Για την δημιουργία της ιστοσελίδας προκειμένου να δοκιμαστεί το chatbot, χρησιμοποιήθηκε το Weebly, το οποίο είναι μία δωρεάν υπηρεσία κατασκευής και φιλοξενίας ιστοσελίδων. η αρχική οθόνη της ιστοσελίδας απεικονίζεται παρακάτω:



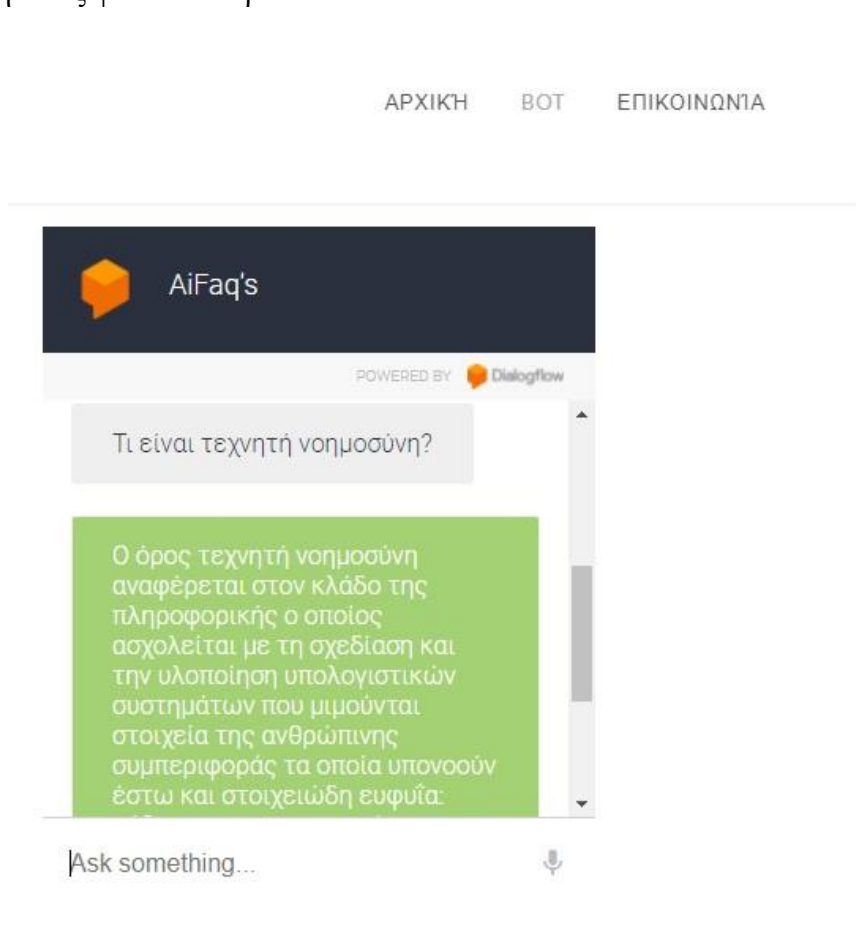
Εικόνα 41: Η αρχική οθόνη της ιστοσελίδας

Ενώ, το γραφικό περιβάλλον της διεπαφής του χρήστη με το chatbot έχει την παρακάτω μορφή:



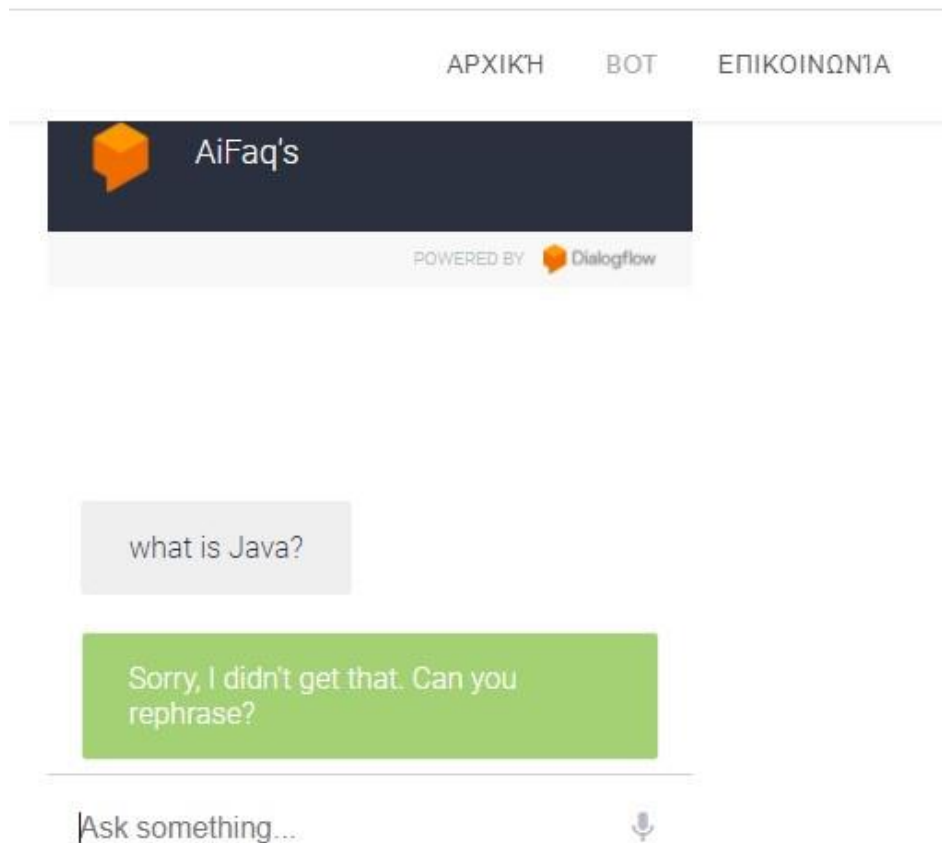
Εικόνα 42: Το γραφικό περιβάλλον της διεπαφής

Ο χρήστης μπορεί να υποβάλει κάποια ερώτηση, και εφόσον η ερώτηση γίνει κατανοητή και υπάρχει στην βάση γνώσης του chatbot, επιστρέφει την κατάλληλη απάντηση όπως φαίνεται παρακάτω:



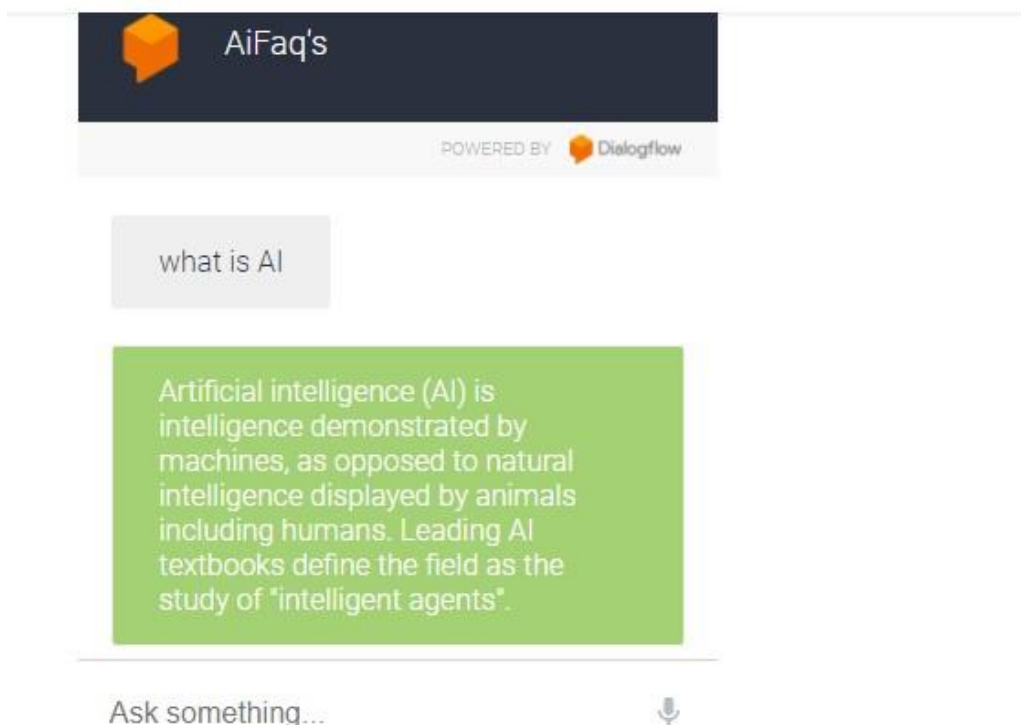
Εικόνα 43: Υποβολή ερώτησης και απάντηση

Ενώ στην αντίθετη περίπτωση θα εμφανιστεί το αντίστοιχο μήνυμα στο χρήστη:



**Εικόνα 44: Η default απάντηση σε περίπτωση αστοχίας**

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου, το chatbot υποστηρίζει την Ελληνική γλώσσα αλλά μόνο σε επίπεδο *κειμένου (text)* κατά την αλληλεπίδραση του με το χρήστη, ενώ στην Αγγλική γλώσσα υπάρχει και η δυνατότητα χρήσης φωνητικών εντολών όπως φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 45: Χρήση φωνητικής εντολής από τον χρήστη

Το chatbot είναι διαθέσιμο στο παρακάτω URL:

<https://aifaq.weebly.com>

Μεταβαίνοντας στην καρτέλα *BOT* μπορούμε να αλληλεπιδράσουμε μαζί του, θέτοντας κάποιες ερωτήσεις και να παρατηρήσουμε την απόκριση του.

### 6.3 Χρήση των Διαλογικών πρακτόρων στην Εκπαίδευση

Στον τομέα της εκπαίδευσης οι διαλογικοί πράκτορες παρουσιάζουν συνεχή άνοδο. Οι εφαρμογές που αναπτύσσονται έχουν σκοπό να βοηθήσουν τους μαθητές - φοιτητές να κατανοήσουν σε μεγαλύτερο βαθμό γνωστικά αντικείμενα στην Πληροφορική, τις Φυσικές Επιστήμες, τις ξένες γλώσσες, κτλ, κυρίως μέσω της *παιχνιδοποίησης* ( *gamification*) κάνοντας τη μάθηση πιο ελκυστική και ενδιαφέρουσα.

Χρησιμοποιώντας τεχνολογίες μηχανικής μάθησης και επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, προσαρμόζουν το βαθμό δυσκολίας των ερωτήσεων ανάλογα με το γνωστικό επίπεδο του χρήστη.

Σύμφωνα με την επιστημονική δημοσίευση Engaging High School Students Using Chatbots [82] οι μαθητές βρίσκουν ελκυστική την χρησιμοποίηση chatbots στην εκπαιδευτική διαδικασία προκαλώντας το ενδιαφέρον τους και την ενεργητικότερη συμμετοχή τους.

Η χρήση των chatbots στην εκπαιδευτική διαδικασία προσφέρει μία σειρά από πλεονεκτήματα, όπως:

- η μάθηση είναι διαδραστική και φιλική προς τα λάθη: Τα chatbots προσφέρουν ακριβή και άμεσα σχόλια στους μαθητές σχετικά με την απόδοσή τους. Μειώνει το άγχος τους και διασφαλίζει ότι δεν αποθαρρύνονται από τα λάθη τους.
- η μάθηση είναι προσωποποιημένη και προσαρμόσιμη: ο ρυθμός με τον οποίον οι μαθητές κατανοούν τις πληροφορίες, διαφέρει. Τα chatbots είναι σχεδιασμένα να εκτιμούν το επίπεδο των μαθητών και να δημιουργούν εξατομικευμένο περιεχόμενο.
- η μάθηση είναι ευέλικτη: Η διάρκεια, η ροή, και η συχνότητα αλληλεπιδράσεων του μαθητή με το chatbot εναπόκειται στον πλήρη έλεγχο του μαθητή.

Βέβαια, τα chatbots χρησιμεύουν για να συμπληρώσουν το έργο του Εκπαιδευτικού, δεν μπορούν να υποκαταστήσουν τη φύση της δυναμικής Εκπαιδευτικού - μαθητή, γιατί μία αποτελεσματική παιδαγωγική απαιτεί την αλληλεπίδραση Εκπαιδευτικού - μαθητή.

Ωστόσο, η χρήση τους ως συμπληρωματικό εργαλείο στην εκπαιδευτική διαδικασία προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα.

## Συμπεράσματα

---

Τα τελευταία χρόνια στον τομέα της ΤΝ υπήρξαν πολλές και σημαντικές εξελίξεις. Εφαρμογές όπως η επεξεργασία φυσικής γλώσσας, η μηχανική όραση, η ρομποτική, τα συστήματα ευφύων πρακτόρων, αποτελούν εντυπωσιακά επιτεύγματα της ΤΝ (που σχετίζονται κυρίως με το γνωστικό πεδίο της μηχανικής μάθησης και των βαθιών νευρωνικών δικτύων).

Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη εφαρμογών όπως, προγραμμάτων που εντοπίζουν χρήση κλεμμένων πιστωτικών καρτών, συστήματα που μαθαίνουν τις προτιμήσεις των χρηστών, συστήματα εξαγωγής συναισθήματος από κείμενα, και αυτόνομα οχήματα που κινούνται σε δημόσιους δρόμους.

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα και ειδικά τα βαθιά νευρωνικά δίκτυα αποτελούν πεδίο έντονης ερευνητικής δραστηριότητας, και είναι υπεύθυνα για την ανάπτυξη εφαρμογών όπως η κατανόηση ομιλίας, αυτόματη μετάφραση, μηχανική όραση, διάγνωση ασθενειών, video games κ.α.

Ο τομέας της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, άλλαξε τον τρόπο αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή. Η επικοινωνία με ένα υπολογιστικό σύστημα μιλώντας την φυσική μας γλώσσα είναι από τα δημοφιλέστερα πεδία έρευνας της ΤΝ,

προσφέροντας μία σειρά δημοφιλών εφαρμογών όπως η αναγνώριση ομιλίας, αυτόματη μετάφραση, παραγωγή προφορικού - γραπτού λόγου, κτλ.

Οι ευφυείς πράκτορες χρησιμοποιώντας τεχνικές από όλους τους προηγούμενους κλάδους, αποτελούν από τους πιο πρόσφατους και με μεγάλο ενδιαφέρον κλάδους της TN.

Η χρήση τους σε εφαρμογές όπως η παροχή υπηρεσιών βοήθειας οργάνωση του ημερήσιου προγράμματος ενός χρήστη, η αναζήτηση πληροφοριών στο διαδίκτυο, η αυτοματοποίηση ενεργειών σε εργοστασιακές μονάδες, κτλ, αυξάνεται διαρκώς, ενώ ήδη συστήματα όπως το Siri, Google Assistant, Cortana, Alexa, αλλάζουν την μορφή διασύνδεσης χρήστη - λογισμικού.

Τα τελευταία χρόνια οι Διαλογικοί πράκτορες, μία υποκατηγορία των ευφύων πρακτόρων, άρχισαν να αξιοποιούνται και στην εκπαίδευση, ως ένα συμπληρωματικό και ελκυστικό εργαλείο διδασκαλίας, ακολουθώντας παράλληλα στην διεθνή τάση του αυξημένου ενδιαφέροντος για την εξ αποστάσεως εκπαίδευση.

Καθημερινά πλέον χρησιμοποιούμε εφαρμογές που κάνουν χρήση ευφύων μηχανισμών, όπως αυτές που αναφέρθηκαν αλλά και άλλες, όπως μηχανές αναζήτησης στο διαδίκτυο, φίλτρα περιορισμού ανεπιθύμητης αλληλογραφίας, προσωποποιημένες προτάσεις για μουσική, ταινίες, αγορές προϊόντων, κτλ.

Επίσης υπάρχουν ήδη αυτοκινούμενα οχήματα που κινούνται σε πραγματικές συνθήκες κίνησης, συστήματα που κάνουν ιατρικές διαγνώσεις σε ακτινογραφίες, συστήματα που ελέγχουν την κυκλοφορία των αυτοκινήτων, καθώς και την εναέρια κυκλοφορία αεροσκαφών.

Επιπλέον, όλες οι μεγάλες εταιρείες λογισμικού έχουν μπει στο χώρο της TN.

Η Microsoft έχει αναπτύξει την πλατφόρμα Azure, η Oracle προσφέρει υπηρεσίες νέφους εφαρμογών TN, η IBM με την πλατφόρμα Watson, η Amazon με το Amazon Web Services (AWS), και φυσικά η Google με μία σειρά εφαρμογών TN όπως για παράδειγμα το Tensorflow.

Η λεγόμενη 4η βιομηχανική επανάσταση έχει ήδη αρχίσει. Η TN θέτει συνεχώς υψηλότερους στόχους.

Πέρα από την έρευνα, η TN έχει στρέψει το ενδιαφέρον της στην αντιμετώπιση καθημερινών προβλημάτων και σε περισσότερο χρήσιμες κατευθύνσεις που αφορούν εκατομμύρια ανθρώπους.

Όλα αυτά συμβάλλουν στην βελτίωση της καθημερινότητας, και δημιουργούν τις προϋποθέσεις για μία καλύτερη ποιότητα ζωής, έχοντας ισχυρό κοινωνικό αντίκτυπο στη ζωή των ανθρώπων.

## Προτάσεις μελλοντικής επέκτασης

---

Προτάσεις μελλοντικής επέκτασης της παρούσας εργασίας θα μπορούσαν να είναι:

- Προσθήκη περισσότερων intents, ώστε να καλυφθούν και άλλοι τομείς της ΤΝ, όπως για παράδειγμα αλγόριθμοι αναζήτησης, γενετικοί αλγόριθμοι, αβεβαιότητα – ασάφεια, κτλ.
- Ενσωμάτωση του Chatbot και σε άλλες πλατφόρμες όπως, Viber, messenger, Skype.
- Την ενσωμάτωση του Chatbot σε μια πλατφόρμα διαχείρισης ηλεκτρονικών μαθημάτων, όπως το Moodle. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να ενσωματωθεί σε ένα εισαγωγικό προπτυχιακό μάθημα για την ΤΝ, δίνοντας την δυνατότητα στους φοιτητές να έχουν πρόσβαση σε διαδραστικό περιεχόμενο σχετικό με την ΤΝ.

### 3. Βιβλιογραφία

---

- [1] B. a. Feigenbaum, The handbook of Artificial Intelligence, Vols. I,II &III, William Kaufmann, 1981.
- [2] Ε. Κεραυνού, Τεχνητή Νοημοσύνη, Πάτρα: ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ, 2000.
- [3] « <https://dictionary.cambridge.org/>,» [Ηλεκτρονικό].
- [4] A. Coleman, A dictionary of psychology (3η έκδοση), Oxford Press, 2008.
- [5] J. Haugeland, Artificial Intelligence: The very idea,, MIT Press, 1989.
- [6] P. h. Winston, Artificial Intelligence (Third Ed), Massachusetts: Addison - Wesley, 1992.
- [7] E. a. K. K. Rich, Artificial Intelligence (Second Ed), New York: McGraw-Hi, 1991.
- [8] G. Luger, 8. Artificial Intelligence: Structure's and Strategies for Complex Problem Solving,6th edition, Pearson, 2008.
- [9] A. Turing, «Computing Machinery and Intelligence,» Mind, 1950, pp. 59,433-460.
- [10] Π. Κ. Ν. Β. Φ. Κ. Η. Σ. Ι. Βλαχάβας, Τεχνητή Νοημοσύνη, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας, Δ' έκδοση, 2020.
- [11] [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.zdnet.com/article/computer-chatbot-eugene-goostman-passes-the-turing-test/>.
- [12] J. Searl, « The Turing Test: Verbal Behavior as the Hallmark of Intelligence A Bradford Book.,» Αμερική, MIT Press, 2004, p. pp. 336.
- [13] K. Gödel, «Manushefte fur Mathematic und Physis,» σε *Uber formal unentsvheidbare soltze der Principia mathematica und verwandter systeme I*, 1931, pp. 38,173-198.
- [14] W. S. P. W. McCulloch, σε *A logical calculus of ideas imament in nervous activity. Bulletin of Mathematical Biophysics*, 1943, pp. 5,115-133 .
- [15] [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.eetn.gr/>.
- [16] A. S. I. .. J.F. Bonnefon, «The social dilemma of autonomous vehicles,» *American Assosiation for the Advancement of Science*, :vol 35, 24 June 2016.
- [17] [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.privacy-regulation.eu/el/22.htm>.
- [18] S. N. P. Russell, Τεχνητή Νοημοσύνη, Μια σύγχρονη προσέγγιση 2η Αμερικανική έκδοση, Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2005.
- [19] Κ. Γεωργούλη, Τεχνητή Νοημοσύνη, ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΩΝ [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr).
- [20] Νίκος Βασιλειάδης, Υπολογιστική λογική και λογικός προγραμματισμός. Λογική: Εισαγωγή στη προτασιακή λογική, , έκδοση 1.0, Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση <http://eclass.auth.gr/courses/OCR5163>, 2014.
- [21] [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://wordnet.princeton.edu>.



- [22] « wikipedia.org,» [Ηλεκτρονικό]. Available: [https://el.wikipedia.org/wiki/Φρανκ\\_Ρόζενμπλαττ](https://el.wikipedia.org/wiki/Φρανκ_Ρόζενμπλαττ).
- [23] «wikipedia.org,» [Ηλεκτρονικό]. Available: [https://el.wikipedia.org/wiki/Arthur\\_Samuel](https://el.wikipedia.org/wiki/Arthur_Samuel).
- [24] I. M. Mitchell, Machine learning, McGraw-Hill Higher Education, 1997.
- [25] «wikipedia.org,» [Ηλεκτρονικό]. Available: [https://el.wikipedia.org/wiki/MNIST\\_database](https://el.wikipedia.org/wiki/MNIST_database).
- [26] University of Helsinki, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://helsinki.fi/en>.
- [27] T. I. a. A. S. R. Agrawal, «Mining association rules between sets of items in large databases,» σε *Proceedings of the 1993 ACM SIGMOD international conference on Management of data - SIGMOD '93*, 1993.
- [28] Ε. Κύρκος, «Επιχειρηματική ευφυΐα και Εξόρυξη Δεδομένων, [ηλεκτρ. βιβλ.] Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/1226>,» Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, 2015.
- [29] Κ. Ευστάθιος, «Επιχειρηματική ευφυΐα και εξόρυξη δεδομένων ηλεκτρονικό βιβλίο, διαθέσιμο στο <http://hdl.handle.net/11419/1226>,» Σύνδεσμος ελληνικών ακαδημαϊκών βιβλιοθηκών, Αθήνα, 2015.
- [30] D. J. a. J. H. Martin, Speech and Language Processing, 2nd edition, Pearson Prentice Hall ISBN 978-0-13-187321-6, 2008.
- [31] Ν. Νικόλαος, «Αυτόματη Δημιουργία Ερωτήσεων/Ασκήσεων για Εκπαιδευτικό Σύστημα Διδασκαλίας Τεχνητής Νοημοσύνης,» ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ, ΠΑΤΡΑ, 2016.
- [32] B. Schermer, «Sostware agents, surveillance, and the right to privacy: A legislative framework for agent - enabled surveillance.,» pp. ee 140, 205 - 244, 2007.
- [33] S. G. Franklin, « Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents,» *Intelligent Agents III Agent Theories, Architectures, and Languages*, 1996.
- [34] 3M. Wooldrige, An introduction to MultiAgent systems, Second edition, John Wiley & sons, 2009.
- [35] K. S. a. M. W. N. Jennings, «A roadmap of Agent research and development,» *Autonomous Agents and Multi Agents Systems, Vol 1*, pp. ee 7-38, 1998.
- [36] S. Haag, Management Information Systems for the Information Ag, 2006.
- [37] S. Urli, Z. Yu, L. Seinturier και M. Monperrus, «How to design a program repair bot? Insights from the Repairator Project,» σε *Proceedings of the 40th International Conference on Software Engineering Software Engineering* , Prague, 2018.
- [38] T. Kluver, From chatbots to dialog systems. In conversational agents and natural language interaction: Techniques and Effective Practices., IGI Global, 2011.
- [39] D. & D. Scevri, « A Dialog systems and their inputs,» σε *HCI International 2013\_Poster's Extended Abstracts*, Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [40] B. Z. C. K. O'Shea J., Systems Engeneering, Berlin: Springer, 2011.
- [41] J. Cassel, Embodied Conversational Agents, MIT Press, 2000.
- [42] L. & M. D. Bradensko, A survey of chatbot systems through a Loebner Prize competition, 2012.
- [43] Ν. Τσιανάκας, *Υλοποίηση Συστήματος Διαλογικών Πρακτόρων*, Πάτρα: ΕΑΠ, 2018.
- [44] H. K. Bansal, A review paper on human computer interaction.
- [45] A. P. B. V. K. K. B. P. D. T. Khanna, A study of today's A.I..
- [46] «Chatbot | Definition of chatbot in English by Lexico Dictionaries.,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.lexico.com/en/>.
- [47] B. R. N. S. S. Ranoliya, «Chatbot for university related FAQs.,» σε *2017 International Conference on*

- Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), Udupi, pp. 1525–1530, 2017.*
- [48] «Scopus - Document search,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>.
- [49] E. S. S. Go, « Humanizing chatbots: the effects of visual, identity and conversational cues on humanness perceptions,» *Comput. Hum. Behav*, pp. 97, 304–316 <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.01.020>, 2019.
- [50] P. .. J. Da Costa, «Conversing with personal digital assistants: on gender and artificial intelligence,» *Sci. Technol. Arts*, pp. 10, 59–72 <https://doi.org/10.7559/citarj.v10i3.563>, 2018.
- [51] J. Weizenbaum, ELIZA a computer program for the study of natural language communication between man and machine., <https://doi.org/10.1145/365153.365168>, 1966.
- [52] K. W. S. H. F. Colby, Artificial paranoia, *Artif. Intell* [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(71\)90002-6](https://doi.org/10.1016/0004-3702(71)90002-6), 1971.
- [53] R. I. E. R. R. G. B. Wallace, The anatomy of A.L.I.C.E, Parsing the Turing Test: Philosophical and Methodological Issues in the Quest for the Thinking Computer, Cham: Springer <https://doi.org/10.1007,2009>.
- [54] «Siri,» [Ηλεκτρονικό]. Available: . <https://www.apple.com/siri/>.
- [55] γ. ο. π. G. Google Assistant. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://assistant.google.com/>.
- [56] «What exactly is Alexa? Where does she come from? And how does she work?,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.digitaltrends.com/home/what-is-amazons-alexa-and-what-can-it-do/>.
- [57] «Personal Digital Assistant - Cortana Home Assistant – Microsoft,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.microsoft.com/en-us/cortana>.
- [58] K. C. T. Nimavat, Chatbots: an overview types, architecture, tools and future possibilities, *Int. J. Sci. Res. Dev. , 2017*.
- [59] K. R. S. J. A. C. K. I. K. S. G. D. K. L. C. D. Ramesh, «A survey of design techniques for conversational agents,» σε *Springer, Singapore, 2017*.
- [60] Y. X. C. M. Z. Wu, Sequential Matching Network: A New Architecture for Multi-turn Response Selection in Retrieval-based Chatbots, 2016.
- [61] H. C. P.-N. N. L. N. H. T. L. Hien, « Intelligent assistants in higher-education environments: the FIT-EBot, a chatbot for administrative and learning support,» σε *Proceedings of the Ninth International Symposium on Info*.
- [62] K. C. T. Nimavat, « Chatbots: an overview types, architecture, tools and future possibilities.,» *Int. J. Sci. Res. Dev*, p. 1019–1024, 5 2017.
- [63] A. G. M. D. F. I. D. S. S. A. F. A. V. M. V. T. Augello, «An overview of open-source chatbots social skills,» Springer <https://doi.org>, Cham, 2018.
- [64] A. Fern, « The Best Open Source Chatbot Platforms in 2019,» <https://blog.verloop.io/>, 2019.
- [65] P. B. A. H. G.-J. Kucherbaev, «Human-aided bots,» *IEEE Internet Comput*, pp. 22, 36–43, 2018.
- [66] P. B. A. H. G.-J. Kucherbaev, « Human-aided bots,» *IEEE Internet Comput.*, pp. 22, 36–43, 2018.
- [67] D. Nayyar, « Chatbots and the Open Source Tools You Can Use to Develop Them,» 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://opensourceforu.com/2019/01/chatbots-and-the-open-source-tools-youcan-use-to-develop-them/>.
- [68] «DialogFlow,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://dialogflow.com>.

- [69] «LUIS (language understanding) Microsoft Azure.,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://luis.ai/home>.
- [70] « wit.ai,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://wit.ai/>.
- [71] « IBM Watson,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ibm.com/watson>.
- [72] « Amazon Lex -Build conversation bots,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://aws.amazon.com/lex>.
- [73] «SAP Conversation AI,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://sai.tools.sap>.
- [74] « RASA: Open course conversational AI,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://rasa.com>.
- [75] « Botsify: Botsify - Create Automated Chatbots Online for Facebook Messenger or Website.,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://botsify.com>.
- [76] « Chatfuel.,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://chatfuel.com/>.
- [77] «AI Online Chatbot Software, Live Chat on Websites.,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://flowxo.com/>.
- [78] « Pandorabots: Home.,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://home.pandorabots.com/home.html>.
- [79] « About Chatterbot Chatterbot 1.0.2 documentation.,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://chatterbot.readthedocs.io/en/stable/>.
- [80] «dialogflow,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://dialogflow.cloud.google.com>.
- [81] « cloud.google,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://cloud.google.com>.
- [82] « Engaging high school students using Chatbots,» June 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/266657029\\_Engaging\\_high\\_school\\_students\\_using\\_Chatbots](https://www.researchgate.net/publication/266657029_Engaging_high_school_students_using_Chatbots).

