



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

Πρόγραμμα Προπτυχιακών Σπουδών
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής Και Υπολογιστών

ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΜΕ
ΧΡΗΣΗ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

ΙΩΑΝΝΑ ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ

ΑΜ:141190

Επιβλέπωντας καθηγητής: Χρήστος Τρούσσας

Αιγάλεω, Μάρτιος 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

Undergraduate program

Department of Computer and Computer Engineering

ADAPTIVE EDUCATIONAL SOFTWARE USING NEURAL
NETWORKS

JOANNA VASILEIOU

AM:141190

Supervisor: Christos Troussas

Aigaleo, Greece, March 2023

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή στις 10 Μαρτίου 2023:

Χρήστος Τρούσσας Επ. Καθηγητής	Παναγιώτα Τσελέντη ΕΔΙΠ	Ακριβή Κρούσκα Μεταδιδακτορική Ερευνήτρια

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Ιωάννα Βασιλείου του Γεωργίου, με αριθμό μητρώου 141190 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ον/μο: Ιωάννα Βασιλείου

Υπογραφή:

«Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλεπων επίκουρο καθηγητή Χρήστο Τρούσσα για την καθοδήγηση και τη δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με αυτό το θέμα εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για τη συμπαράσταση, την κατανόηση και αγάπη σε κάθε στάδιο της ζωής μου.»

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποσκοπεί να υποστηρίξει τις σύγχρονες απαιτήσεις της εκπαίδευσης, οι οποίες ζητούν τη χωροχρονική ευελιξία του μαθητευόμενου και την υποστήριξή στο διαφορετικό τρόπο μάθησης. Ένα μοντέλο που εξελίσσεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια παρέχοντας στους εκπαιδευόμενους τη δυνατότητα πλοήγησης και ανατροφοδότησης είναι τα Προσαρμοστικά Συστήματα Εκπαίδευσης (Π.Σ.Ε).

Για το σκοπό αυτό υλοποιήθηκε μια προσαρμοστική εκπαιδευτική πλατφόρμα με τη χρήση των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων (Artificial Neural Networks). Το σύστημα σε όλη τη διάρκεια αλληλεπίδρασης με τον εκπαιδευόμενο παρέχει δυναμικά τα μαθήματα του, ανάλογα με το γνωστικό προφίλ του μαθητή (Visual, Auditory, Kinesthetic, Reading and Writing).

Η εφαρμογή δόθηκε για δοκιμή σε χρήστες και τα αποτελέσματα που αναλύθηκαν απορρέουν ότι οι μαθητές είχαν θετική ανταπόκριση με τη χρήση του Προσαρμοστικού Εκπαιδευτικού Συστήματος. Εν κατακλείδι, αποτυπώνονται τα συμπεράσματά που έχουν προκύψει έτσι ώστε να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο η αποδοτικότητα και η λειτουργικότητά του στον χώρο της εκπαίδευσης.

Λέξεις – Κλειδιά

Πληροφορική και Εκπαίδευση, Στυλ Μάθησης, Βιολογικός Νευρώνας, Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, Τεχνητός Νευρώνας, Αρχιτεκτονική Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων, Εκπαιδευτικό Λογισμικό, Ηλεκτρονική Μάθηση, Προσαρμοστικότητα, Προσαρμοστικά Εκπαιδευτικά συστήματα

Abstract

This thesis aims to support the modern requirements of education, which ask for the spatio-temporal flexibility of the learner and the support for the different way of learning. A model that has been evolving rapidly in recent years, providing learners with the ability to navigate and provide feedback, is Adaptive Education Systems (AES).

For this purpose, an adaptive educational platform was implemented using Artificial Neural Networks. Throughout the interaction with the learner, the system dynamically provides its lessons, depending on the learner's cognitive profile (Visual, Auditory, Kinesthetic, Reading and Writing).

The application was given for testing to users and the results analyzed, it follows that the students had a positive response with the use of the Adaptive Education System. In conclusion, the conclusions that have emerged are captured in order to further improve their efficiency and functionality in the field of education.

Words– Keys

Computer Science and Education, Learning Style, Biological Neuron, Artificial Neural Networks, Artificial Neuron, Artificial Neural Network Architecture, Educational Software, E-Learning, Adaptability, Adaptive Educational Systems

Περιεχόμενα

Περίληψη	12
Abstract	13
Περιεχόμενα	15
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	17
Κατάλογος Πινάκων	19
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια	20
1. Εισαγωγή	22
1.1 Δομή Εργασίας	23
2. Θεωρητικό Υπόβαθρο	24
2.1 Ιστορική Αναδρομή της Πληροφορικής στην Εκπαίδευση	24
2.2 Ηλεκτρονική Μάθηση	25
2.3 Προσαρμοστικά Συστήματα Εκπαίδευσης	27
2.3.1 Είδη Προσαρμοστικών Εκπαιδευτικών Συστημάτων	27
2.4 Εικονικά περιβάλλοντα μάθησης	30
2.5 Θεωρητικά μοντέλα Μαθησιακού Στυλ	30
2.6 Στυλ Μάθησης & Διαδικτυακή Συμμετοχή	31
3. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας	33
4. Νευρωνικά Δίκτυα	36
4.1 Ιστορική Αναδρομή	36
4.2 Βιολογικά Νευρωνικά Δίκτυα	38
4.2.1 Ο Νευρώνας	39
4.2.2 Ανατομία του Νευρώνα	40
4.2.3 Η Λειτουργία του Νευρώνα	42
4.3 Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα	44
4.3.1 Το Μοντέλο του Τεχνητού Νευρώνα	45
4.3.2 Αρχιτεκτονική Νευρωνικών Δικτύων	46
4.3.3 Διαδικασίες Μάθησης Νευρωνικού Δικτύου	50
4.3.4 Πλεονεκτήματα Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων	52
5. Σχεδίαση & Ανάλυση Εκπαιδευτικού Λογισμικού	54
5.1 Περιγραφή	54
5.2 Παρουσίαση της βάσης δεδομένων του συστήματος	54
5.3 Τεχνολογίες & Προγράμματα	55
5.3.1 Front-end	55
5.3.2 Back-end	56
5.4 Τρόπος Λειτουργίας της Διαδικτυακής Εφαρμογής	60
6. Παραδείγματα Χρήσης Νευρωνικού δικτύου	65
6.1 Αξιολόγηση	67

Συμπεράσματα	70
Βιβλιογραφία	71
Ελληνική	71
Ξενογλώσση	72

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 2-1 Το μοντέλο VARK

Εικόνα 4-1 Frank Rosenblatt ο εφευρέτης του perceptron και σχεδιαστής του νευροϋπολογιστή Mark I Perceptron.

Εικόνα 4-2 Το νευρικό κύτταρο σώμα, νευράξονας και δενδρίτες.

Εικόνα 4-3 Ανατομία νευρικού κυττάρου.

Εικόνα 4-4 Δημιουργία δυναμικού ενέργειας στη μεμβράνη του νευράξονα.

Εικόνα 4-5 Αρχιτεκτονική Τεχνητών Νευρικών Δικτύων.

Εικόνα 4-6 Τεχνητός Νευρώνας.

Εικόνα 5-1 Διάγραμμα βάσεις δεδομένων.

Εικόνα 5-2 Ο src φάκελος της εφαρμογής.

Εικόνα 5-3 Το αρχείο index.tsx της εφαρμογής.

Εικόνα 5-4 Οι σελίδες της εφαρμογής.

Εικόνα 5-5 Ο src φάκελος του API.

Εικόνα 5-6 Οι φάκελοι users, auth.

Εικόνα 5-7 Είσοδος λογαριασμού (Login page).

Εικόνα 5-8 Εγγραφή χρήστη (Login page).

Εικόνα 5-9 Σχετικά (About page).

Εικόνα 5-10 Εκδηλώσεις (Events page).

Εικόνα 5-11 Αρχική (Home page).

Εικόνα 5-12 Μαθήματα (Lessons page).

Εικόνα 5-13 Η σελίδα μετά την επιλογή ενός μαθήματος (Lesson page).

Εικόνα 5-14 Οι φίλοι του χρήστη (Friends page).

Εικόνα 5-15 Επεξεργασία στοιχείων χρήστη (Profile page).

Σχήμα 4-1 Νευρωνικό Δίκτυο Πρόσθιας τροφοδότησης ενός επιπέδου.

Σχήμα 4-2 Πολυεπίπεδη Αρχιτεκτονική Πρόσθιας Τροφοδότησης Νευρωνικού Δικτύου.

Σχήμα 4-3 Επαναλαμβανόμενο δίκτυο με ανατροφοδότηση χωρίς τον εαυτό του.

Σχήμα 4-4 Επαναλαμβανόμενο δίκτυο με ανατροφοδότηση και κρυφούς νευρώνες.

Σχήμα 4-5 Εποπτευόμενη μάθηση (supervised learning).

Σχήμα 4-6 Μη επιβλεπόμενη μάθηση (unsupervised learning).

Σχήμα 4-7 Μάθηση με ενίσχυση.

Σχήμα 5-1 Αρχιτεκτονική ΤΝΔ.

Κατάλογος Πινάκων

Γράφημα 1-1 Η αύξηση της ηλεκτρονικής μάθησης ανά χρονολογία.

Πίνακας 3-1 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας με ΤΝΔ στην εκπαίδευση.

Πίνακας 5-1 Πίνακας Inputs/Outputs του ΤΝΔ.

Γράφημα 6-1 Αποτελέσματα μαθησιακού στυλ της Γεωργίας.

Γράφημα 6-2 Αποτελέσματα μαθησιακού στυλ του Άγγελου.

Γράφημα 6-3 Αποτελέσματα μαθησιακού στυλ της Μαργαρίτας.

Γράφημα 6-4 Αποτελέσματα αξιολόγησης στη χρησιμότητα του συστήματος.

Γράφημα 6-5 Αποτελέσματα αξιολόγησης στην ευκολία χρήσης του συστήματος.

Γράφημα 6-6 Αποτελέσματα αξιολόγησης στην ευκολία εκμάθησης του συστήματος.

Γράφημα 6-7 Αποτελέσματα αξιολόγησης ως προς την ικανοποίηση του συστήματος.

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΔΕ	Διπλωματική Εργασία
ΠΑΔΑ	Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
ΠΣ	Πρόγραμμα Σπουδών
ΤΠΕ	Τεχνολογίες Πληροφορικής & Επικοινωνιών
ΠΣΕ	Προσαρμοστικό Σύστημα Εκπαίδευσης
ΕΣΔ	Ευφυή Σύστημα Εκπαίδευσης
ΠΣΥΕ	Προσαρμοστικά Συστήματα Υπερμέσων Εκπαίδευσης
ΑΕΠΠ	Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον
AWIES	Adaptive Web-based and Intelligent Educational Systems
ΝΔ	Νευρωνικά Δίκτυα
ΤΝΔ	Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα
ΤΝ	Τεχνητός Νευρώνας
ΚΝΣ	Κεντρικό Νευρικό Σύστημα
ΠΝΣ	Περιφερικό Νευρικό Σύστημα
RNA	Ριβονουκλεϊκού Οξέος
NA	Νάτριο
Cl-	Χλωρίου
K+	Καλίου
EPSP	Excitatory postsynaptic potential

IPSP	Inhibitory postsynaptic potential
CMS	Course Management System
LMS	Learning Management System
VLE	Virtual Learning Environment
ANN	Artificial Neural Network
ITS	Intelligent Tutorial System
AHS	Adaptive Hypermedia System

1. Εισαγωγή

Η εξέλιξη των Τεχνολογιών Πληροφορικής & Επικοινωνιών έχει διαμορφώσει μία νέα πραγματικότητα για την εκπαίδευση του 21ου αιώνα, αλλάζοντας την πρόσβαση των ανθρώπων στη γνώση. Η ηλεκτρονική μάθηση βρίσκεται, διεθνώς, στο κέντρο των σχεδιασμών και της πολιτικής των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, σχολείων, πανεπιστημίων και των φορέων δια βίου μάθησης και κατάρτισης. Βασίζεται στις ψηφιακές τεχνολογίες υιοθετώντας, σε μεγάλο βαθμό, την επικοινωνιακή εκπαιδευτική φιλοσοφία του (*Jonassen, 2000*).

Κατά τη διάρκεια της κρίσης του COVID-19 η χρήση εξ αποστάσεως εκπαίδευσης έγινε υποχρεωτική για την υγεία του κοινωνικού συνόλου. Η ασθένεια COVID-19 είναι η πρώτη παγκόσμια κρίση υγείας στην εποχή της βελτιωμένης ψηφιοποίησης (*Topf και Williams, 2021*). Τα περισσότερα εκπαιδευτικά ιδρύματα περιόρισαν τα πρόσωπο με πρόσωπο, συμβατικά πρότυπα εκπαίδευσης (*UNESCO, 2020*).

Ως αποτέλεσμα, οι τοπικές κυβερνήσεις εφάρμοσαν ηλεκτρονικά συστήματα μάθησης (*e-Learning*) για να υποστηρίξουν τις εκπαιδευτικές τους δράσεις (*El Refae, 2021, Nikdel Teymori και Fardin, 2020*). Με την ιδιαίτερη ανάπτυξη της ηλεκτρονικής μάθησης, οι διδακτικές προσεγγίσεις εφαρμόστηκαν εξ αποστάσεως σε διαδικτυακές πλατφόρμες.

Κατά συνέπεια, δημιουργήθηκε η ανάγκη για λειτουργικά εκπαιδευτικά συστήματα με αντίκτυπο τη καλύτερη απόδοση σε πολλαπλούς χρήστες. Επιπλέον, τη χωροχρονική ευελιξία στην εκπαίδευση με ανθρώπους που επιθυμούν εξ αποστάσεως φοίτηση και την ενθάρρυνση των εκπαιδευόμενων για μάθηση.

Τα προβλήματα αυτά έδωσαν ώθηση στη μελέτη και εξέλιξη των Προσαρμοστικών Συστημάτων Εκπαίδευσης (Π.Σ.Ε.). Τα εν λόγω συστήματα αποτελούν μια σύγχρονη εκπαιδευτική καινοτομία έχουν ως βάση τα ευφυή συστήματα διδασκαλίας ITS (Intelligent Tutorial System), καθώς και τα προσαρμοστικά υπερμέσα AHS (Adaptive Hypermedia System).

Αυτά τα συστήματα, είναι σε θέση να αναγνωρίζουν τα διάφορα πιθανά χαρακτηριστικά των χρηστών τους, όπως είναι το γνωστικό τους επίπεδο, οι προτιμήσεις, οι ανάγκες και στη συνέχεια να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους βάσει αυτών των στοιχείων. Αυτό επιτυγχάνεται χάρη στην ανάπτυξη του μοντέλου χρήστη, στο οποίο περιλαμβάνονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες γύρω από κάθε χρήστη.

Ως εκ τούτου, καθίσταται σαφές πως αποτελούν έναν συνδυασμό των εξελίξεων της εκπαίδευσης και της εξ αποστάσεως μάθησης.

Το γεγονός αυτό αποτελεί αφορμή για τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, η οποία στοχεύει στην αποσαφήνιση των εννοιών και τη δημιουργία ενός Προσαρμοστικού Εκπαιδευτικού Συστήματος βασισμένο στο Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο. Όπου ο κάθε μαθητής θα μπορεί να εγγραφεί δίνοντας τις κατάλληλες πληροφορίες για το προφίλ του. Στη συνέχεια, το σύστημα θα καταγράφει το εκπαιδευτικό υλικό που προτίμησε ο εκπαιδευόμενος, με βάση το γνωστικό στυλ του (Audio, Visual, Practice, Reading). Παράλληλα, το σύστημα θα παρέχει στο προφίλ χρήστη τα προτεινόμενα μαθήματα ανάλογα με το μαθησιακό στυλ του.

Τέλος, προκειμένου να καταστούν πιο κατανοητά, αλλά και για να εντοπιστούν οι ενδεχόμενες αδυναμίες, έτσι ώστε να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο η αποδοτικότητα και η λειτουργικότητά τους στον χώρο της εκπαίδευσης.

1.1 Δομή Εργασίας

Για τη δημιουργία της παρούσας εργασίας δομήθηκε σε πέντε κεφάλαια.

Αρχικά, εμβαθύνουμε στο θεωρητικό υπόβαθρο, αναλύουμε έννοιες της Ηλεκτρονικής Μάθησης, τα Προσαρμοστικά Συστήματα στην Εκπαίδευση (Π.Σ.Ε) αλλά και οι συναφείς τεχνολογίες αυτών. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το Θεωρητικό Μοντέλο Μάθησης εκ των οποίων το γνωστικό στυλ του εκπαιδευόμενου. Η συγκεκριμένη θεωρία αποτελεί τη βάση της προσαρμογής του συστήματος. Έπειτα, γίνεται μία ανασκόπηση της βιβλιογραφίας με σχετικές έρευνες στην εκπαίδευση και τη χρήση αντίστοιχων συστημάτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, πραγματοποιείται επισκόπηση των βασικών λειτουργιών και το τρόπο μάθησης των βιολογικών νευρώνων του ανθρώπινου εγκεφάλου. Στη συνέχεια, αναλύουμε σε τεχνητό επίπεδο το μοντέλο του νευρώνα, την αρχιτεκτονική των ΤΝΔ, τον τρόπο εκπαίδευσης αλλά και τα πλεονεκτήματά τους. Στο επόμενο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι τεχνολογίες και τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της προσαρμοστικής εκπαιδευτικής πλατφόρμας σε συνδυασμό με το ΤΝΔ.

Στο έκτο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζεται το ερωτηματολόγιο USE. Πρόκειται για ένα εργαλείο αξιολόγησης το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση του συστήματος από τους μαθητές. Ακόμη, αναλύουμε τα αποτελέσματα από τη στατιστική ανάλυση που εκπονήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Στο τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζονται τα συμπεράσματα και προτείνονται μελλοντικές προεκτάσεις από το προσαρμοστικό σύστημα εκπαίδευσης.

2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

Σε αυτή την ενότητα, αρχικά γίνεται μία ιστορική αναδρομή για την εξέλιξη της πληροφορικής στην εκπαίδευση. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι έννοιες όπως η ηλεκτρονική μάθηση, και τα προσαρμοστικά συστήματα εκπαίδευσης.

Έπειτα, αναλύονται τα είδη των προσαρμοστικών συστημάτων εκπαίδευσης και τη διαφορετική αρχιτεκτονική τους.

Τέλος, αναφέρουμε τι είναι το θεωρητικό μοντέλο μάθησης, ποια είναι τα οφέλη και τις συχνότερες πρακτικές που χρησιμοποιούνται σε μια διαδικτυακή συμμετοχή.

2.1 Ιστορική Αναδρομή της Πληροφορικής στην Εκπαίδευση

Από την αρχή της δημιουργίας του υπολογιστή υπήρχε μία ανάγκη για εκπαίδευση. *Τη δεκαετία του 1950*, τα ενδιαφερόμενα μέρη της εποχής επικεντρώθηκαν κυρίως σε μαθηματικές μεθόδους. Ο *Howard Aiken στο πανεπιστήμιο του Harvard* ήταν ο πρώτος που προσέφερε μαθήματα υπολογιστών. Εκείνη την εποχή στο κολλέγιο, η επέκταση της εκπαίδευσης γινόταν κυρίως σε αριθμητικές εφαρμογές με τον προγραμματισμό. Ο υπολογιστής ήταν ένα εργαλείο υπολογισμού με την ονομασία και ως *διδασκτική μηχανή*.

Στις αρχές του 1960, η επιστήμη των υπολογιστικών εφαρμογών άρχισε να εμφανίζεται και σε άλλα πανεπιστήμια των ΗΠΑ ως υποκλάδος της μηχανικής και των μαθηματικών. Στα μέσα της δεκαετίας ξεκίνησε να αυξάνεται η μη αριθμητική χρήση υπολογιστών.

Την επόμενη δεκαετία 1970-1980, οι υπολογιστές παρουσιάζουν την έλευση τους στα γραφεία και αντικαθιστούν τις γραφομηχανές. Κατα συνέπεια, γεννιέται η ανάγκη για εκπαίδευση στο χώρο του γραφείου. Μεγάλο μέρος της εκπαίδευσης ασχολήθηκε με τα συστήματα που βασίζονται στον υπολογιστή. Η επιτυχία των συστημάτων οδήγησε στην προσπάθεια μαζικής ενταξης του υπολογιστή στην εκπαίδευση. Ο κύριος προσανατολισμός της εκπαίδευση ήταν η επίδειξη του προγραμματισμού και η άσκηση παρά η διδασκαλία με τη βοήθεια του υπολογιστή όπως παλαιότερα. Μαζί με τους υπολογιστές ήρθαν οι εκτυπωτές, οι εξωτερικές αποθηκευτικές μονάδες, σαρωτές και οι πρώτες ψηφιακές κάμερες. Τότε για πρώτη φορά άρχισε να χρησιμοποιείται ο όρος *Τεχνολογία Πληροφοριών - ΤΠ (Information Technology - IT)*.

Κατόπιν εμφανίστηκε το Διαδίκτυο και τα δίκτυα υπολογιστών και ένας νέος όρος εισήχθη στη γλώσσα των *ΤΠΕ* είναι η σύντμηση για τις *Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνιών*.

Το 1980-1990 δημιουργείται αλματώδης ανάπτυξη στην εξέλιξη της Πληροφορικής. Εισάγοντας την Πληροφορική ως μέσο εκπαίδευσης στο εκπαιδευτικό σύστημα τις ΗΠΑ. Το ενδιαφέρον τόσο από ερευνητές όσο και στην ανάπτυξη της βιομηχανίας και της αγοράς αυξάνεται ραγδαία. Η εξέλιξη της σχετίζεται τόσο από των σύγχρονων λογισμικών, του διαδικτύου και τη διεπαφή ανθρώπου - υπολογιστή.

Στην ελληνική εκπαίδευση εμφανίζονται οι τεχνολογίες της *Πληροφορικής και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ)* τα τελευταία 40 χρόνια. Η εισαγωγή της ΤΠΕ ξεκίνησε από τα Τεχνικά Επαγγελματικά Λύκεια και τα Πολυκλαδικά Λύκεια κατά την *περίοδο 1983-1985*. Στη συνέχεια, επεκτάθηκε στο Γυμνάσιο και Γενικό Λύκειο, με την εισαγωγή αυτόνομου μαθήματος πληροφορικής. Τέλος, εισάγεται στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, με την καθιέρωση ενός ενδεικτικού προγράμματος σπουδών και τον εξοπλισμό μέρους των σχολείων με υπολογιστές (Κόμης, 2004).

Έτσι, η Πληροφορική στην εκπαίδευση έφτασε να διδάσκεται με εξειδικευμένες γνώσεις του μαθήματος “*Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον*” στην τάξη της Γ’ Λυκείου (Π.Σ. ΑΕΠΠ, 1999). Από το 2010, εφαρμόστηκε το νέο πρόγραμμα (ΕΑΕΠ, 2010), με αναβαθμίσεις στο μάθημα της Πληροφορικής στα ελληνικά σχολεία.

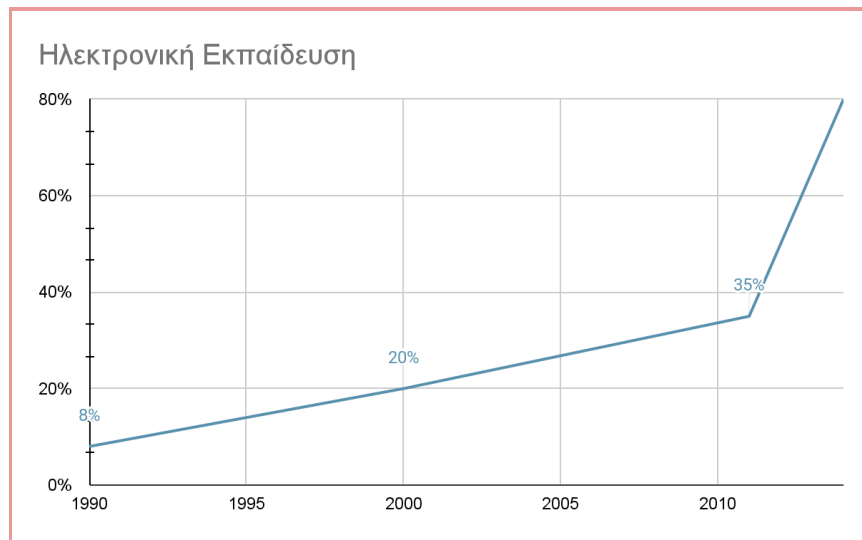
Ο 21ος αιώνας θεωρείται η εποχή της Τεχνολογίας και της Πληροφορίας. Δημιουργώντας διαφορετικούς τρόπους εκπαίδευσης όπως η σύγχρονη - ασύγχρονη ηλεκτρονική μάθηση αλλά παράλληλα και η δημιουργία προσαρμοστικών εκπαιδευτικών συστημάτων. Η εξέλιξη της Πληροφορικής συνεχίζεται με σκοπό την ενσωμάτωση του στην εκπαίδευση σε όλο το εύρος του προγράμματος σπουδών.

2.2 Ηλεκτρονική Μάθηση

Ο στόχος της *ηλεκτρονικής μάθησης* καθιστά τη βελτίωση της ποιότητας της παρεχόμενης εκπαίδευσης, την ενίσχυση στη μαθησιακή διαδικασία, των καλύτερων μαθησιακών αποτελεσμάτων από τους εκπαιδευόμενους, την παροχή αυξημένων δυνατοτήτων συμμετοχής σε εκπαιδευτικά προγράμματα και σε ευρύτερες ομάδες του πληθυσμού.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της είναι να υποστηρίζει αποτελεσματικά εκπαιδευτικές στρατηγικές που προωθούν την αλληλεπίδραση, τη συνεργασία, τη δημιουργία και την οικοδόμηση γνώσης.

Επίσης, σύμφωνα με τη Θ.Μ. Αγορίτσα και τον Δ. Βλαχόπουλο (2017) η ηλεκτρονική μάθηση συνίσταται σε ένα πολυμεσικό περιβάλλον, το οποίο περιλαμβάνει διάφορα δίκτυα πρόσβασης πληροφοριών, Σ.Δ.Μ., συνεργατική επικοινωνία, ενώ οι χρήστες έχουν τον πλήρη έλεγχο των συνθηκών της δικής τους μάθησης εγκαταλείποντας τους χρονικούς και γεωγραφικούς περιορισμούς. Ο Τζιμογιάννης το 2017 ανέφερε πως τα νέα περιβάλλοντα μάθησης υποστηρίζουν νέες μορφές εκπαιδευτικής προσέγγισης και εστιάζουν στην αλληλεπίδραση των μαθητών με τη μορφή συνεργατικών μαθησιακών δραστηριοτήτων.



Γράφημα 1: Η αύξηση της ηλεκτρονικής μάθησης ανά χρονολογία.

Συγκεκριμένα, οι Barodiya, Kushwah και Kaurav στην έρευνά τους για την ηλεκτρονική μάθηση το 2016 ισχυρίζονται ότι το 1990 ποσοστό 8% του εκπαιδευτικού συστήματος εφαρμόζει την ηλεκτρονική μάθηση, το 2000 το ποσοστό αυξήθηκε σε 20%, το 2011 κατά 35%, ενώ το 2014 έφτασε το 80% (βλ. Γράφημα 1). Επίσης, το 2014 σχετικά με τις εξ αποστάσεως εκπαίδευση σε φοιτητές στις ΗΠΑ σημειώθηκε αύξηση 3,9%. Επιπλέον, ανάμεσα στα 5,8 εκατομμύρια εξ αποστάσεως φοιτητών, τα 2,85 εκατομμύρια παρακολούθησαν όλα τα προγράμματά τους εξ αποστάσεως και τα 2,97 εκατομμύρια παρακολούθησαν ορισμένα εξ αποστάσεως προγράμματα (Allen, Seaman, Poulin, & Straut, 2016).

Σύμφωνα με τους R.Phillips, C. McNaught και G. Kennedy το 2012, το κλειδί για την επιτυχία στα μετασχηματισμένα μοντέλα ηλεκτρονικής μάθησης και διδασκαλίας είναι η διευκόλυνση της ενεργού συμμετοχής και η συνεργασία των μαθητών στην επίλυση προβλημάτων και στην παραγωγή γνώσεων.

Επίσης, με έρευνα που διεξήχθη το 2020 κατά τη διάρκεια της ασθένειας COVID-19 πρόσφερε προφανή πλεονεκτήματα η ηλεκτρονική μάθηση όπως την καινοτομία και ευελιξία στα μαθήματα. Από την άλλη πλευρά, εκπαιδευτικοί και μαθητές δήλωσαν ότι είχαν δυσκολία στην πρόσβαση τους (internet, εξοπλισμός, βοήθεια από κηδεμόνα) και κατ' επέκταση δυσκολίες στην επικοινωνία τους.

Η ηλεκτρονική μάθηση για τους Klačnja-Milićević, το 2017 γίνεται κατανοητή ως μία εκπαιδευτική φιλοσοφία, η οποία παραπέμπει σε κάτι περισσότερο από την τεχνολογία (Gill, Sherman, & Linn, 2013, αναφ. στους Ayoo & Lubega, 2014, σ. 113), δηλαδή ο αντίκτυπος της ηλεκτρονικής μάθησης δεν έγκειται απλώς στη διατήρηση μιας πλατφόρμας πολυμέσων. Περιλαμβάνει την κοινωνική δυναμική της δικτύωσης, που νοείται ως η συνενωμένη δύναμη ενός παγκόσμιου δικτύου, που είναι ικανό να συνδέει τους διδάσκοντες και τους διδασκόμενους, καθώς και να ενισχύει τη διαδραστικότητα και τη συνεργατική ανταλλαγή γνώσεων.

2.3 Προσαρμοστικά Συστήματα Εκπαίδευσης

Η *προσαρμοστικότητα* σε ένα εκπαιδευτικό σύστημα, αποσκοπεί στην υποστήριξη του μαθητή σε όλη την εκπαιδευτική διαδικασία, προσδίδοντας στο σύστημα τη δυνατότητα να προσαρμόζεται διαρκώς και δυναμικά, ανάλογα, με την εξέλιξη του εκπαιδευόμενου (Παπανικολάου, Γρηγοριάδου, 2005).

Τα εκπαιδευτικά προσαρμοστικά συστήματα παρουσιάζουν περιεχόμενο για εξατομικευμένη μάθηση και στοχεύουν στο να υποστηρίξουν τον εκπαιδευόμενο δίνοντας στο σύστημα να προσαρμόζεται ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του (μοντέλο εκπαιδευόμενου) για την πρόοδο του. (Brusilovsky, 1996, 1998, 2001)

Οι τεχνολογίες που έχουν υιοθετηθεί για την προσαρμογή στα εκπαιδευτικά συστήματα σύμφωνα από τους (Παπανικολάου & Γρηγοριάδου, 2005, Brusilovsky, 1996, 1998, 2001) είναι οι εξής:

- I. *Προσαρμοστική υποστήριξη πλοήγησης (adaptive navigation support)*
Το σύστημα διαθέτει στον εκπαιδευόμενο να εντοπίσει το πιο γρήγορο μονοπάτι για να αλληλεπίδραση στο χώρο.
- II. *Αλληλουχία μαθημάτων στο πλαίσιο του αναλυτικού προγράμματος (curriculum sequence)*
Το σύστημα παρέχει την πιο κατάλληλη ατομικά σχεδιασμένη αλληλουχία εκπαιδευτικού περιεχομένου.
- III. *Υποστήριξη στην επίλυση προβλημάτων (problem-solving support)*
Το σύστημα να παρέχει στους εκπαιδευόμενους υποστήριξη στην επίλυση εκπαιδευτικών προβλημάτων.
- IV. *Προσαρμοστική Παρουσίαση (adaptive presentation)*
Το περιεχόμενο μιας σελίδας εκπαιδευτικού υλικού προσαρμόζεται στον εκπαιδευόμενο
- V. *Προσαρμοστική υποστήριξη συνεργασίας (adaptive collaboration support)*
Το σύστημα παρέχει τη διαμόρφωση ομάδας συνεργασίας η ακόμη και την επιλογή μελών.

2.3.1 Είδη Προσαρμοστικών Εκπαιδευτικών Συστημάτων

Τα Π.Σ.Ε. βασίζονται στην ανάπτυξη διαφόρων προσαρμοστικών συστημάτων εκπαίδευσης, τα οποία διακρίνονται σε δύο είδη. Το πρώτο είδος συγκαταλέγεται στα πλαίσια των ευφυών εκπαιδευτικών συστημάτων, επιχειρώντας την επέκταση της παραδοσιακής μοντελοποίησης των χρηστών και την προσαρμογή των συστημάτων αυτών σε επίπεδο υπερμεσικών τμημάτων.

Από την άλλη πλευρά, στο δεύτερο είδος συστημάτων ανήκουν τα συστήματα των εκπαιδευτικών υπερμέσων τα οποία επιδιώκουν να προσαρμοστούν σε κάθε ανεξάρτητη περίπτωση εκπαιδευόμενου.

Τέλος, υπάρχει και μία τρίτη κατηγορία, η οποία αποτελεί έναν συνδυασμό των δύο προηγούμενων ειδών, τα προσαρμοστικά εκπαιδευτικά συστήματα Διαδικτύου (Brusilovsky & Peylo, 2003).

Ευφυή Εκπαιδευτικά Συστήματα (Intelligent Tutoring Systems)

Ένα σύστημα Ευφυών Συστημάτων Εκπαίδευσης (Intelligent Tutoring Systems) διαπιστώνει τις γνώσεις και τις ικανότητες ενός μαθητή, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο αυτός μαθαίνει έτσι ώστε να προσαρμόζει κατάλληλη τη διδασκαλία (Shute, 1995), χρησιμοποιώντας μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης για την αναπαράσταση των σχετικών πληροφοριών για τον κάθε μαθητή.

Σε αυτό το πλαίσιο, τα εν λόγω συστήματα στηρίζονται και αξιοποιούν πληθώρα εκπαιδευτικών γνώσεων και παιδαγωγικών μεθόδων (Σταμούλη, 2015).

Αναλυτικότερα, ένα σύστημα ΕΣΔ επιτρέπει την υλοποίηση της διδασκαλίας ένα προς ένα (καθηγητής - μαθητής), δηλαδή έχει την δυνατότητα να προσαρμόζεται και να εξατομικεύεται στις γνωστικές απαιτήσεις και στην πρόοδο του εκπαιδευόμενου. Το βασικό στοιχείο της δομής ενός ΕΣΔ είναι το ευφυές σύστημα το οποίο έχει αποθηκευμένη τη γνώση για ένα γνωστικό πεδίο (π.χ. προτιμήσεις, γνώσεις, πρόοδος) του εκάστοτε χρήστη, συνθέτοντας το «μοντέλο μαθητή».

Τα ΕΣΔ χρησιμοποιώντας το ευφυές σύστημα παρέχουν δυνατότητες καθοδήγησης του μαθητή κατά τη μαθησιακή διαδικασία, δημιουργώντας κι ενημερώνοντας το μαθησιακό μοντέλο. Πέρα από το ευφυές, το σύστημα περιέχει και το παιδαγωγικό κομμάτι αυτό καθορίζει παραμέτρους όπως το πότε θα υποβοηθήσει ο μαθητής καθώς και τι είδους καθοδήγηση θα του δοθεί.

Τέλος, σύμφωνα με τη Σταμούλη (2015) είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η αρχιτεκτονική των ΕΣΔ δομείται:

- I. Βάση πεδίου, όπου εμπεριέχεται το απαραίτητο εκπαιδευτικό υλικό.
- II. Το μοντέλο μαθητή, όπου καταγράφονται και διατηρούνται όλες οι πληροφορίες γύρω από κάθε χρήστη.
- III. Το παιδαγωγικό μοντέλο, που σχετίζεται με τις ποικίλες παιδαγωγικές αποφάσεις.
- IV. Διεπιφάνεια χρήστη.

Έχουν αναπτυχθεί αρκετά ΕΣΔ (Button & Brown 1982, Clancey 1982, Weber & Mollenberg 1994, Koedinger 1997). Έχουν αναπτυχθεί ΕΣΔ που χρησιμοποιούν το διαδίκτυο, όπως το ELM-ART (Brusilovsky 1996), ELM-PE (Weber & Mollenberg, 1994), το PAT oNLINE (Ritter, 1997) το οποίο είναι μια ειδική περίπτωση για το διαδίκτυο του PAT Algebra Tutor (Koedinger, 1997).

Προσαρμοστικά Συστήματα Υπερμέσων στην Εκπαίδευση (Adaptive Educational Hypermedia Systems)

Τα Προσαρμοστικά Συστήματα Υπερμέσων στην εκπαίδευση σύμφωνα με τον Brusilovsky (1996) αναπαριστούν τα χαρακτηριστικά κάθε χρήστη (εκπαιδευόμενο) σε ένα μοντέλο μαθητή (student model) και χρησιμοποιούν αυτό το μοντέλο προκειμένου να προσαρμοστεί στις ιδιαίτερες ανάγκες και προτιμήσεις του. Τα συστήματα αυτά παρέχουν στους χρήστες αρκετή ελευθερία και ευελιξία σε επίπεδο επιλογών και πλοήγησης.

Η ανάπτυξη των ΠΣΥΕ ευνοήθηκε σημαντικά μέσα από τη διάδοση του Παγκόσμιου Ιστού και την ανάπτυξη της εκπαίδευσης από απόσταση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να βασίζεται σε μεγάλο εύρος δυναμικών χρηστών και η προσαρμοστικότητα του συστήματος έχει μεγαλύτερη σημασία για να

μπορέσει ο χρήστης να χρησιμοποιήσει αποδοτικότερα την εφαρμογή χωρίς τη καθοδήγηση ενός ειδικού.

Αναλυτικότερα, σύμφωνα με τον *Brusilovsky (1996)* θέτει τρία κριτήρια για την αρχιτεκτονική που ικανοποιεί ένα Π.Σ.Υ πρέπει να είναι σύστημα υπερμέσων, να διαθέτει μοντέλο χρήστη καθώς και να προσαρμόζεται στο χρήστη χρησιμοποιώντας το μοντέλο χρήστη.

Δηλαδή, οι στόχοι ή και οι προτιμήσεις του χρήστη μπορεί να αλλάξουν και αυτό είναι κάτι που παρακολουθείται από το Π.Σ.Υ έτσι όταν απαιτείται το μοντέλο χρήστη ενημερώνεται κατάλληλα με αυτές τις αλλαγές.

Μερικά από τα Π.Σ.Υ.Ε τα οποία είναι τα εξής: ELM-ART II (*Weber & Specht, 1997*), Medtec (*Eliot, 1997*), AHM (*Pilar da Silva, 1998*), TANGOW (*Carro, 1999*), KBS-Hyperbook (*Henze, 1999*), κ.α.

Προσαρμοστικό Εκπαιδευτικό Σύστημα Διαδικτύου (Adaptive Web-Based Educational System)

Το Προσαρμοστικό Εκπαιδευτικό Σύστημα Διαδικτύου στη σύγχρονη εποχή είναι ένα διαρκώς αναπτυσσόμενο πεδίο. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή προηγμένων εφαρμογών εκπαίδευσης που θα στηρίζονται στο Διαδίκτυο και θα είναι σε θέση να παρέχουν προσαρμοστικότητα και διαδραστικότητα στους χρήστες τους (*Τσιρογιάννη, 2015, Χριστοδούλου, 2015*).

Πιο συγκεκριμένα, μία εγκατεστημένη εφαρμογή δύναται να αξιοποιηθεί από πληθώρα χρηστών - εκπαιδευομένων ανά τον κόσμο, χάρη στη συνδρομή του Διαδικτύου για τον λόγο αυτό τα συστήματα χρειάζονται προσαρμοστικότητα. Επιπλέον, πολύ συχνά ο εκάστοτε χρήστης δρα «μόνος», ενώ καλείται να συνεργαστεί με έναν «διαδικτυακό εκπαιδευτή», ο οποίος οφείλει να προσαρμόζεται στις ανάγκες και στις απαιτήσεις του χρήστη προκειμένου να μπορέσει να τον υποστηρίξει (*Τσιρογιάννη, 2015*).

Εν κατακλείδι, τα Προσαρμοστικά Ευφυή Εκπαιδευτικά Συστήματα Διαδικτύου (AWIES – Adaptive Web-based and Intelligent Educational Systems) δεν αποτελούν μία εξ ολοκλήρου νέα κατηγορία συστημάτων. Αντιθέτως, έχουν κληρονομήσει βασικά χαρακτηριστικά από τα Ευφυή Συστήματα Εκπαίδευσης (ITS), όπως επίσης και από τα Προσαρμοστικά Εκπαιδευτικά Συστήματα Υπερμέσων (AEHS). Άλλωστε, η πλειονότητα των ευφυών και προσαρμοστικών τεχνολογιών που αξιοποιούνται και εφαρμόζονται σε συστήματα AIES διαδικτύου έχουν ήδη υιοθετηθεί άμεσα από τα δύο άλλα είδη Π.Σ.Ε. Τέλος, με την πάροδο του χρόνου και με την εξέλιξη του εν λόγω είδους συστημάτων είναι πολύ πιθανό να παραχθούν και εφαρμοστούν νέες και πρωτότυπες τεχνολογίες που θα έχουν ως βάση τους το Διαδίκτυο (*Τσιρογιάννη, 2015*)

2.4 Εικονικά περιβάλλοντα μάθησης

Το λογισμικό διαχείρισης μαθημάτων (*Course Management System*), ορίζεται ως ένα σύστημα διαχείρισης μάθησης *Learning Management System (LMS)* ή ένα σύστημα εικονικής μάθησης *Virtual Learning Environment (VLE)*, ή πιο απλά ένα πακέτο λογισμικού για τη διεξαγωγή ηλεκτρονικών μαθημάτων μέσω Διαδικτύου, που προσφέρει ολοκληρωμένες υπηρεσίες Ασύγχρονης Τηλεκπαίδευσης.

Στην πλατφόρμα ηλεκτρονικής μάθησης οι εκπαιδευτικοί αναρτούν το διδακτικό τους υλικό, και οργανώνουν τα μαθήματα τους. Οι μαθητές συμμετέχουν δημιουργικά στις εργασίες τους, αξιολογούνται, ενημερώνονται και επικοινωνούν τόσο με τον εκπαιδευτή όσο και με τους συμμαθητές τους. Αυτή η εκπαιδευτική διαδικασία παρέχει ευελιξία χώρου και ασφαλής πρόσβαση.

Ορισμένα από αυτά τα περιβάλλοντα που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία και διαχείριση των online μαθημάτων είναι: Moodle, BlackBoard, Schoology, Interactyx (TOPYX), SumTotalSystems, Collaborize Classroom, Docebo, Desire2Learn, TopClass κλπ.

2.5 Θεωρητικά μοντέλα Μαθησιακού Στυλ



Ο όρος *Μαθησιακό Στυλ* χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις ατομικές διαφορές στη μάθηση. Βασίζεται στην παραδοχή ότι κάθε άτομο έχει ένα μοναδικό, διακριτό τρόπο να μαθαίνει, να συλλέγει, να επεξεργάζεται και να οργανώνει τις πληροφορίες (Felder, 1988. Jones, Reichard, & Mohhtari, 2003). Το μαθησιακό στυλ αναγνωρίζεται ως μία πολυδιάστατη έννοια σε συνάρτηση των γνωστικών διαδικασιών, της προσωπικότητας, του κοινωνικού πλαισίου και των φυσιολογικών παραμέτρων του ατόμου (American Association of School Administrators, 1991).

Η έννοια αναφέρει ότι τα άτομα διαφέρουν ως προς τον τρόπο διδασκαλίας ή τη μελέτη που είναι αποτελεσματικά για αυτά (*Pashler, McDaniel, Rohrer & Bjork, 2009*).

Ένα μοντέλο στυλ μάθησης ταξινομεί τον εκπαιδευόμενο ανάλογα με το πόσο ταιριάζει ένας αριθμός κλιμάκων που αφορούν τους τρόπους που λαμβάνουν και επεξεργάζονται μία πληροφορία. Για παράδειγμα, εάν ο μαθητής ευνοείται στην οπτική αντίληψη θα ήταν καλύτερη η μάθηση του να πραγματοποιείται με γραφήματα, εικόνες και βίντεο. Ακόμη, οι μαθητές έχουν διαφορετικές ταχύτητες μάθησης, δηλαδή, σε μία παραδοσιακή διάλεξη είναι αποτελεσματική η διδασκαλία για τους μαθητές που μαθαίνουν καλύτερα ακούγοντας. Αυτό έχει ως συνέπεια, να αποκλείουμε τα άλλα στυλ μάθησης και ορισμένοι μαθητές να έχουν αργή μάθηση, ενώ άλλοι να αδυνατούν να παρακολουθήσουν.

Όταν το μαθησιακό στυλ των διδασκόντων δε συνάδει με αυτό των διδασκόμενων, το αποτέλεσμα της διδασκαλίας και της μάθησης μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά (*Felder, 1996*). Στη βιβλιογραφία, υπάρχουν διαφορετικά μοντέλα μαθησιακών στυλ, όπως αυτά του Kramer-Koehler (*Kramer-Koehler, 1995*), ο δείκτης τύπου Myers-Briggs (*Barbuto Jr, 1997*), το μοντέλο Dunn και Dunn (*Dun, 1995*) κ.λπ.

2.6 Στυλ Μάθησης & Διαδικτυακή Συμμετοχή

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και του διαδικτύου μπορούμε να παρέχουμε στην εκπαίδευση διαφορετικές προσεγγίσεις για τους εκπαιδευόμενους, όπως είναι ο συνδυασμός της διαδικτυακής συμμετοχής τους με τα στυλ μάθησης. Σύμφωνα με τους *Pashler, McDaniel, Rohrer & Bjork to 2009*, αναφέρουν ότι η βέλτιστη μάθηση συμβαίνει όταν οι εκπαιδευτικές πρακτικές αναγνωρίζουν και επιβεβαιώνουν διαφορετικά στυλ μάθησης. Ο *Hrastinski (2009)*, διατύπωσε ότι η διαδικτυακή συμμετοχή μπορεί να έχει διαφορετικές μορφές.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι μαθητές μπορούν να έχουν πρόσβαση σε διαδικτυακούς πόρους μάθησης, αλλά σε άλλες, οι μαθητές μπορούν να συνεργαστούν για την κατασκευή γνώσεων. Διαπιστώνεται επίσης, ότι διαφορετικοί τύποι αλληλεπίδρασης θα μπορούσαν να προσφέρουν στους μαθητές διαφορετικές ευκαιρίες να παρακολουθούν και να ρυθμίζουν τη δική τους μάθηση (*Gikandi, Morrow & Davis, 2011*).

Επιπλέον, *Altinay, Asterhan & Bouton, (2017) Chen, Wang (2018)* υποστηρίζουν, πως οι μαθητές ενθαρρύνονται να εργάζονται σε ομάδες και να εμπλέκονται σε διάφορες μαθησιακές εργασίες σε μια προσπάθεια να αποκτήσουν νέα γνώση. Οι *Tao, Yeh και Sun (2006)*, συνδέουν την επικοινωνιακή πτυχή της ηλεκτρονικής μάθησης με τα μαθησιακά στυλ των εκπαιδευόμενων. Συγκεκριμένα, οι παραπάνω ερευνητές υποστηρίζουν ότι διευκολύνει την υψηλή αλληλεπίδραση και το επίπεδο συνεργασίας μεταξύ των εκπαιδευτών ή μεταξύ των εκπαιδευτών και των μαθητευόμενων σε σύγκριση με τα παραδοσιακά περιβάλλοντα μάθησης.

Σύμφωνα, με την έρευνα *Τρούσας Χρ., Γιαννακάς Φ., Σγουροπούλου Κλ. & Βογιατζής Ι. (2020)*, υποστηρίζουν πως η συμμετοχή σε κατάλληλες δραστηριότητες με βάση τα μαθησιακά στυλ του μαθητή μπορεί να καταστήσει επαρκώς τις γνωστικές του ανάγκες και προτιμήσεις.

Για παράδειγμα, ένας μαθητής μπορεί να συνίσταται να συμμετέχει σε δραστηριότητες όπως στα πρακτικά εργαστήρια ή τα παιχνίδια ρόλων σύμφωνα με το προφίλ του και αυτο να ενδυναμώνει την απόκτηση γνώσεων.

Οι *Oliver και Herrington το 2001* εντόπισαν τέσσερις κοινές μορφές διαδικτυακής συμμετοχής:

- I. *Πρόσβαση στις πληροφορίες*: οι μαθητές χρησιμοποιούν την τεχνολογία για να αποκτήσουν πρόσβαση σε μαθησιακούς πόρους (π.χ. σημειώσεις διαλέξεων).
- II. *Διαδραστική μάθηση*: οι μαθητές ασχολούνται με διαδραστικά στοιχεία μάθησης (π.χ. διαδικτυακές ασκήσεις).
- III. *Δικτυακή μάθηση*: Οι μαθητές χρησιμοποιούν την τεχνολογία για να διευκολύνουν την επικοινωνία και τη συνεργασία με καθηγητές και συμμαθητές (π.χ. μέσω διαδικτυακών φόρουμ συζήτησης και wiki).
- IV. *Ανάπτυξη υλικών*: Οι μαθητές χρησιμοποιούν την τεχνολογία ως εργαλείο εύρεσης πληροφοριών για να δημιουργήσουν και να παρουσιάσουν τα δικά τους αντικείμενα (π.χ. παρουσιάσεις πολυμέσων) ως απάντηση στις απαιτήσεις της εργασίας / του μαθήματος.

3. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Σε αυτό το κεφάλαιο θα προσεγγίσουμε τη βιβλιογραφία που βασίζεται στην εκπαίδευση και στα ΤΝΔ. Αρχικά, στο πλαίσιο της εκπαίδευσης οι περισσότερες έρευνες αναλύουν το προφίλ του μαθητή προκειμένου να εξάγουν υποδείξεις από αυτό και να δημιουργήσουν απλούς κανόνες για τον εντοπισμό του μαθησιακού στυλ. Οι πιο γνωστές μελέτες που βασίζονται σε μεθόδους στη βιβλιογραφία βρίσκονται στο *Dung & Florea, S. Graf, Sabine Graf, Latham, και Rami κ.α.*

Οι έρευνες που βασίζονται σε δεδομένα εκμεταλλεύονται διαφορετικούς αλγόριθμους ταξινόμησης όπως τα δίκτυα Naive Bayes, τα Support Vector Machines (SVM), οι πλησιέστεροι γείτονες, τα δέντρα απόφασης, οι μηχανές υποστήριξης διανυσμάτων, η τεχνητή νοημοσύνη κ.λπ. Στο πλαίσιο της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI), υπάρχουν επίσης διάφορες τεχνικές, όπως αυτές του Νευρωνικού Δικτύου (NN), της Θεωρίας Ακατέργαστων Συνόλων (RST) και τους Γενετικούς Αλγόριθμους (genetic algorithms) κ.λπ.

Επίσης, υπάρχουν διάφορες μέθοδοι λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων, όπως το Simply Additive Weighting (SAW), το Weighted Sum Model (WSM) κλπ.

Οι μέθοδοι στοχεύουν να επισημάνουν ορισμένα χαρακτηριστικά από τα ίχνη των μαθητών και στη συνέχεια να συλλάβουν ταξινομητές με βάση αυτά τα εξαγόμενα δεδομένα. Θα επικεντρωθούμε σε μελέτες που βασίζονται σε νευρωνικά δίκτυα. Το νευρωνικό δίκτυο είναι ένας αλγόριθμος μηχανικής μάθησης που εμπνέεται από την έννοια των νευρώνων και τις μαθησιακές ικανότητες του ανθρώπινου εγκεφάλου. Τα νευρωνικά δίκτυα έχουν υιοθετηθεί από πολλούς ερευνητές για τον εντοπισμό του στυλ μάθησης.

Μερικές από τις πρόσφατες εργασίες που έχουν γίνει σε αυτόν τον τομέα συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Τίτλος έρευνας	Περιγραφή
Σύσταση των συνεργατικών δραστηριοτήτων με βάση τα στυλ μάθησης των μαθητών χρησιμοποιώντας ANN και WSM, Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής από τους καθηγητές Χρ. Τρούσσας, Φ. Γιαννακάς, Κλ. Σγουροπούλου και Ι. Βογιατζή. (2019)	Ο στόχος αυτής της έρευνας είναι να παρουσιάσει ένα νέο έξυπνο πλαίσιο συστάσεων, για συνεργατική μάθηση, επιτρέποντας τεχνικές ML που βασίζονται στα συνεργατικά στυλ μάθησης των μαθητών. Συγκεκριμένα, το πλαίσιο μας συνδυάζει τη σταθμισμένη μέθοδο ANN και WSM με πολλαπλά κριτήρια. Ο πληθυσμός αυτής της μελέτης περιελάμβανε 80 προπτυχιακούς φοιτητές επιστήμης υπολογιστών που διδάσκονταν το υποχρεωτικό μάθημα «Java», 40 από τους οποίους (Ομάδα Α) χρησιμοποίησαν το σύστημά μας και οι υπόλοιποι 40 (Ομάδα Β), χρησιμοποιούσαν τη συμβατική έκδοση. Η κατάτμηση των μαθητών στα παραπάνω στυλ μάθησης έγινε με τη χρήση ερωτηματολογίων, όπως παρουσιάζονται από την εργασία των Gardner και Korth

	(1998). Τα αποτελέσματα των μαθητών έδειξαν ότι βελτιώνονται σημαντικά με τη χρήση του συστήματος.
Αναγνωριστικό στυλ μάθησης: Βελτίωση της ακρίβειας της αναγνώρισης του στυλ μάθησης μέσω υπολογιστικής Intelligence Algorithms, Bernard, J., Chang, T. W., Popescu, E., & Graf, S. (2017)	Αυτή η εργασία παρουσίασε τέσσερις αυτόματες προσεγγίσεις για τον προσδιορισμό των στυλ μάθησης από τη συμπεριφορά των μαθητών σε συστήματα διαχείρισης μάθησης, χρησιμοποιώντας τέσσερις αλγόριθμους υπολογιστικής νοημοσύνης (CI), συγκεκριμένα ένα ΤΝΔ, Γενετική Αλγόριθμοι, Colony Systems και Particle Swarm Optimization. Διεξήχθη μια αξιολόγηση με δεδομένα από 75 μαθητές, η οποία καταδεικνύει τη συνολική ακρίβεια των προσεγγίσεων για καθεμία από τις τέσσερις διαστάσεις του γνωστικού στυλ του Felder-Silverman Learning Style Model (FSLSM) (1988) καθώς και τον ακριβή προσδιορισμό των στυλ μάθησης για κάθε μαθητή. Η προτεινόμενη προσέγγιση συγκρίνεται με τις υπάρχουσες μεθόδους και υπήρξε βελτίωση στην ακρίβεια.
Πρόβλεψη προγραμματιστικού ταλέντου μαθητών γυμνασίου με χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων, Engineering Science and Technology an International Journal, A. Çetinkaya, Ö. Kaan Baykan, (2020)	Αυτή η μελέτη επικεντρώθηκε στην πρόβλεψη της ικανότητας προγραμματισμού των μαθητών χρησιμοποιώντας αλγόριθμους Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου (ANN). Οι συμμετέχοντες ήταν 200 μαθητές από ηλικίες 10 έως 14 χρονών και παρακολούθησαν το μάθημα Classic Maze (CMC) 20 επιπέδων στο Code.org. Χρησιμοποιήθηκαν οι αλγόριθμοι Levenberg–Marquardt, Bayesian κανονικοποίησης και κλιμακούμενης συζυγούς κλίσης. Κάθε μοντέλο εκτελέστηκε 10 φορές για μεταξύ 2 και 10 νευρώνων για να βρεθεί ο βέλτιστος αριθμός νευρώνων στο κρυφό στρώμα του. Οι τελικές βαθμολογίες των συμμετεχόντων στο CMC υπολογίστηκαν με βάση το επίπεδο που ολοκλήρωσαν και τις γραμμές των κωδικών που έγραψαν. Τα καλύτερα αποτελέσματα λήφθηκαν χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο κανονικοποίησης Bayes με 10 νευρώνες στο κρυφό στρώμα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το ANN είναι μια κατάλληλη μέθοδος μηχανικής μάθησης που μπορεί να προβλέψει τις δεξιότητες των συμμετεχόντων, όπως η αναλυτική σκέψη, η επίλυση προβλημάτων και η ικανότητα προγραμματισμού.
Ανίχνευση γνωστικού στυλ μάθησης σε περιβάλλοντα ηλεκτρονικής μάθησης με χρήση τεχνητού νευρωνικού δικτύου, S. Rami, S. Bennani,	Σε αυτή την εργασία, διερευνήθηκαν οι δυνατότητες των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων ως προτεινόμενου ταξινομητή, για την ταξινόμηση του γνωστικού στυλ μάθησης των μαθητών με σκοπό τη χρήση του σε διαδικτυακά μαθήματα. Χρησιμοποιήθηκε ένα σύνολο δεδομένων με 300 δείγματα

<p>M. Khalidi Idrissi, Mohammed V University, Rabat, Morocco (2022)</p>	<p>από μαθητές που παρακολουθούσαν διαδικτυακά μαθήματα. Η προεπεξεργασία έγινε, προσαρμογή και μεταμόρφωση. Τα δεδομένα κανονικοποιήθηκαν μεταξύ 0 και 1.</p> <p>Στα πειράματα, διερευνήθηκε ο σχολιασμός τριών επιπέδων (παθητικός, διδακτικός και εποικοδομητικός) για την ανίχνευση γνωστικού στυλ μάθησης, όπου το ANN δείχνει υψηλή ακρίβεια στην ταξινόμηση του γνωστικού στυλ μάθησης (παθητικό 85,22%, διδακτικό 85,33% και εποικοδομητικό 91,33%) στο σύνολο δεδομένων σε σύγκριση με το Naive Bayes.</p> <p>Επίσης, έγινε έλεγχος ως προς συνέπεια μεταξύ της χειροκίνητης σήμανσης και του ANN σε 112 δείγματα μαθητών και τα αποτελέσματα παρείχαν μεγάλη ακρίβεια.</p>
---	--

Πίνακας 1: Ανασκόπηση βιβλιογραφίας με ΤΝΔ στην εκπαίδευση.

4. Νευρωνικά Δίκτυα

Σε αυτή την ενότητα, αρχικά γίνεται μία ιστορική αναδρομή για την εξέλιξη των Νευρωνικών Δικτύων. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται και αναλύονται οι έννοιες, όπως τα Βιολογικά Νευρωνικά Δίκτυα (ΒΝΔ), και τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (ΤΝΔ).

Τα Νευρωνικά δίκτυα χωρίζονται σε Βιολογικά Νευρικά Δίκτυα (ΝΔ) και Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (ΤΝΔ). Τα ΝΔ είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα του εγκεφάλου για την αναπαραγωγή και κατανόηση των νευρικών ερεθισμάτων στο ανθρώπινο κεντρικό σύστημα.

Από την άλλη πλευρά, τα ΤΝΔ δημιουργήθηκαν για την προσέγγιση της λειτουργίας του εγκεφάλου και αποτελούν μια μορφή τεχνητής νοημοσύνης. Εμφανίστηκαν προοδευτικά, ως εργαλεία ικανά να εκτελέσουν εργασίες ή να επιλύσουν προβλήματα που θεωρούνταν αδύνατα για τις μαθηματικές ή παραδοσιακές μεθόδους.

4.1 Ιστορική Αναδρομή

Από το 1961 οι νευροεπιστήμονες (neuroscience) ασχολούνται με τη μελέτη του νευρικού συστήματος και ιδιαίτερα του εγκεφάλου. Ο ακριβής τρόπος με τον οποίο το μυαλό κάνει δυνατή τη σκέψη είναι από τα μεγαλύτερα μυστήρια της επιστήμης. Είχαν εκτιμηθεί ότι ο εγκέφαλος συνδέεται με τη σκέψη εδώ και χιλιάδες χρόνια, επειδή υπήρχαν πειστήρια ότι δυνατά πλήγματα στο κεφάλι μπορεί να οδηγήσουν σε διανοητική αναπηρία.

Γύρω στο 338 π.Χ. ο Αριστοτέλης έγραψε:

“Από όλα τα ζώα, ο άνθρωπος έχει το μεγαλύτερο εγκέφαλο σε αναλογία με το μέγεθος του.”

Ο *Paul Broca* το 1824 έως το 1889 μελέτησε ασθενείς με βλάβη του εγκεφάλου που είχαν υποστεί την ανεπάρκεια της ομιλίας. Μέσα από την έρευνα, κατέληξε στην ύπαρξη εντοπισμένων περιοχών του εγκεφάλου που είναι υπεύθυνες για συγκεκριμένες γνωστικές λειτουργίες. Ειδικότερα, ότι η παραγωγή της ομιλίας είναι εντοπισμένη σε ένα τμήμα του αριστερού ημισφαιρίου του εγκεφάλου, ονόματι σήμερα *περιοχή Broca*. Επίσης, εκείνη την εποχή γνώριζαν ότι ο εγκέφαλος αποτελούνταν από νευρικά κύτταρα, νευρώνες (neurons).

Έπειτα, ο *Camillo Golgi* το 1843 - 1926 ανέπτυξε μία τεχνική χρωματισμού που διευκόλυνε στην παρατήρηση μεμονωμένων νευρώνων. Η τεχνική χρησιμοποιήθηκε και από τον *Santiago Ramon* το 1852 με 1934 για τις μελέτες του στις νευρωνικές δομές του εγκεφάλου.

Η μέτρηση της ανέπαφης εγκεφαλικής δραστηριότητας ξεκίνησε το 1929 με την εφεύρεση του ηλεκτρο εγκεφαλικού (electroencephalogram, EEG) από τον Hans Berger. Η πρόσφατη εξέλιξη της λειτουργικής απεικόνισης μέσω μαγνητικού συντονισμού (functional magnetic resonance imaging, fMRI - Ogawa, 1990) παρέχει στους νευροεπιστήμονες πρωτοφανείς λεπτομερείς εικόνες

της εγκεφαλικής δραστηριότητας, οι οποίες επιτρέπουν μετρήσεις που παρουσιάζουν ενδιαφέρουσες αντιστοιχίες με τις γνωστικές διαδικασίες που βρίσκονται σε εξέλιξη.

Στη συνέχεια το 1994, ο *Haykin* υποστήριξε πως η εξελικτική θεωρία είναι όταν τα ζωντανά είδη δεν παραμένουν αμετάβλητα και σταθερά αλλά ότι αλλάζουν μέσα στο χρόνο.

Παράλληλα, παρατηρούμε ότι τα πρώτα βήματα των τεχνητών νευρωνικών δικτύων, ξεκινάνε το 1943, ο νευροφυσιολόγος *Walter McCulloch* και ο μαθηματικός *Walter Pitts*, δημοσίευσαν μία εργασία σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας ενός νευρώνα προτείνοντας ένα υπολογιστικό μοντέλο στη “νευρική δραστηριότητα”. Αυτό το μοντέλο περιγράφει τον νευρώνα ως μια γραμμική υπολογιστική μονάδα κατωφλιού με πολλές εισόδους και μία μόνο έξοδο.

Έξι χρόνια αργότερα, ο *Donald Hebb* υποστηρίζει ότι οι νευρικές οδούς ενισχύονται κάθε φορά που χρησιμοποιούνται δηλαδή την προσαρμογή συναπτικών βαρών.

Το 1958, ο *Frank Rosenblatt* νευροβιολόγος προσπάθησε να αναπτύξει το νευρωνικό δίκτυο με βάση το μοντέλο του McCulloch και Pitts. Αυτό το δίκτυο ονομάστηκε *perceptron* και υπολογίζει ένα σταθμισμένο άθροισμα των εισόδων, αφαιρεί ένα όριο και περνάει μία από τις πιθανές τιμές ως αποτέλεσμα.



Εικόνα 1: Frank Rosenblatt ο εφευρέτης του perceptron και σχεδιαστής του νευροϋπολογιστή Mark I Perceptron

Κατά τη διάρκεια του 1962, το νευρωνικό δίκτυο διερευνήθηκε περαιτέρω από τον *Bernard Widrow* και *Marcian Hoff* ανέπτυξαν μοντέλα που τα ονόμασαν *ADALINE* και *MADALINE*. Τα μοντέλα ονομάστηκαν adaptive linear για τη χρήση πολλαπλών στοιχείων. Το πρώτο νευρωνικό δίκτυο ονομάζεται Madaline και η εφαρμογή του είναι για να εξαλείφει την ηχώ στις τηλεφωνικές γραμμές.

Το 1969 δημοσιεύεται μία έρευνα από τους *Marvin Minsky* και *Seymour Papert*, οι οποίοι, έδειξαν ότι με τη μορφή που χρησιμοποιείται το perceptron υπέστη σοβαρούς περιορισμούς αλλά και λειτουργίες που ήταν γραμμικά αδιαχώριστες, δηλαδή, δεν μπορεί να μάθει την συνάρτηση XOR. Το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε με την προσθήκη πολλαπλών στρωμάτων νευρώνα.

Τη δεκαετία του 1970, οι άνθρωποι του κλάδου δεν είχαν το ίδιο ενδιαφέρον αφού, τα προβλήματα στο δίκτυο λύθηκαν. Έτσι η χρηματοδότηση για έρευνες στα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα μειώθηκε δραστικά ή σταμάτησε.

Στη συνέχεια ο *John Hop* και ο *Ελντ* το 1982, παρουσίασε ένα έγγραφο στην Εθνική Ακαδημία Επιστημών το νευρωνικό δίκτυο *Hopfield*, και ανέφερε ότι η τεχνητή νοημοσύνη δεν πρέπει να μιμείται τον ανθρώπινο εγκέφαλο, αλλά να χρησιμοποιεί τις ιδέες του για να κατασκευάσει μηχανές που θα μπορούσαν να λύσουν δυναμικά προβλήματα. Ο *Ελντ* εισήγαγε δύο βασικές έννοιες (*Minsky, Papert*) που επέτρεψαν να ξεπεραστούν όλοι οι περιορισμοί δηλαδή η μη γραμμικότητα μεταξύ της συνολικής εισόδου που λαμβάνει ένας νευρώνας αλλά και της εξόδου που παράγει με τη δυνατότητα ανάδρασης σύζευξης εξόδων με εισόδους. Έκτοτε, ξεκίνησε το ενδιαφέρον των επιστημών για τη τεχνητή νοημοσύνη και τα νευρωνικά δίκτυα από διάφορους τομείς.

Έπειτα το 1985, οι *McClelland* και *Rumelhart* εκφράζουν ότι ένα νευρωνικό δίκτυο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως παράλληλος επεξεργαστής. Έτσι την ίδια χρονιά δημιουργείται μία νέα μέθοδος μάθησης ο αλγόριθμος αναστροφής διάδοσης σφάλματος (*back-propagation*) για την εκπαίδευση πολυστρωματικών δικτύων από *perceptrons*. Έπειτα ο *Τεϊνο Kohonen* το 1997, ανέπτυξε ένα δίκτυο αυτοοργάνωσης, με την ονομασία *αυτόματος συσχετιστής* που μαθαίνει χωρίς να έχει το όφελος να γνωρίζει τη σωστή απάντηση.

“Ο *Kohonen* έχει επισημάνει ότι η έλλειψη τοπολογίας στα μοντέλα νευρωνικών δικτύων κάνει τα σημερινά νευρωνικά δίκτυα απλές αφαιρέσεις των πραγματικών νευρωνικών δικτύων μέσα στον εγκέφαλο.”

Από εκείνη την χρονιά έως σήμερα υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον και εξέλιξη στον κλάδο. Ακμάζουν τα *big Data*, οι υπερυπολογιστές, τα νευρωνικά δίκτυα, η μηχανική μάθηση και γενικότερα ο τομέας της τεχνητής νοημοσύνης.

4.2 Βιολογικά Νευρωνικά Δίκτυα

Το νευρικό σύστημα αντιπροσωπεύει στον άνθρωπο ένα όργανο υψηλής εξειδίκευσης, του οποίου σκοπός είναι η περισυλλογή, απομνημόνευση και επεξεργασία δεδομένων που αντλούνται είτε από εσωτερικό είτε από το εξωτερικό περιβάλλον του οργανισμού. Υποδιαιρείται σε τρία μεγάλα συστήματα: όργανα και συστήματα αισθήσεων, *Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ)* και *Περιφερικό Νευρικό Σύστημα (ΠΝΣ)*.

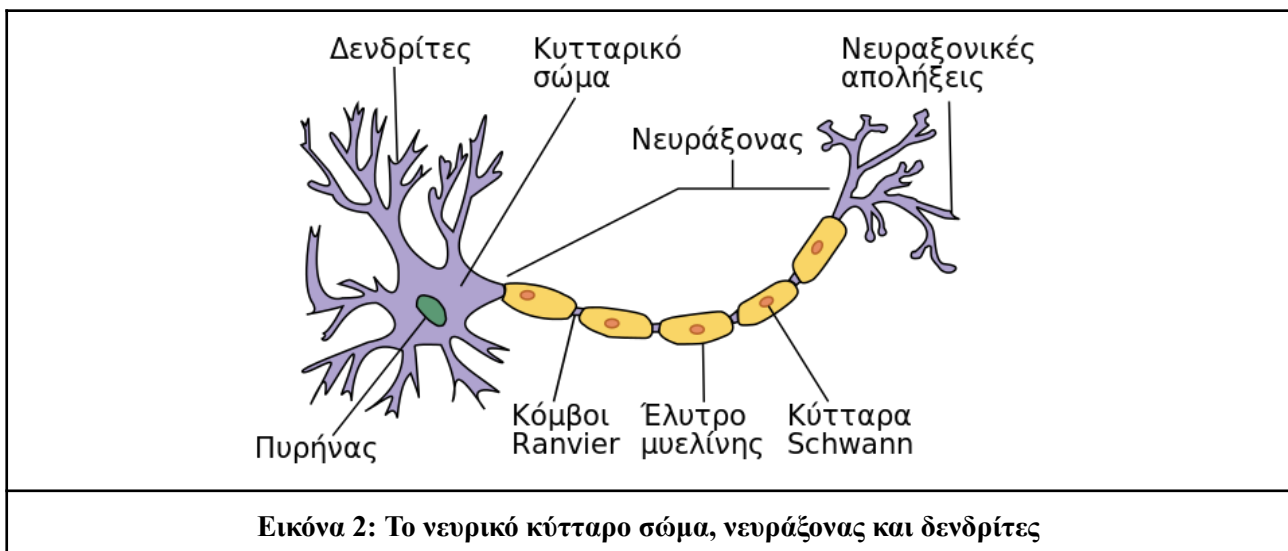
Τα όργανα και τα συστήματα αίσθησης έχουν αρμοδιότητα να συλλέγουν όλα τα ερεθίσματα που προέρχονται από το εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον του οργανισμού. Αυτά τα ερεθίσματα μεταμορφώνονται σε νευρικά σήματα και δια μέσω των νευρώνων οδηγούνται στον εγκέφαλο. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται μία σύνθετη διαδικασία σύγκρισης με όλα τα προηγούμενα ερεθίσματα και με βάση τα εξαγόμενα συμπεράσματα, γίνεται η επεξεργασία μιας σειράς ερεθισμάτων που επιφέρουν έναν ειδικό τύπο αντίδρασης ή συμπεριφοράς. Η μετάδοση των αισθητικών και κινητικών ερεθισμάτων γίνεται στο επίπεδο των συνάψεων, που αποτελούν το

σημείο ένωσης μεταξύ δύο νευρικών κυττάρων διαμέσου της απελευθέρωσης χημικών μεταβιβάσεων.

4.2.1 Ο Νευρώνας

Το βασικό δομικό στοιχείο του ανθρώπινου ή ζωικού νευρικού συστήματος είναι το νευρικό κύτταρο (νευρώνας) εκτελεί μία σύνθετη δραστηριότητα λήψης, μετάδοσης και επεξεργασίας στα διάφορα ερεθίσματα που προέρχονται από την περιφέρεια του οργανισμού. Τα χαρακτηριστικά του νευρώνα είναι η διεγερτικότητα και η αγωγιμότητα των ερεθισμάτων. Ένας αριθμός νευρώνων με τις διασυνδέσεις τους αποτελούν ένα νευρωνικό δίκτυο (neural net). Όλο το σύστημα των νευρωνικών δικτύων στον ανθρώπινο οργανισμό αποτελεί το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (Central Nervous System). Το σύστημα αυτό επεκτείνεται σε όλο το ανθρώπινο σώμα με κεντρικά σημεία τον εγκέφαλο και την σπονδυλική στήλη. Οι νευρώνες βέβαια εκτείνονται μέχρι και όλα τα άκρα.

Ο ανθρώπινος οργανισμός έχει περίπου 10^{11} με 10^{12} νευρικά κύτταρα. Προέρχονται από τα κύτταρα του εξωδέρματος, δηλαδή από εκείνο το στρώμα των βλαστικών δερμάτων από το οποίο σχηματίζονται και κύτταρα του δέρματος. Αυτό εξηγεί ότι ανήκουν σε ένα επιφανειακό στρώμα επένδυσης του δέρματος για να “αντιλαμβάνονται” τις διαφοροποιήσεις του εξωτερικού χώρου.



Εικόνα 2: Το νευρικό κύτταρο σώμα, νευράξονας και δενδρίτες

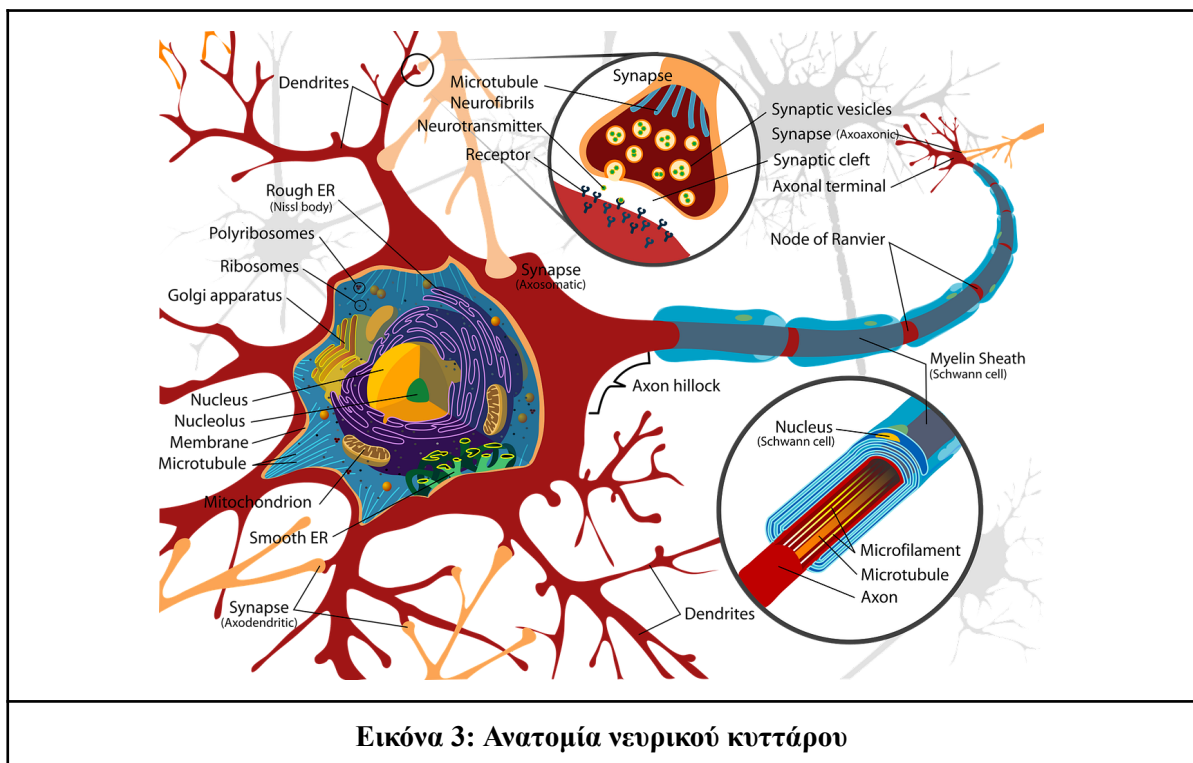
Ο νευρώνας (*neuron*) ή νευρικό κύτταρο αποτελείται από ένα κυτταρικό κορμό, ή σώμα (*soma*), ο οποίος περιέχει έναν κυτταρικό πυρήνα (*nucleus*). Από τον κυτταρικό κορμό διακλαδίζονται μερικές ίνες, που λέγονται δενδρίτες (*dendrites*), και μία μοναδική μεγάλη ίνα που λέγεται άξονας (*axon*) (βλ. Εικόνα 2). Ένας νευρώνας συνδέεται με 10 έως 100.000 άλλους νευρώνες. Τα σημεία σύνδεσης ονομάζονται συνάψεις (*synapses*).

Τα σήματα διαδίδονται από νευρώνα σε νευρώνα με μία πολύπλοκη ηλεκτροχημική αντίδραση. Αυτά τα σήματα ελέγχουν την εγκεφαλική δραστηριότητα βραχυπρόθεσμα, και

επιτρέπουν μακρόχρονες αλλαγές στη θέση και στην συνδετικότητα των νευρώνων. Θεωρείται ότι αποτελούν τη μάθηση του εγκεφάλου.

Το μεγαλύτερο μέρος της επεξεργασίας του εγκεφάλου πραγματοποιείται στον εγκεφαλικό φλοιό, το εξωτερικό στρώμα του εγκεφάλου. Η μονάδα οργάνωσης φαίνεται να είναι μια στήλη ιστού γύρω στο μισό εκατοστό που εκτείνεται σε όλο το βάθος του φλοιού, το οποίο είναι γύρω στα 4 χιλιοστά στον άνθρωπο. Μια τέτοια στήλη περιέχει περίπου 20.000 νευρώνες.

4.2.2 Ανατομία του Νευρώνα



Εικόνα 3: Ανατομία νευρικού κυττάρου

Τα μέρη που απαρτίζουν τη δομή ενός νευρώνα:

- **Κυτταρικό σώμα:** Η μορφή του κυτταρικού σώματος μπορεί να είναι αστεροειδής, ωοειδής ή κωνοειδής. Οι διαστάσεις μπορεί να φτάσουν και τα 40 δισ εκατομμυριοστά του μέτρου στα κυτταρικά σώματα των νευρώνων του νωτιαίου μυελού. Στο εσωτερικό του κυτταρικού σώματος υπάρχει έναν ογκώδη πυρήνας με κυστική όψη. Επίσης, παρουσιάζεται ένας ευμεγέθη πυρηνίσκος υπευθύνου για τη σύνθεση του ριβονουκλεϊκού οξέος (RNA), για τη μετάδοση των εντολών του νευρικού κυττάρου. Περιέχει πολλά μιτοχόνδρια, εργοστόπλασμα που αποτελείται από συσσωρευμένους σάκους και μεμβράνες που φέρουν ριβοσωμάτια δίκτυα του Golgi κατα μήκος όλου του κυτταροπλάσματος, δομές ινιδίων που αποτελούνται από μικροσωλήνες και νευροινίδια, διαμέτρου περίπου 10 δισεκατομμυριοστο. Τέλος, είναι πλούσιο σε κόκκους γλυκογόνου που χρησιμοποιούνται για τη δραστηριότητα του νευρώνα.

- Νευράξονας:** Ο άξονας εκτείνεται σε μεγάλο μήκος συνήθως, έχουν μήκος 1 εκατοστό δηλαδή 100 φορές μεγαλύτερο από τη διάμετρο του κυτταρικού κορμού, αλλά μπορούν να φτάνουν και το ένα μέτρο. Αρχίζει από το κυτταρικό σώμα με έναν βραχύ κώνο και καταλήγει γενικά με μία μικρή διακλάδωση, περιβάλλεται από μία λεπτή μεμβράνη. Στο εσωτερικό του είναι κατανεμημένα τα νευρονίδια που τρέχουν παράλληλα προς το μήκος του και τα μιτοχόνδρια που επιμηκύνονται. Επίσης, ο νευράξονας περιβάλλεται από ορισμένα έλυτρα, που έχουν σκοπό να αυξάνουν την ταχύτητα μετάδοσης των νευρικών διεγέρσεων. Τα έλυτρα αποτελούνται από στρώματα λιπαρών και πρωτεϊνικών ουσιών. Σε ορισμένες αποστάσεις παρατηρούνται ή περισφίξεις του Ranvier ή κόμβοι που χρησιμεύουν σαν επιταχυντές. Εξωτερικά από το μυελώδη έλυτρο βρίσκεται το νευρείλημμα ή έλυτρο του Schwann, που βρίσκεται στις περιφερειακές νευρικές ίνες. Υπάρχουν και άλλα έλυτρα συνδετικού τύπου με σκοπό την προστασία του περιφερειακού άξονα.
- Δενδρίτες:** Αρχίζουν από το κυτταρικό σώμα και διακλαδώνονται σχεδόν αμέσως, το μήκος του είναι μικρό. Στο εσωτερικό του παρουσιάζονται μακριά μιτοχόνδρια, πολυάριθμους μικροσωληνίσκους και μερικά νευροινίδια.
- Τελικά Δενδρύλλια:** Βρίσκονται σε ορισμένους χοντρούς νευρώνες που λείπουν οι δενδρίτες. Έχουν παρόμοια λειτουργία με τους δενδρίτες.
- Σύναψη:** Το σημείο που πραγματοποιείται η συνάντηση μεταξύ των νευρώνων. Αποτελείται από μία μεμβράνη του πρώτου νευρώνα που εκπέμπει το σήμα ονομάζεται προσυναπτική μεμβράνη, ενώ αυτή του δεύτερου νευρώνα που δέχεται το σήμα, ονομάζεται μετασυναπτική μεμβράνη. Μεταξύ τους υπάρχει ένα άνοιγμα που ονομάζεται συναπτική σχισμή ίσο με 15 έως 25 δισεκατομμυριοστά του μέτρου. Διαμέσου της σχισμής πραγματοποιείται η χημική μετάδοση της διέγερσης. Ο αριθμός των συνάψεων στον άνθρωπο ισούται περίπου με 10^{14} . Οι συνάψεις ανά νευρώνα είναι 10^3 με 10^4 , δηλαδή κάθε νευρώνας στέλνει την έξοδο του σε 1000 έως 10000 γειτονικούς νευρώνες. Μερικοί όμως νευρώνες έχουν μέχρι και 200000 συνάψεις, όπως είναι οι νευρώνες τύπου Purkinje, που βρίσκονται στην παρεγκεφαλίδα. Το περιεχόμενο των συναπτικών κόμβων αποτελούνται από μιτοχόνδρια, μικροινίδια και κυρίως από συναπτικά κυστίδια. Τα συναπτικά κυστίδια περιέχουν ειδικές ουσίες που ονομάζονται χημικοί μεταβιβαστές και είναι υπεύθυνες για τη μετάδοση των διαφόρων νευρικών διεγέρσεων. Οι συνάψεις μπορεί να είναι μεταξύ νευρίτη με δενδριτη (νευραξονοδενδριτική σύναψη), νευρίτη και κυτταρικού σώματος (αξονονευρωνική σύναψη), νευρίτη με νευρίτη ή μεταξύ δενδριτών (ενδοδενδριτική σύναψη).

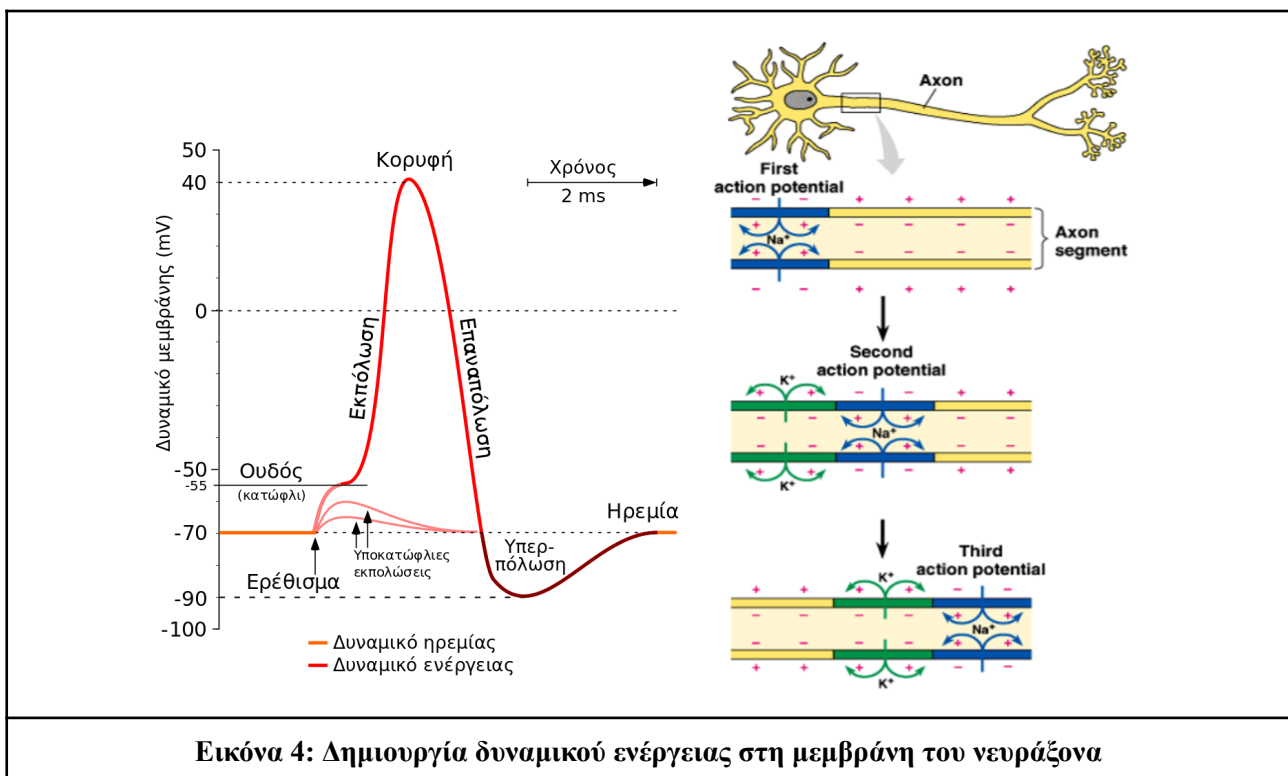
4.2.3 Η Λειτουργία του Νευρώνα

Το γεγονός ότι βλέπουμε, ακούμε, κινούμαστε συνδέεται άμεσα στον ταχύ συντονισμό τόσο των οργάνων όσο και των συστημάτων. Επομένως, απαιτεί ένα σίγουρο μέσο που να οδηγεί το ερέθισμα στον εγκέφαλο και μία εντολή του εγκεφάλου στα όργανα με σίγουρο και ταχύ τρόπο.

Σύμφωνα με το μοντέλο Hodgkin και Huxley το 1952 ο νευρώνας έχει την ικανότητα να χρησιμοποιεί ηλεκτρικά φορτία για να μεταδώσει τα μηνύματα. Τα ηλεκτρικά σήματα δημιουργούνται στη μεμβράνη του κυτταρικού νευρώνα με μία διαφορά δυναμικού. Η ηλεκτρική φύση της διαδικασίας ενός νευρικού δικτύου πραγματοποιείται με την εισαγωγή ενός μικροηλεκτρίδιου στο εσωτερικό του νευρώνα ενώ ένα άλλο ηλεκτρόδιο του ίδιου τύπου κρατιέται στο εξωτερικό.

Η διαφορά δυναμικού του κυττάρου υπάρχει μεταξύ του εσωτερικού του υγρού που το περιβάλλει (εξωκυτταρικό υγρό). Δηλαδή, εμφανίζονται ιόντα νατρίου (Na^+) και χλωρίου (Cl^-) στο εξωτερικό, ενώ στο εσωτερικό του κυττάρου υπάρχουν ιόντα καλίου (K^+) σε μεγαλύτερη πυκνότητα από ότι βρίσκεται στο εξωτερικό του κυττάρου. Σύμφωνα με το νόμο της κλίσης των συγκεντρώσεων θα έπρεπε να βρεθούμε σε μία μαζική μεταφορά ιόντων καλίου στο εξωτερικό και ιόντων νατρίου στο εσωτερικό. Αυτό δε συμβαίνει, διότι η μεμβράνη που περιβάλλει τον νευρώνα διαθέτει έναν μηχανισμό που αντιστέκεται στην είσοδο του νατρίου και στην έξοδο του καλίου.

Με αυτό τον τρόπο ο νευρώνας είναι *πολωμένος*, δηλαδή η εξωτερική επιφάνεια της κυτταρικής μεμβράνης έχει αρνητικά φορτία, ενώ η εσωτερική επιφάνεια διαθέτει θετικά φορτία. Σε αυτή την κατάσταση το νευρικό κύτταρο ονομάζεται *δυναμικό ηρεμίας* και δεν παράγει ούτε μεταβιβάζει μηνύματα μεταξύ της εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας.



Μόλις ερεθιστεί ο νευρώνας καταφθάνουν κάποια σήματα σε μία δεδομένη στιγμή και αθροίζονται. Αν το άθροισμα των σημάτων ξεπεράσει μία δεδομένη τιμή (κατώφλι) τότε ο νευρώνας ενεργοποιείται. Ο παλμός που δημιουργείται έχει πάντοτε το ίδιο μέγεθος (βλ. Εικόνα 4). Τότε πραγματοποιείται μία μαζική είσοδος ιόντων νατρίου και συγχρόνως με μία έξοδο ιόντων καλίου. Η τιμή που αποκτά ονομάζεται *δυναμικό ενέργειας*. Επομένως, η κατάσταση του κυττάρου θα είναι θετικό στο εσωτερικό +40 με μεγαλύτερη ποσότητα ενώ στο εξωτερικό του θα είναι αρνητικό. Θα επαναληφθεί αυτή η διαδικασία μέχρι να φτάσουν σε νέα μορφή πόλωσης.

Ταυτόχρονα, όταν το αρχικό τμήμα της ίνας είναι εκπολωμένο, το υπόλοιπο τμήμα συνεχίζει να διατηρείται πολωμένο. Αυτό δημιουργεί μία διαφορά δυναμικού μεταξύ των τμημάτων της ίνας ένα είδος κλειστού κυκλώματος. Το αρχικό εκπολωμένο τμήμα επαναπολώνεται ενώ εκπολώνεται το επόμενο. Το φαινόμενο συνεχίζεται να επαναλαμβάνεται και το ερέθισμα μεταδίδεται κατά μήκος της ίνας με τη τεχνική του "*πηδήματος βατράχου*". Η μεταβίβαση κατά μήκος του νευρικού κυττάρου ονομάζεται *νευρική ώση*.

Φτάνοντας στη σύναψη η ηλεκτρική διέγερση προκαλεί μετακίνηση του quantum αφού διαπεράσει τη συναπτική σχισμή, εκπολώνει τότε τη μετασυναπτική μεμβράνη (μετασυναπτικό δυναμικό EPSP). Αφού διαπεράσει τη σύναψη, το δυναμικό μεταδίδεται από νευρώνα σε νευρώνα φθάνοντας στον εγκέφαλο. Στη συνέχεια ξεκινά ένα νέο ερέθισμα που πάντα με τη μορφή του ηλεκτρικού σήματος μεταφέρεται στο όργανο που θα πραγματοποιήσει τη λειτουργία της απάντησης.

Το ΚΝΣ διαθέτει τη διεγερτική σύναψη που οδηγεί το ερέθισμα και μία άλλη που το εμποδίζει, *ανασταλτική σύναψη*. Αυτό δημιουργεί ένα ανασταλτικό μετασυναπτικό δυναμικό IPSP. Η λειτουργία είναι ακριβώς εκείνη του αποκλεισμού της μετάδοσης των ερεθισμάτων που θα μπορούσαν να γίνουν υπερβολικά και να διαλύσουν τη δραστηριότητα ελέγχου του εγκεφάλου (επιληπτική κρίση).

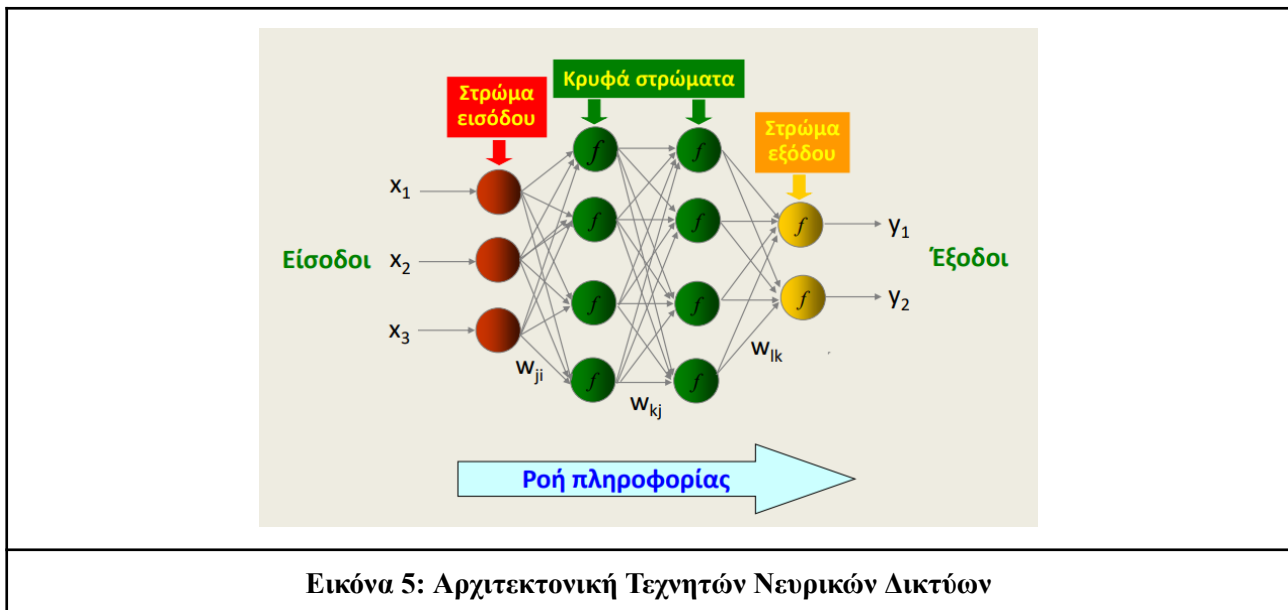
Τέλος, όταν σταματά το ερέθισμα ο μηχανισμός αντλίας νατρίου, καλίου επαναφέρετε στις αρχικές συνθήκες (*δυναμικό ηρεμίας*) και ο νευρώνας είναι ξανά έτοιμος να αναλάβει τις λειτουργίες μετάδοσης. Σε κατάσταση ηρεμίας το νευρικό κύτταρο έχει αρνητικό δυναμικό ενδοκυττάρια (η διαφορά δυναμικού που ονομάζεται δυναμικό ηρεμίας τυπικό εύρος -40mV έως -80mV).

4.3 Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα

Τα *Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα* (*Artificial Neural Networks*) ορίζονται ως παράλληλα καταναμημένα υπολογιστικά συστήματα που έχουν τη φυσική τάση να αποθηκεύουν και να χρησιμοποιούν εμπειρική γνώση. Στόχος της τεχνητής νευροεπιστήμης είναι η προσομοίωση της λειτουργίας των βιολογικών νευρικών κυττάρων και του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος.

Για το λόγο αυτό, ένα ΤΝΔ μπορεί να μαθαίνει, να απομνημονεύει και να επεξεργάζεται δεδομένα χρησιμοποιώντας πολύπλοκες μαθηματικές συναρτήσεις. Στην ουσία ένα νευρωνικό δίκτυο δέχεται πολλαπλές εισόδους χρησιμοποιεί, ένα μεγάλο αριθμό παράλληλων αριθμητικών μονάδων (νευρώνες) και παράγει πολλαπλές εξόδους. Είναι ένα οργανωμένο σύνολο, στο οποίο υπάρχει αλληλοεπικοινωνία και αλληλεπίδραση.

Το μοντέλο ενός Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου (ΤΝΔ) αντιπροσωπεύει τη σύνθεση των μη γραμμικών συναρτήσεων δύο ή περισσότερων νευρώνων. Ένας νευρώνας μπορεί να είναι μία μη γραμμική συνάρτηση, ο οποίος δέχεται κάποιες μεταβλητές εισόδου και παράγει μία μεταβλητή εξόδου. Το μοτίβο διασυνδέσεις μεταξύ των νευρώνων ονομάζεται *αρχιτεκτονική*.



Συγκεκριμένα, η πληροφορία ρέει από τις μεταβλητές εισόδου (νευρώνες) που είναι οργανωμένοι σε στρώματα (layers) προς τα στρώματα εξόδου περνώντας διαδοχικά από τα ενδιάμεσα κρυφά στρώματα. Κάθε στρώμα περιλαμβάνει ένα σύνολο από κόμβους, συνδέσεις, βάρη, εισόδους, το άθροισμα και τη συνάρτηση μεταφοράς (βλ. Εικόνα 5).

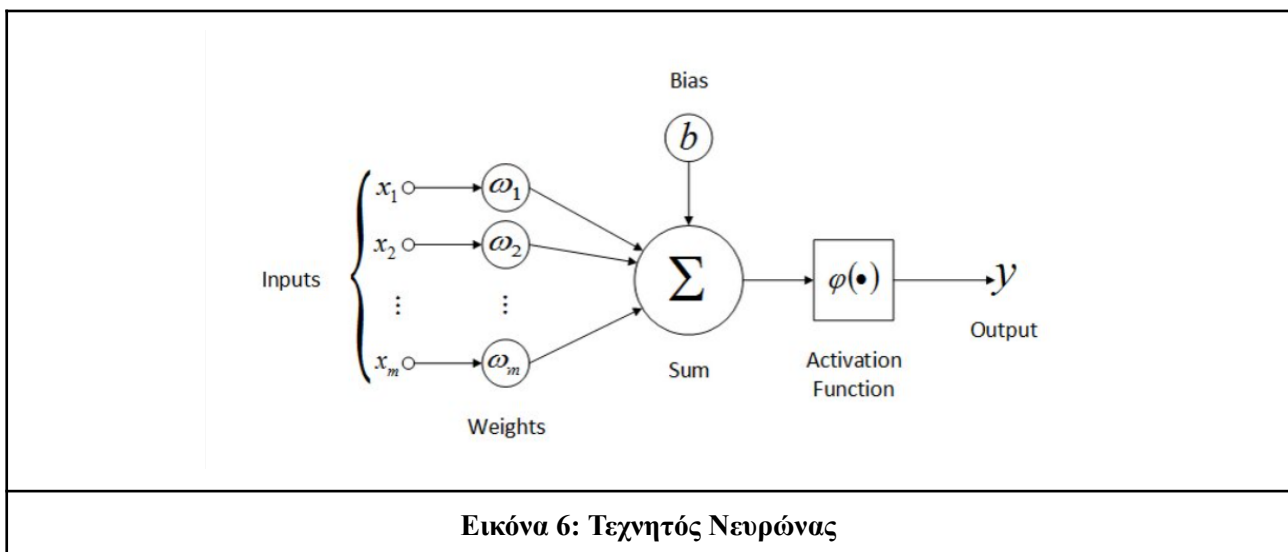
Όλα τα νευρώνια υλοποιούν την ίδια συνάρτηση ενεργοποίησης $f()$ χωρίς αυτό να είναι δεσμευτικό. Οι συνδέσεις των νευρώνων αναπαρίστανται με γραμμές υλοποιούνται, με συναπτικά βάρη που σταθμίζουν τις εξόδους των νευρώνων του προηγούμενου στρώματος. Διαμορφώνουν τον συνδυασμό των μη γραμμικών συναρτήσεων που συνδέουν μονάδες σε διαφορετικά επίπεδα. Ωστόσο, μπορεί να διαφέρει τόσο η συνδεσμολογία όσο και η συνάρτηση μεταφοράς που υλοποιεί

το κάθε νευρώνιο. Η τροποποίηση των παραμέτρων (βάρη και κατώφλια) ενός νευρωνικού δικτύου μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή ενός αλγόριθμου εκπαίδευσης (εκμάθησης), μέσα από μια επαναληπτική διαδικασία έτσι ώστε, το ΤΝΔ να υλοποιεί την επιθυμητή απεικόνιση εισόδων/εξόδων.

Τέλος, τα ΤΝΔ έχουν εφαρμοστεί σε διάφορους κλάδους όπως στην ηλεκτρονική, αεροδιαστημική, ιατρική κλπ. Για παράδειγμα, η σύνθεση ήχου, αυτόματη οδήγηση, ανίχνευση βλαβών ακόμη και ανάλυση συμπτωμάτων και διάγνωσης σε διάφορες ασθένειες οφείλονται στα νευρωνικά δίκτυα.

4.3.1 Το Μοντέλο του Τεχνητού Νευρώνα

Ο τεχνητός νευρώνας είναι μία μονάδα επεξεργασίας σε ένα ΤΝΔ που μιμείται τη βασική συμπεριφορά ενός βιολογικού νευρώνα. Υπάρχουν τρεις τύποι νευρώνων: νευρώνων εισόδου, νευρώνων εξόδου και υπολογιστικοί νευρώνες. Τα βασικά χαρακτηριστικά τους είναι η προσαρμοστικότητα, η μη γραμμικότητα και πολλές εισοδοι με μία έξοδο. Παράγει μια έξοδο 0 ή 1, ανάλογα με το αν η λειτουργική της είσοδος υπερβαίνει μια δεδομένη οριακή τιμή, η οποία ονομάζεται κατώφλι (*threshold*) της μονάδας επεξεργασίας.



Ο νευρώνας έχει ως είσοδο ένα σύνολο χαρακτηριστικών παριστάνεται ως κόμβοι x_m που επηρεάζουν την έξοδο. Αυτά αποτελούν, το επίπεδο εισόδου που ονομάζεται επίσης *διάνυσμα εισόδου*. Οι εισοδοι πολλαπλασιάζονται με τη σύνδεση *βάρη* ω_m τα οποία μπορούν να τροποποιηθούν με μια μεροληψία b (κλιμάκωση διόρθωσης, συνήθως 1), για να παράγουν μια καθαρή είσοδο.

Στη συνέχεια, η καθαρή είσοδος περνά μέσω μια *συνάρτησης μεταφοράς* φ που έχει ως αποτέλεσμα μια έξοδο που μπορεί να είναι η είσοδος στους νευρώνες (ενδιάμεσα / κρυφά στρώματα) ή την

τελική έξοδο (βλ. Εικόνα 6). Μία συνάρτηση μπορεί να είναι διαφόρων τύπων (γραμμικές, σιγμοειδές κλπ) και ορίζει το όριο του νευρώνα δηλαδή ενεργοποιημένο ή απενεργοποιημένο.

Στη περίπτωση, που έχουμε πολλούς νευρώνες παράλληλα τότε σχηματίζουν μια δομή που ονομάζεται *στρώμα (layer)*. Ένα μοντέλο νευρικού δικτύου μπορεί να αποτελείται από πολλαπλά στρώματα νευρώνων, όπου η έξοδος του στρώματος να αποτελεί την είσοδο στο επόμενο επίπεδο.

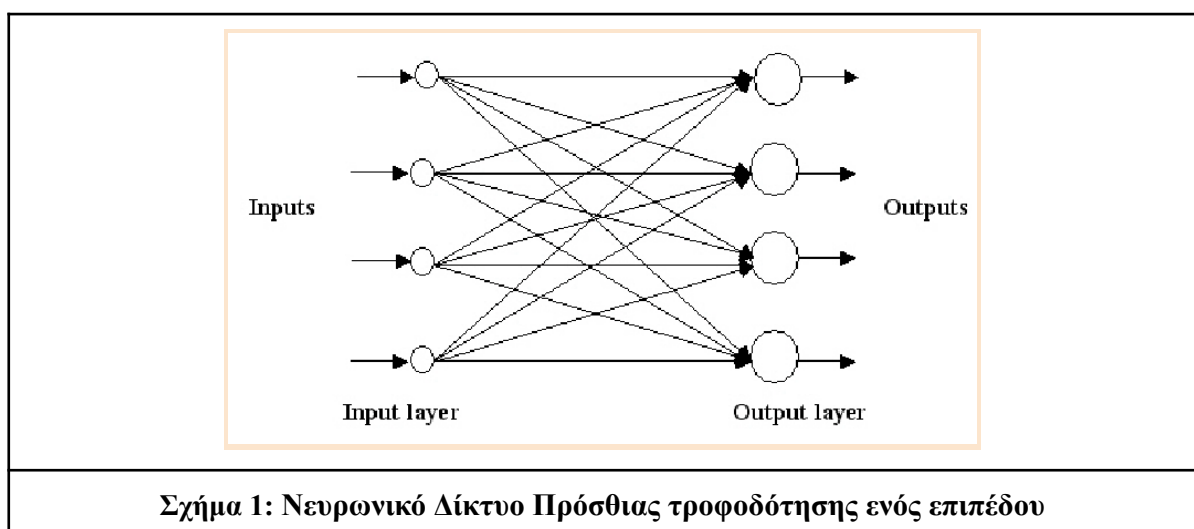
4.3.2 Αρχιτεκτονική Νευρωνικών Δικτύων

Η αρχιτεκτονική ενός δικτύου εξαρτάται από τον αριθμό των νευρώνων το πώς είναι τοποθετημένα σε σχέση μεταξύ τους και τον αλγόριθμο εκμάθησης που χρησιμοποιείται για την εκπαίδευση του. Υπάρχουν τρία μέρη στην αρχιτεκτονική ενός δικτύου.

- I. *Το στρώμα εισόδου (Input layer)*: Αυτό το επίπεδο είναι υπεύθυνο για τη λήψη δεδομένων από το εξωτερικό περιβάλλον.
- II. *Κρυφά στρώματα (Hidden or Invisible layers)*: Αυτά τα επίπεδα αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της εσωτερικής επεξεργασίας σε ένα δίκτυο. Είναι υπεύθυνα στην εξαγωγή κάποιων μοτίβων.
- III. *Το στρώμα εξόδου (output layer)*: Αποτελείται από νευρώνες και είναι υπεύθυνο για τη παρουσίαση των τελικών εξόδων δικτύου.

Οι κύριες αρχιτεκτονικές ενός τεχνητού δικτύου λαμβάνοντας υπόψη την διάταξη των νευρώνων καθώς και των τρόπου σύνδεσής τους. Μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες:

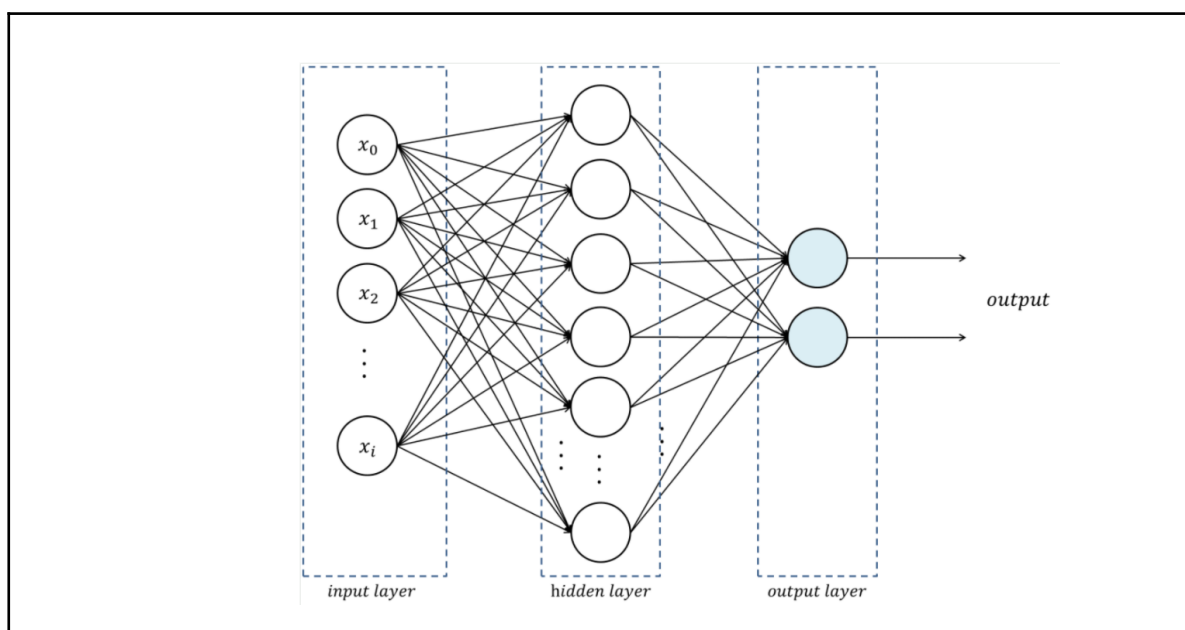
- ❖ *Αρχιτεκτονική Δικτύων Πρόσθιας τροφοδότησης ενός επιπέδου (Single-Layer Feedforward Architecture)*



Σε αυτό το ΤΝΔ αποτελείται από ένα στρώμα εισόδου και το στρώμα εξόδου (κόμβοι υπολογισμού). Οι πληροφορίες ρέουν προς μία κατεύθυνση η οποία είναι από το επίπεδο εισόδου προς το επίπεδο εξόδου. Σε αυτή την αρχιτεκτονική, παρατηρούμε ότι ο αριθμός εξόδων συμπίπτουν με την ποσότητα των νευρώνων.

Στο Σχήμα 1 απεικονίζεται ένα νευρωνικό δίκτυο τροφοδοσίας μονής στρώσης που έχει 4 κόμβους και στα δύο στρώματα αντίστοιχα. Ένα τέτοιο δίκτυο ονομάζεται “single-layer” με την ονομασία να αναφέρεται στο στρώμα εξόδου των κόμβων υπολογισμού (νευρώνες). Το επίπεδο εισόδου δεν μετρείται γιατί δεν εκτελείται υπολογισμός. Οι τύποι δικτύων που ανήκουν στην αρχιτεκτονική χρησιμοποιούνται, σε προβλήματα ταξινόμησης προτύπων και γραμμικού φιλτραρίσματος για παράδειγμα, το Perceptron και το ADALINE (Adaptive Linear Element).

❖ *Πολυεπίπεδη Αρχιτεκτονική Πρόσθιας Τροφοδότησης (Multiple-Layer Feedforward Architectures)*

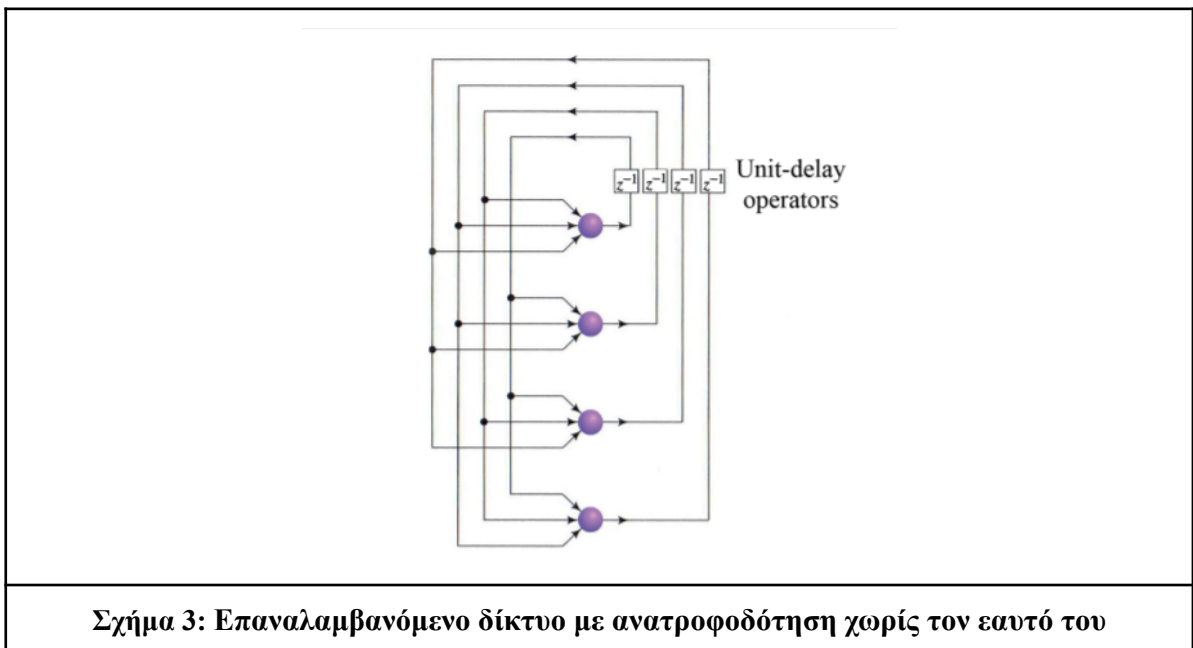


Σχήμα 2: Πολυεπίπεδη Αρχιτεκτονική Πρόσθιας Τροφοδότησης Νευρωνικού Δικτύου

Σε αυτή την κατηγορία δικτύων αποτελούνται από ένα ή περισσότερα κρυφά νευρωνικά στρώματα. Χρησιμοποιούνται, για την επίλυση ποικίλων προβλημάτων που χρειάζονται την εξαγωγή στατιστικών στοιχείων υψηλότερης τάξης, όπως την ταξινόμηση προτύπων, την αναγνώριση συστήματος, κλπ. Η ποσότητα των νευρώνων που συνθέτουν ένα κρυφό στρώμα είναι συνήθως, διαφορετικό από το στρώμα εισόδου. Ο αριθμός των κρυφών επιπέδων και η αντίστοιχη ποσότητα των νευρώνων εξαρτώνται από τη φύση και τη πολυπλοκότητα του προβλήματος καθώς και από τη ποσότητα και την ποιότητα των διαθέσιμων δεδομένων για το πρόβλημα.

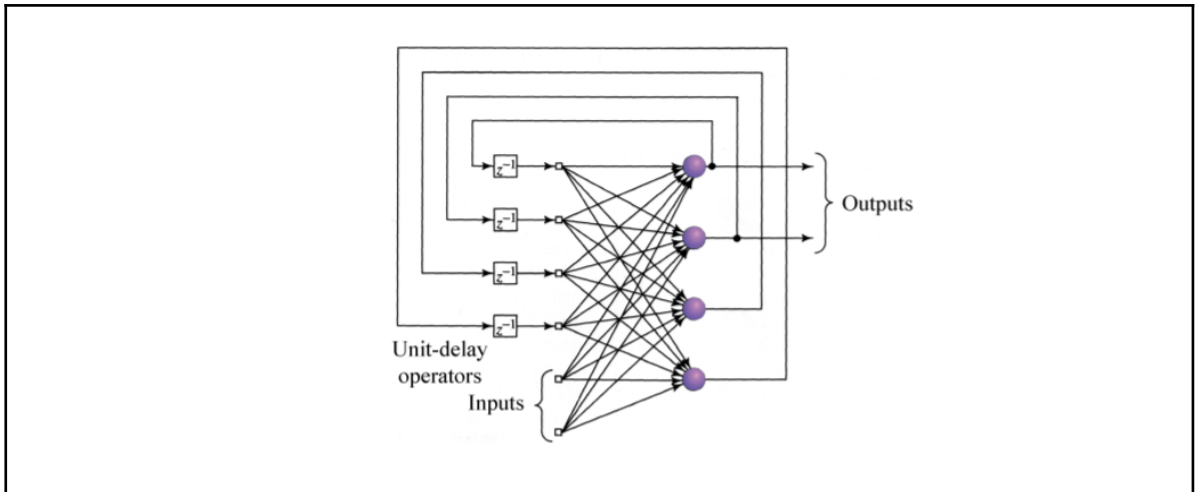
Στο Σχήμα 6 παρατηρούμε ένα δίκτυο προώθησης με πολλαπλά επίπεδα που αποτελείται από ένα επίπεδο εισόδου (input layer) με i δείγματα σημάτων (διάνυσμα εισόδου), ένα κρυφό νευρωνικό στρώμα (hidden layer) αποτελούμενο από n νευρώνες (κόμβους υπολογισμού). Τέλος, ένα νευρωνικό στρώμα εξόδου (output layer) από M νευρώνες αποτελώντας τη συνολική απόκριση του δικτύου.

❖ *Επαναλαμβανόμενα ή Αναδρομικά δίκτυα (Recurrent or Feedback Architecture)*



Σε αυτά τα δίκτυα, οι έξοδοι των νευρώνων χρησιμοποιούνται ως είσοδοι ανάδρασης για άλλους νευρώνες και σε μερικές περιπτώσεις και στην δική τους είσοδο (αυτο-ανάδραση). Η δυνατότητα ανάδρασης πληροί τις προϋποθέσεις για δυναμική επεξεργασία πληροφοριών. Για παράδειγμα, ένα επαναλαμβανόμενο δίκτυο μπορεί να αποτελείται από ένα μόνο στρώμα νευρώνων με κάθε νευρώνα να τροφοδοτεί το σήμα εξόδου του πίσω στις εισόδους όλων των άλλων νευρώνων (Σχ. 3).

Επίσης, υπάρχουν και επαναλαμβανόμενα δίκτυα με κρυφούς νευρώνες, οι συνδέσεις που παρουσιάζονται στο Σχήμα 4 προέρχονται από τους κρυμμένους νευρώνες καθώς και από τους νευρώνες εξόδου. Η παρουσία βρόχων ανάδρασης και στα δύο σχήματα έχει βαθύ αντίκτυπο στην εκμάθηση του δικτύου και την απόδοσή του. Επίσης, οι βρογχοί ανάδρασης περιλαμβάνουν τη χρήση συγκεκριμένων διακλαδώσεων που αποτελούνται από στοιχεία καθυστέρησης μονάδας (z^{-1}). Για παράδειγμα δίκτυα ανάδρασης είναι το Hopfield.



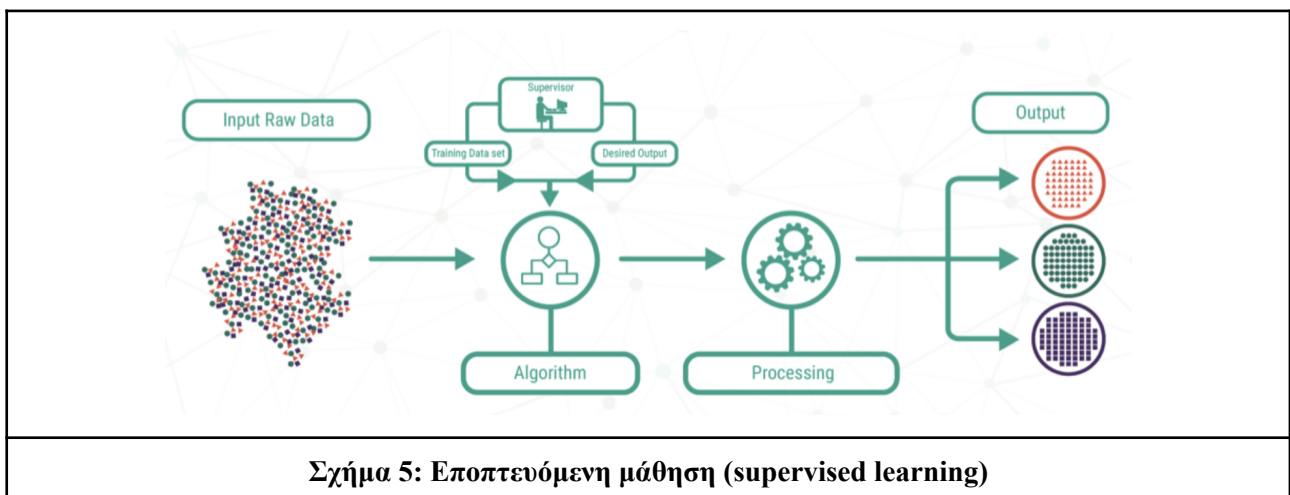
Σχήμα 4: Επαναλαμβανόμενο δίκτυο με ανατροφοδότηση και κρυφούς νευρώνες

4.3.3 Διαδικασίες Μάθησης Νευρωνικού Δικτύου

Μία σημαντική ιδιότητα των ΤΝΔ είναι ότι δεν προγραμματίζονται με την παραδοσιακή διαδικασία αλλά εκπαιδεύονται. Η μάθηση είναι απαραίτητη διαδικασία για την προσαρμογή των παραμέτρων τους ώστε να υλοποιήσει μία απεικόνιση εισόδων/εξόδων. Σε αυτή την κατάσταση το ΤΝΔ ονομάζεται φάση εκπαίδευσης ή δημιουργίας.

Αρχικά, μόλις δημιουργηθεί ένα ΤΝΔ τα βάρη που θα ξεκινήσει επιλέγονται τυχαία. Έπειτα ο τρόπος εκπαίδευσης τους διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες την επιβλεπόμενη (supervised learning), μη επιβλεπόμενη μάθηση (unsupervised learning) και τη μάθηση με ενίσχυση (reinforcement learning).

Εποπτευόμενη Μάθηση



Σχήμα 5: Εποπτευόμενη μάθηση (supervised learning)

Σε αυτή τη μάθηση ενός ΤΝΔ, υπάρχουν τα πρότυπα ως ζεύγη εισόδων και η επιθυμητή έξοδος σε συνδυασμό με την παρουσία κάποιου “δασκάλου” που επιβλέπει την εκπαίδευση του. Το δίκτυο δεν έχει καμία γνώση για το περιβάλλον, μαθαίνει τις κατάλληλες τιμές των βαρών χρησιμοποιώντας μία επαναλαμβανόμενη διαδικασία, κατά την οποία εφαρμόζονται στο δίκτυο είσοδοι από το εκπαιδευτικό σύνολο και κατόπιν τα βάρη ρυθμίζονται σε μικρά βήματα έτσι ώστε, η απόδοση του δικτύου να προσεγγίζει την επιθυμητή συμπεριφορά.

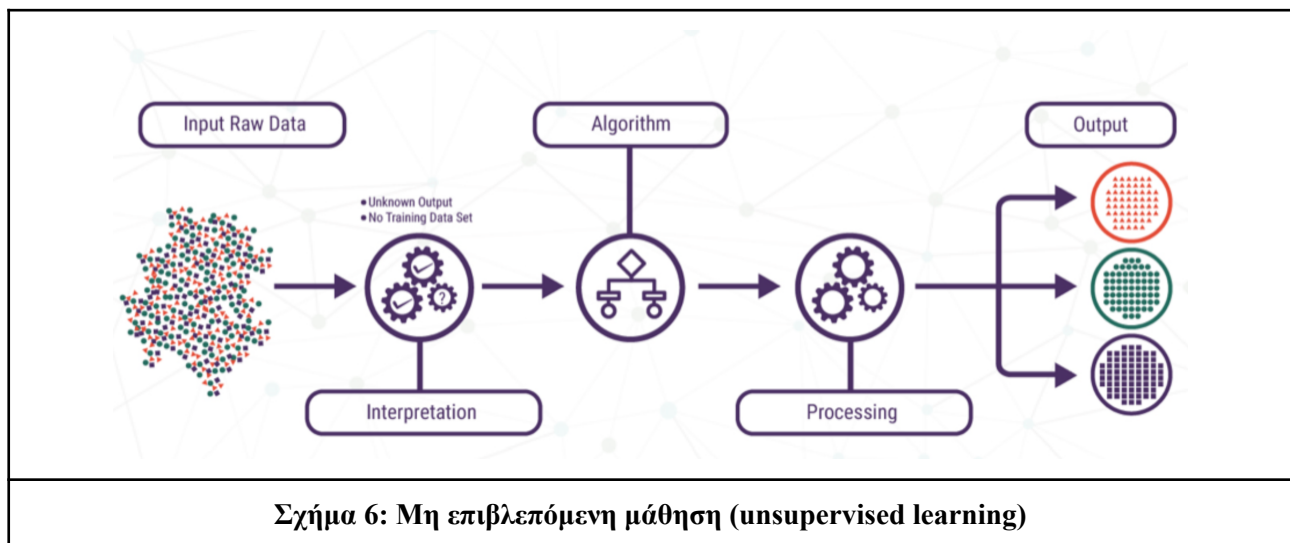
Το ίδιο σύνολο δεδομένων υποβάλλεται σε επεξεργασία πολλές φορές καθώς τα βάρη σύνδεσης βελτιώνονται. Ακόμη, όσο αφορά τα σφάλματα του δικτύου διαδίδονται ξανά μέσα στο σύστημα ώστε να αναγκαστούν να προσαρμοστούν τα βάρη. Εάν ένα σύστημα δεν μπορεί να λύσει το πρόβλημα τότε ο σχεδιαστής θα πρέπει να ελέγξει ξανά τις εισόδους - εξόδους, τον αριθμό επιπέδων, των στοιχείων ανά επίπεδο, τις συνδέσεις μεταξύ των επιπέδων, τις συναρτήσεις άθροισης, μεταφοράς και εκπαίδευσης ακόμη και τα αρχικά βάρη.

Τέλος, ολοκληρώνουμε ένα κύκλο εκπαίδευσης όταν περάσουμε, έστω μία φορά από όλες τις εισόδους. Οι κύκλοι εκπαίδευσης μπορεί να είναι πολύ, ανάλογα με το πόσο απαραίτητο είναι

για το σύστημα να έχει μία επιθυμητή συμπεριφορά. Όταν το δίκτυο έχει εκπαιδευτεί πλήρως τότε τα βάρη μπορούν να “παγώσουν” ή να συνεχίζει να μαθαίνει κατά τη χρήση της παραγωγής.

Η εποπτευόμενη μάθηση αποτελείται μέχρι στιγμής ο πιο διαδεδομένος τρόπος εκπαίδευσης τον machine learning. Χρησιμοποιείται σε προβλήματα ταξινόμησης (classification), πρόγνωσης (prediction) και διερμηνείας (interpretation). Για παράδειγμα, η πιο γνωστή αλγόριθμοι είναι ο Back-Propagation, Perceptron Learning Algorithms, ADALINE & MADALINE κλπ.

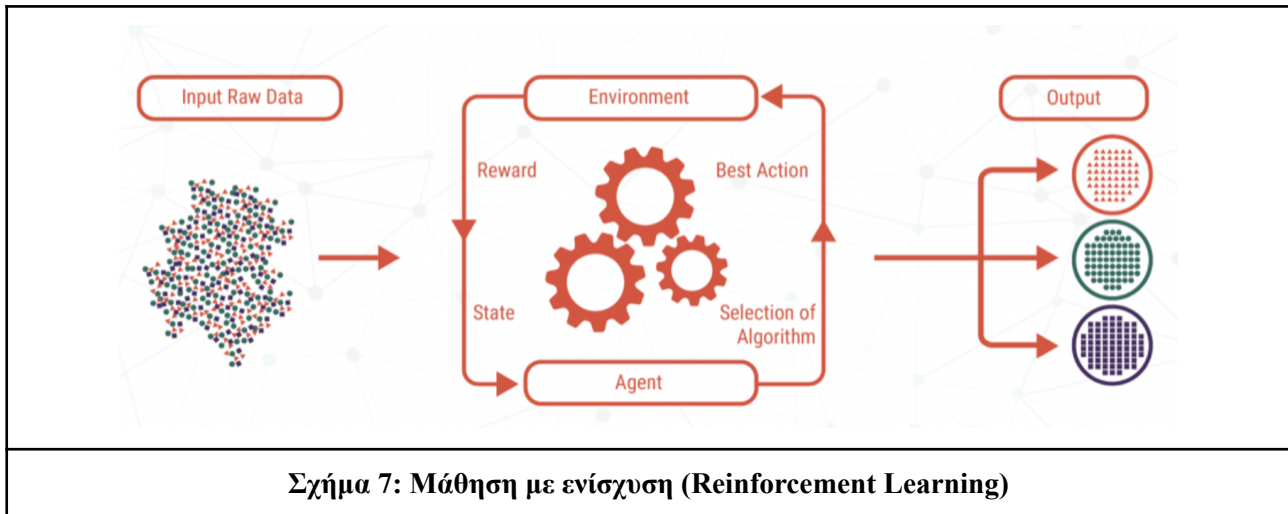
Μη Επιβλεπόμενη Μάθηση



Στην εκπαίδευση χωρίς επίβλεψη (unsupervised learning), το δίκτυο παρέχεται με εισόδους αλλά χωρίς, τις επιθυμητές εξόδους. Το ίδιο το σύστημα στη συνέχεια αποφασίζει ποιες δυνατότητες θα χρησιμοποιήσει για να ομαδοποιήσει τα δεδομένα εισόδου χωρίς κάποια εξωτερική βοήθεια. Στην ουσία, δεν υπάρχει δάσκαλος που να ελέγχει την ορθότητα της μάθησης. Το ΤΝΔ καλείται να ανακαλύψει κάποια δομή ή ομοιότητα στα δεδομένα που του παρουσιάζονται. Δηλαδή, τα δεδομένα που “μοιάζουν” αρκετά μεταξύ τους θα έχουν την ίδια απάντηση. Οπότε το σύστημα προσπαθεί να ομαδοποιήσει τα δεδομένα εισόδου.

Αυτό αναφέρεται συχνά ως αυτοοργάνωση (*self-organized*) ή προσαρμογή. Χρησιμοποιείται σε προβλήματα ανάλυσης συσχετισμών (association analysis), ομαδοποίησης (clustering). Για παράδειγμα, αλγόριθμοι εκπαίδευσης χωρίς επίβλεψη είναι ο αλγόριθμος Hebbian, ο διαφορικός αλγόριθμος Hebbian και ο Min-Max και ο Kohonen αλγόριθμος κλπ.

Μάθηση με Ενίσχυση



Σε αυτό τον τρόπο εκπαίδευσης το ΤΝΔ διαθέτει έναν εξωτερικό επιβλέποντα. Συγκεκριμένα ο επιβλέπων ενημερώνει το σύστημα εάν έδωσε σωστή ή λάθος απάντηση. Ο επιβλέπων δεν παρέχει τη σωστή απάντηση αλλά με απόρριψη της προτεινόμενης εξόδου, έτσι οδηγεί το σύστημα να ανακαλύψει τη σωστή απάντηση και να μάθει μέσα από την άμεση αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Η έννοια της ενισχυμένης μάθησης είναι εμπνευσμένη από τα αντίστοιχα μοντέλα μάθησης με επιβράβευση και τιμωρία. Χρησιμοποιείται συνήθως σε προβλήματα σχεδιασμού (planning) για παράδειγμα παιχνιδιών σκάκι, τάβλι κλπ.

4.3.4 Πλεονεκτήματα Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων

Χρησιμοποιώντας τα Τεχνητά Νευρωνικά δίκτυα μπορούμε να διακρίνουμε τα εξής πλεονεκτήματα:

- *Μη γραμμικότητα (non-linearity)*

Ένα νευρωνικό δίκτυο, που αποτελείται από τη διασύνδεση μη γραμμικών νευρώνων, είναι από μόνο του μη γραμμικό. Η μη γραμμικότητα είναι μια εξαιρετικά σημαντική ιδιότητα, ιδιαίτερα εάν ο υποκείμενος φυσικός μηχανισμός που είναι υπεύθυνος για την παραγωγή του σήματος εισόδου είναι εγγενώς μη γραμμικός. Τα μη γραμμικά συστήματα έχουν τη δυνατότητα εύρεσης συντομεύσεων για την επίτευξη υπολογιστικά ακριβών λύσεων.

- *Προσαρμοστικότητα (adaptivity)*

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά ενός νευρωνικού δικτύου είναι να προσαρμόζουν τα συναπτικά τους βάρη ανάλογα με τις αλλαγές του στο περιβάλλον. Ένα δίκτυο είναι

εκπαιδευμένο να λειτουργεί σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον αλλά έχει τη δυνατότητα να επανεκπαιδευτεί εάν, τυχόν υπάρχουν αλλαγές στις συνθήκες περιβάλλοντος. Επίσης, εάν λειτουργεί σε ένα μη στάσιμο περιβάλλον μπορεί να σχεδιαστεί να αλλάζουν τα συναπτικά του βάρη σε πραγματικό χρόνο.

Ο Grossberg το 1988 ανέφερε ότι “Οι κύριες χρονικές περιόδους του συστήματος θα πρέπει να είναι μεγάλες ώστε το σύστημα να αγνοεί ψευδείς διαταραχές και ωστόσο σύντομο χρονικό διάστημα για να ανταποκριθεί σε ουσιαστική αλλαγή στο περιβάλλον.”

- *Ανοχή σε σφάλματα του υλικού (fault tolerance)*

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα έχουν τη δυνατότητα για υψηλή ανοχή σφαλμάτων. Ένα ΤΝΔ που υλοποιείται σε μορφή υλικού μπορεί να είναι ανθεκτικό σε σφάλματα δεδομένου και η απόδοσή του υποβαθμίζεται σταδιακά κάτω από αντίξοες συνθήκες.

Για παράδειγμα, αν ένας νευρώνας είναι κατεστραμμένος και η ανάκληση του ενός αποθηκευμένου μοτίβου είναι μειωμένο σε ποιότητα τότε, λόγω της κατανεμημένης φύσης του δικτύου, το σφάλμα είναι ελάχιστα εκτεταμένο με βάση τη συνολική απόκριση του δικτύου. Έτσι, παρατηρούμε ότι ένα δίκτυο μπορεί να υποβαθμίσει την απόδοση του παρά να επιφέρει μια καταστροφική αποτυχία. Ο Kerlirzin και Vallet το 1993 αναφέρουν ότι για να βεβαιωθείτε ότι το ΤΝΔ είναι ανθεκτικό σε σφάλματα μπορούν να ληφθούν διορθωτικά μέτρα κατά των σχεδιασμό του αλγορίθμου για την εκπαίδευση του δικτύου.

- *Ανοχή στο θόρυβο (noise tolerance)*

Εφόσον, έχουμε τη δυνατότητα να τα εκπαιδύσουμε και να σχεδιάσουμε το δίκτυο από την αρχή, μπορούμε να αποφύγουμε και τη δυνατότητα αλλοίωσης της πληροφορίας από κάποιο θόρυβο. Επίσης, ένα άλλο σημαντικό είναι ότι τα ΤΝΔ μπορούν να απομνημονεύσουν πληροφορίες ώστε να αποφύγουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα θορυβώδη δεδομένα και να εξάγουν και πάλι κάποια βασικά στοιχεία του συστήματος.

- *Παράλληλος τρόπος λειτουργίας*

Τα ΤΝΔ είναι συστήματα παράλληλων κατανεμημένων διεργασιών και μπορούν να επιτύχουν μεγάλες ταχύτητες. Δηλαδή, ένα δίκτυο μοιράζει μία εργασία στα επιμέρους τμήματα, το επεξεργάζονται με παράλληλο τρόπο και εξάγουν την πληροφορία.

- *Ευκολία εκπαίδευσης*

Τα δίκτυα έχουν εξαιρετική ικανότητα αναγνώρισης προτύπων καθώς, μπορούν να μάθουν από κάποια παραδείγματα και ύστερα να τα εφαρμόζουν μόλις προκύψει ένα παρόμοιο συμβάν. Αυτή η ευκολία στην εκπαίδευση τους, δεν μπορεί να επηρεάσει τα δεδομένα που έχουν θόρυβο. Καθιστώντας τα ικανά να μαθαίνουν μέσα από πρότυπα.

5. Σχεδίαση & Ανάλυση Εκπαιδευτικού Λογισμικού

Σε αυτή την ενότητα, θα αναφέρουμε τις τεχνολογίες και τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του εκπαιδευτικού λογισμικού. Τέλος, θα παρουσιάσουμε την αλληλεπίδραση που διέπει το πρόγραμμα με τον χρήστη.

5.1 Περιγραφή

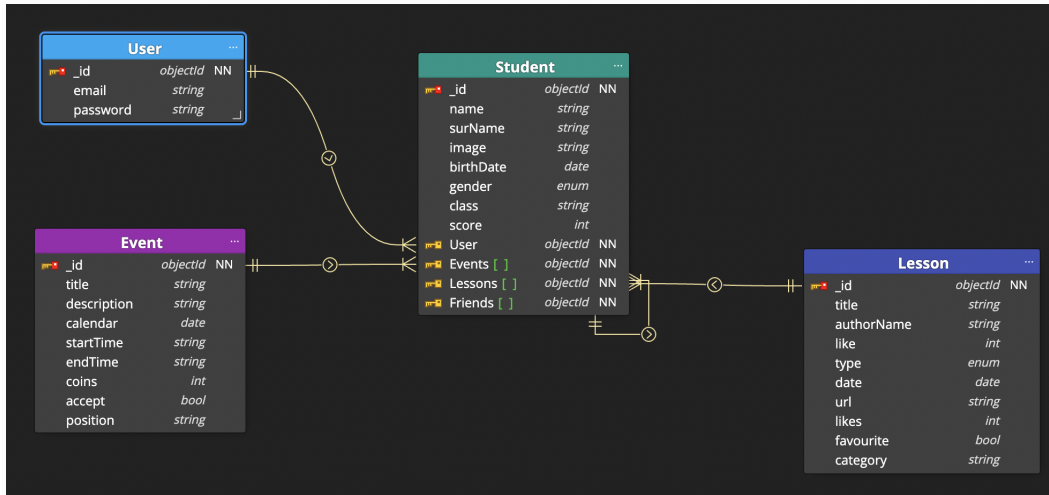
Σκοπός αυτού του λογισμικού είναι η υλοποίηση μιας εκπαιδευτικής πλατφόρμας με τη χρήση των νευρωνικών δικτύων. Ο κάθε χρήστης, θα μπορεί να εγγραφεί δίνοντας τις πληροφορίες για το εκπαιδευτικό του υπόβαθρο. Έπειτα, ο εκπαιδευόμενος μπορεί να παρακολουθεί τα μαθήματα του ανάλογα με το μαθησιακό του στυλ (οπτικό, ακουστικό, ανάγνωση και κιναισθητικό). Η πλατφόρμα χάρις τη χρήση των νευρωνικών δικτύων θα προσαρμόζεται ανάλογα με το στυλ μάθησης του εκπαιδευόμενου. Τέλος, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να συμμετέχει σε εκπαιδευτικές εκδηλώσεις και να αλληλεπιδρά με τους φίλους του.

5.2 Παρουσίαση της βάσης δεδομένων του συστήματος

Για τη συλλογή και οργάνωση των πληροφοριών της πλατφόρμας επιλέχθηκε η βάση δεδομένων σε NoSQL και το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε είναι το MongoDB. Ταξινομημένο ως πρόγραμμα βάσης δεδομένων NoSQL, το MongoDB είναι ένα εργαλείο που μπορεί να διαχειριστεί πληροφορίες προσανατολισμένες στα έγγραφα, να επεκταθεί, να αποθηκεύσει ή να ανακτήσει πληροφορίες. Ακόμη, τα βασικά χαρακτηριστικά που διαθέτει η NoSQL είναι η βελτιστοποίηση για εφαρμογές που απαιτούν μεγάλο όγκο δεδομένων, η χαμηλή καθυστέρηση και τα ευέλικτα μοντέλα δεδομένων.

Επίσης, η αποθήκευση και λειτουργία της βάσης έγινε σε Docker Image για την ευκολότερη πρόσβαση, την ασφαλέστερη λειτουργία και τη γρηγορότερη επαναφορά ως προς τα αντίγραφα ασφαλείας.

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα της βάσης δεδομένων με Collection: User, Student, Event και Lesson.



Εικόνα 1: Διάγραμμα Βάσεις Δεδομένων

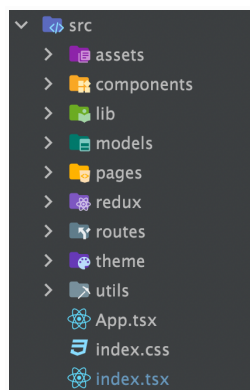
5.3 Τεχνολογίες & Προγράμματα

5.3.1 Front-end

Η υλοποίηση του front-end περιλαμβάνει τη διασφάλιση ότι τα διάφορα οπτικά στοιχεία μιας πλατφόρμας είναι λειτουργικά και εύχρηστα για τη φιλική διεπαφή με τον χρήστη.

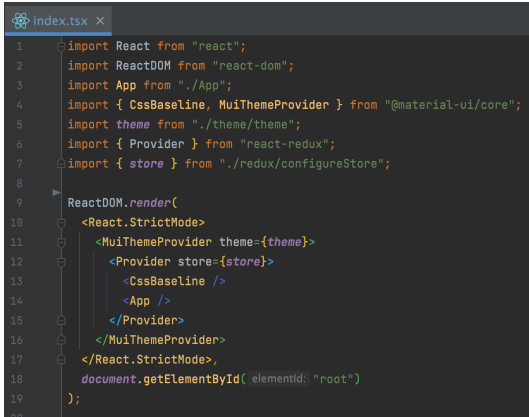
Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία διεπαφών χρήστη είναι η βιβλιοθήκη React της javascript με Typescript, βασισμένο σε UI components. Για τον σχεδιασμό τους χρησιμοποιήθηκε το Material UI και για το routing των σελίδων το React-router.

Επίσης, η διασφάλιση των δεδομένων στις σελίδες, πραγματοποιήθηκε με το state container της εφαρμογής τη Redux Toolkit. Τέλος, η πραγματοποίηση των αιτημάτων προς τους εξωτερικούς πόρους βασίστηκε στο REST API της βιβλιοθήκης Axios.



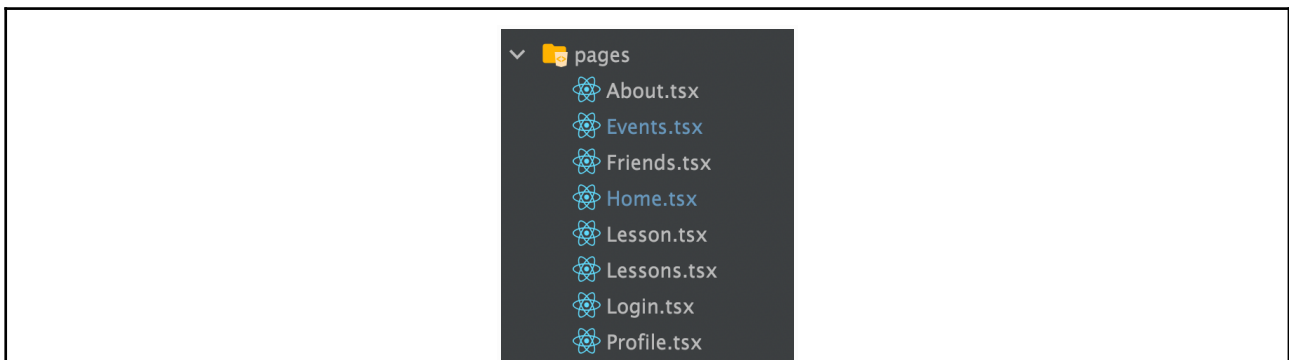
Εικόνα 2: Ο src φάκελος της εφαρμογής

Αρχικά, στο `index.tsx` αρχικοποιούμε τις βιβλιοθήκες που θα χρησιμοποιήσουμε για την εφαρμογή (βλ. Εικόνα 1).



```
1 import React from "react";
2 import ReactDOM from "react-dom";
3 import App from "./App";
4 import { CssBaseline, MuiThemeProvider } from "@material-ui/core";
5 import theme from "./theme/theme";
6 import { Provider } from "react-redux";
7 import { store } from "./redux/configureStore";
8
9 ReactDOM.render(
10   <React.StrictMode>
11     <MuiThemeProvider theme={theme}>
12       <Provider store={store}>
13         <CssBaseline />
14         <App />
15       </Provider>
16     </MuiThemeProvider>
17   </React.StrictMode>,
18   document.getElementById( elementId: "root" )
19 );
```

Εικόνα 3: Το αρχείο `index.tsx` της εφαρμογής



Εικόνα 4: Οι σελίδες της εφαρμογής

3.3.2 Back-end

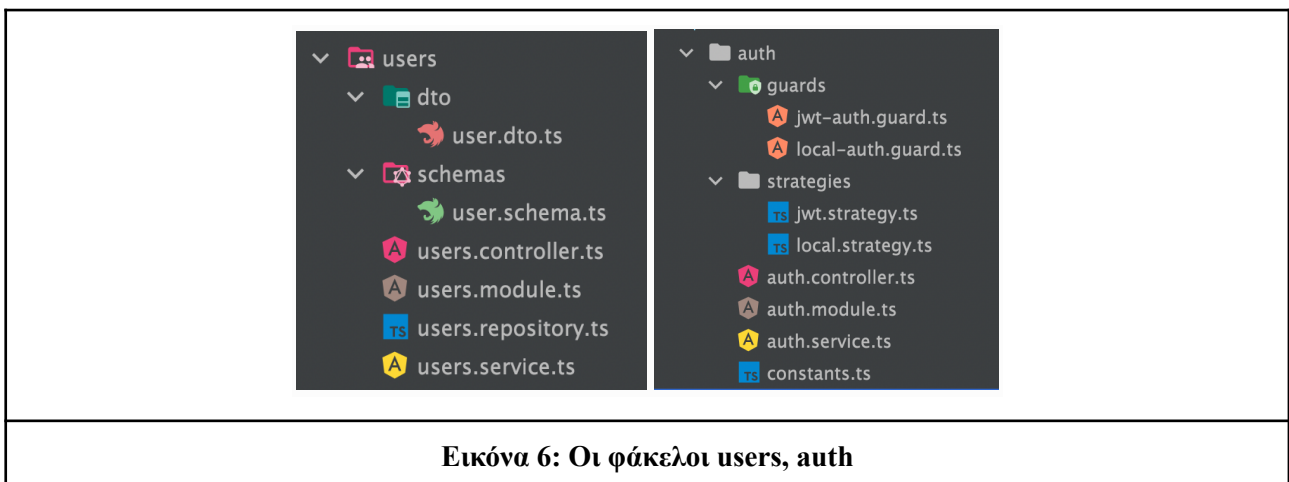
Στο *back-end* δημιουργούνται υπηρεσίες που επεξεργάζονται την επιχειρηματική λογική και την πρόσβαση σε άλλους πόρους, όπως βάσεις δεδομένων, διακομιστές αρχείων κλπ. Αυτές οι υπηρεσίες αποτελούν τη βάση για οποιαδήποτε εφαρμογή και μπορεί να προσπελαστούν και να χρησιμοποιηθούν όχι μόνο από εφαρμογές απόδοσης από την πλευρά του διακομιστή αλλά και από εφαρμογές απόδοσης από την πλευρά του πελάτη.

Η ανάπτυξη της εφαρμογής έγινε τοπικά στον υπολογιστή, χρησιμοποιώντας το περιβάλλον Nest.js το οποίο είναι ένα framework για τη δημιουργία επεκτάσιμων εφαρμογών Node.js, χρησιμοποιώντας JavaScript και υποστηρίζοντας πλήρως TypeScript.

Για τη δημιουργία του API αρχικά στη `main.ts` είναι η `core function` της εφαρμογής και από εκεί εκτελείται ο `server` όταν η πλατφόρμα είναι έτοιμη για το `production server`. Το `root module` του `application` είναι το `app.module.ts` εμπεριέχει τη σύνδεση με τη βάση `MongoDB` και τα υπόλοιπα `modules` της εφαρμογής. Επίσης, έχουν δημιουργηθεί τέσσερις φάκελοι για την εξυπηρέτηση της εφαρμογής μας τα `event`, `lesson`, `student`, `users` και `auth`.



Σε κάθε φάκελο περιέχεται τον `Controller` για να διαχειρίζεται τα `HTTP requests` και επιστρέφει `responses` προς τον πελάτη και τους `providers`. Ο φάκελος `schemas` περιέχει το `schema User` για το `mongoDB` με τη βιβλιοθήκη `mongoose`. Αντίστοιχα, το `user schema` για το `DTO (Data Transfer Schema)`. Το `module.ts` είναι το κεντρικό αρχείο του φακέλου που περιέχει τους `controllers`, `providers` και οτιδήποτε χρειάζεται να χρησιμοποιήσουμε για το φάκελο (π.χ. `users`). Επίσης, για το `authentication` του χρήστη δημιουργήσαμε το φάκελο `auth` χρησιμοποιώντας `guards` και `strategies`.



Για τη δημιουργία ενός προσαρμοστικού συστήματος, χρησιμοποιήθηκε ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο. Για να επιλέξουμε την καταλληλότερη προσαρμογή ενός συστήματος για τους εκπαιδευόμενους, λάβαμε υπόψη το μαθησιακό στυλ τους. Το στυλ μάθησης κάθε μαθητή, με βάση το πλαίσιο `VARC (Visual, Auditory, Reading, Kinesthetic)`, είναι τα δεδομένα εισόδου για το `ANN`.

Πιο συγκεκριμένα, για κάθε τύπο μαθησιακού στυλ μάθησης αποδίδονται διαφορετικά βάρη. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι εάν ένας μαθητής χαρακτηρίζεται ως Οπτικός, προτιμάει να βλέπει εικόνες, βίντεο και διαγράμματα. Ωστόσο, προτιμά να συμμετέχει στις προαναφερθείσες δραστηριότητες σε διαφορετικό ποσοστό από ότι να διαβάσει ένα κείμενο. Στα άλλα είδη συνεργατικών δραστηριοτήτων αποδίδεται η αντίστοιχη βαρύτητα με βάση την ίδια λογική.

Για τη δημιουργία του νευρωνικού δικτύου χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη Mind.js.

Αρχικά το νευρωνικό δίκτυο εκπαιδεύτηκε με τα παρακάτω Inputs - Outputs

Inputs	Outputs
0,0	0.2
0,1	0.4
1,0	0.6
1,1	0.8

Πίνακας 1: Πίνακας Inputs/Outputs του ΤΝΔ.

Πρακτικά, ας εξετάσουμε την περίπτωση της Μαρίας. Αναφορικά με το συνεργατικό της στυλ μάθησης, χαρακτηρίζεται Kinesthetic, σύμφωνα με την ταξινόμηση αγαπημένων μαθημάτων του συστήματος.

Έχουμε ως input τα εξής: $x_1=1, x_2=1$

Οι τιμές των αντίστοιχων βαρών του ANN μας είναι οι εξής: $w_{11}=0.8, w_{12}=0.4, w_{13}=0.3, w_{21}=0.2, w_{22}=0.9, w_{23}=0.5, w_{3y}=0.3, w_{4y}=0.5, w_{5y}=0.9$.

$$h_3 = S(1 * 0.8 + 1 * 0.2) = S(1) = 0.73105857863$$

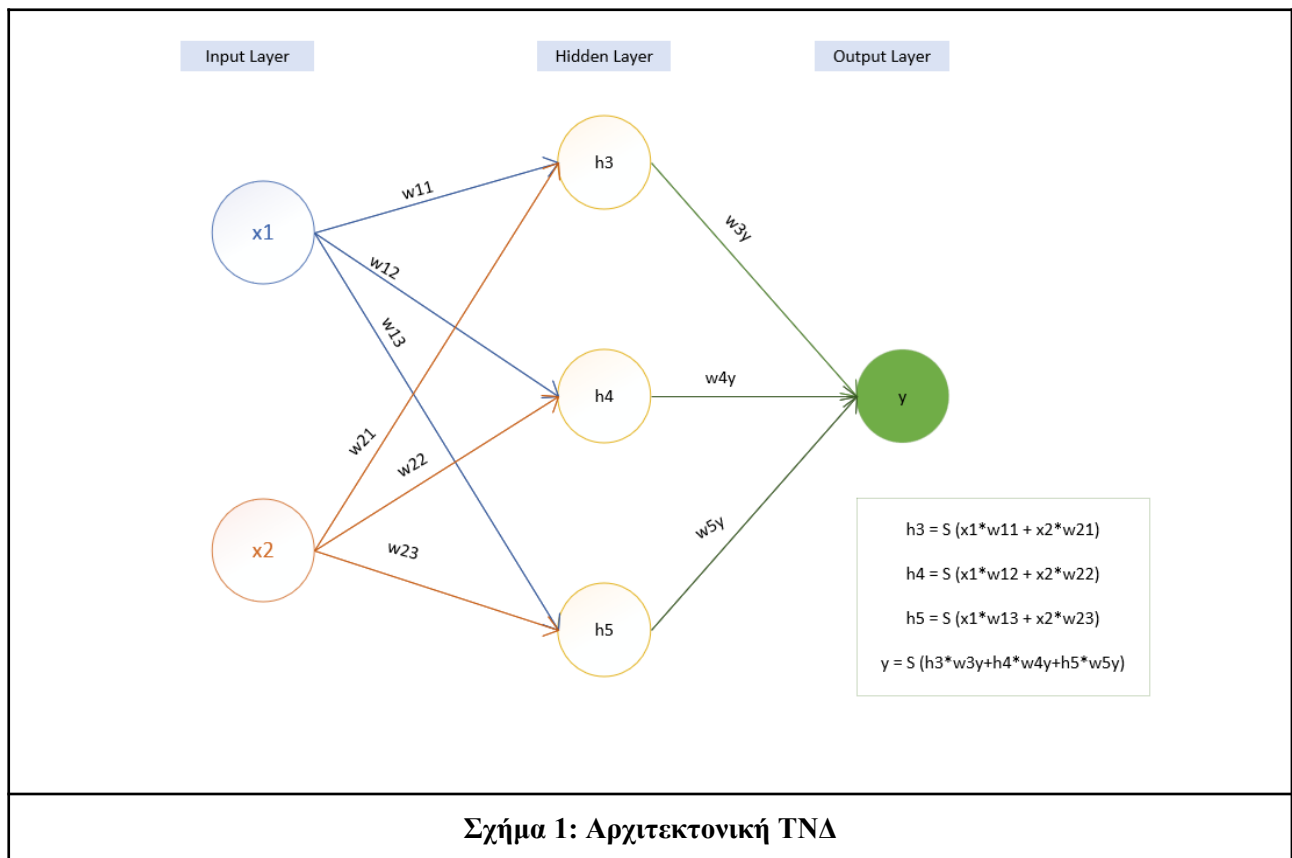
$$h_4 = S(1 * 0.4 + 1 * 0.9) = S(1.3) = 0.78583498304$$

$$h_5 = S(1 * 0.3 + 1 * 0.5) = S(0.8) = 0.68997448112$$

$$y = S(0.73 * 0.3 + 0.79 * 0.5 + 0.69 * 0.9) = S(1.235) = 0.7746924929149283$$

Στη συνέχεια, το σύστημα καταλήγει στο συμπέρασμα ότι σύμφωνα με το μαθησιακό προφίλ της Μαρίας, προτείνεται να λύνει ασκήσεις και να συμμετέχει σε δραστηριότητες.

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία για όλους τους χρήστες, το σύστημα παραδίδει σε κάθε εκπαιδευόμενο τα προτεινόμενα μαθήματα ανάλογα με το στυλ μάθησης του.

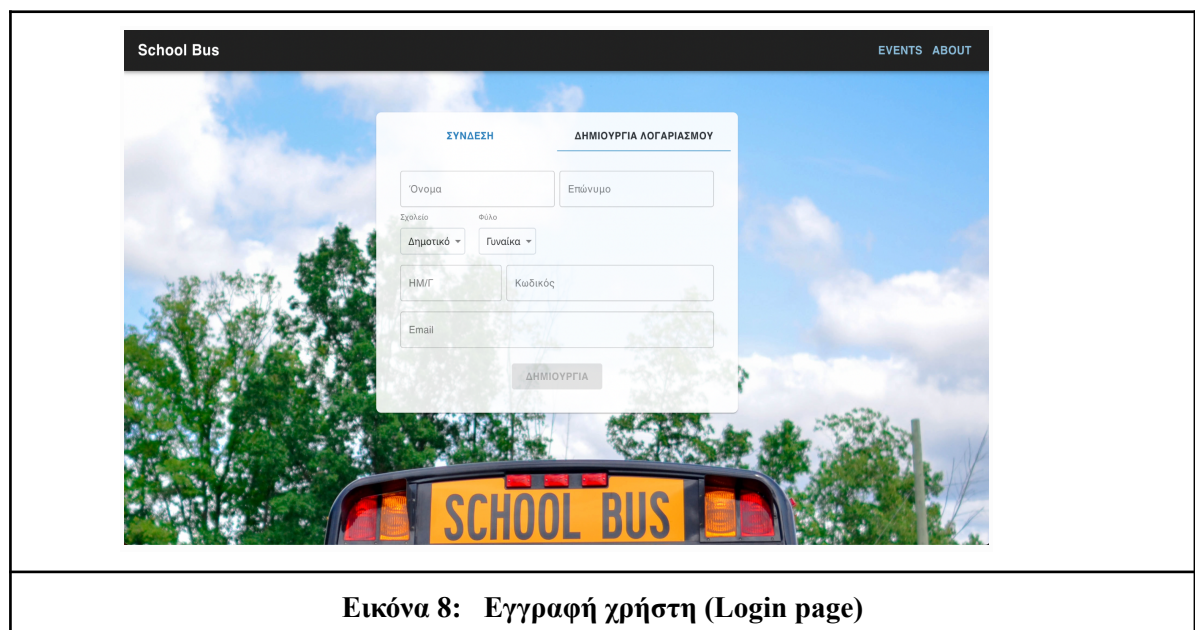
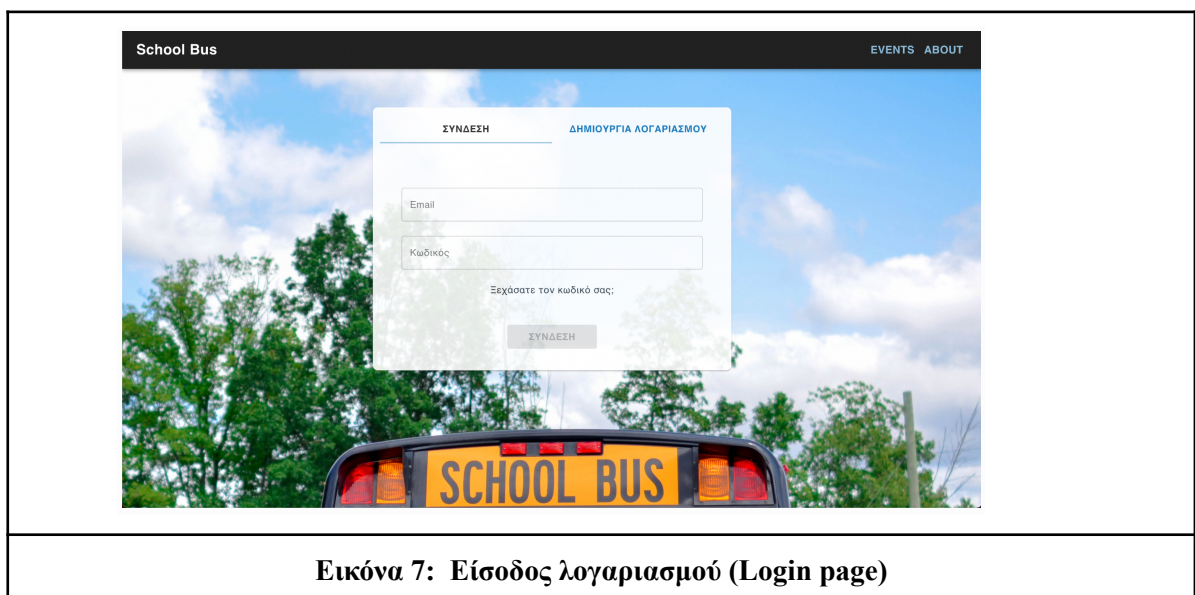


5.4 Τρόπος Λειτουργίας της Διαδικτυακής Εφαρμογής

Για τη διεπαφή του χρήστη με τη πλατφόρμα χρειάστηκε η καταγραφή οκτώ σελίδων:

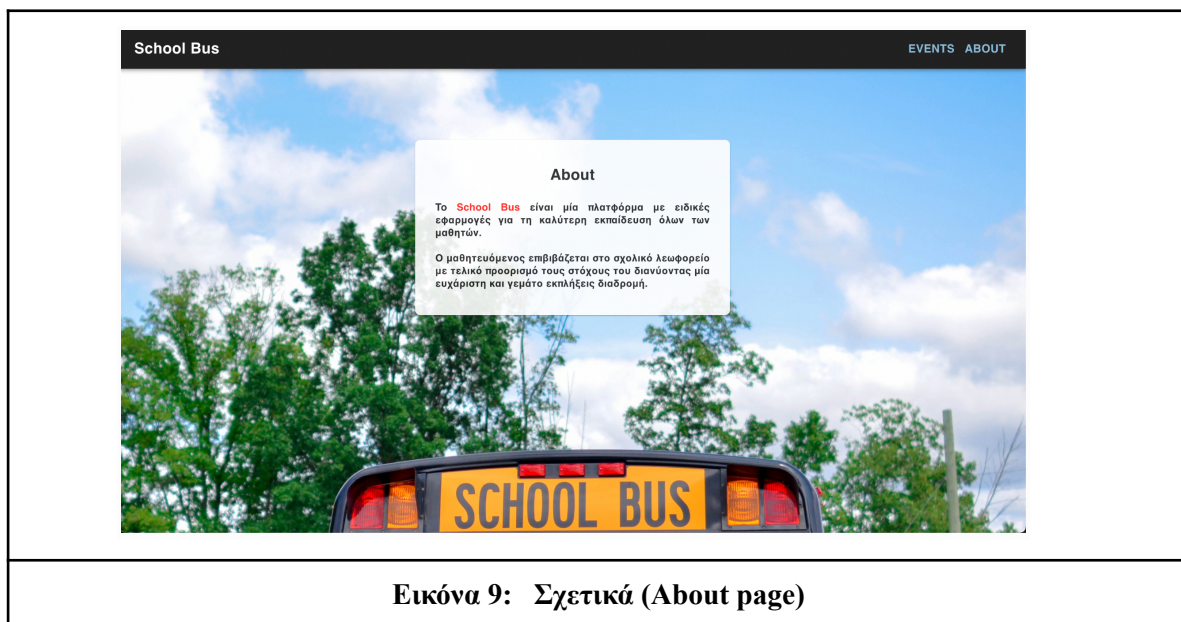
- **Login.tsx**

Η αρχική σελίδα είναι το Login.tsx η οποία συνδέεται με δύο σελίδες (About, Events). Στη σελίδα αυτή υπάρχουν δύο καρτέλες με τη φόρμα σύνδεσης (ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, κωδικός). Εάν ο χρήστης δεν έχει λογαριασμό για τον ιστότοπο μπορεί να μεταφερθεί στην καρτέλα δημιουργίας λογαριασμού και να συμπληρώσει τα στοιχεία του.



- **About.tsx**

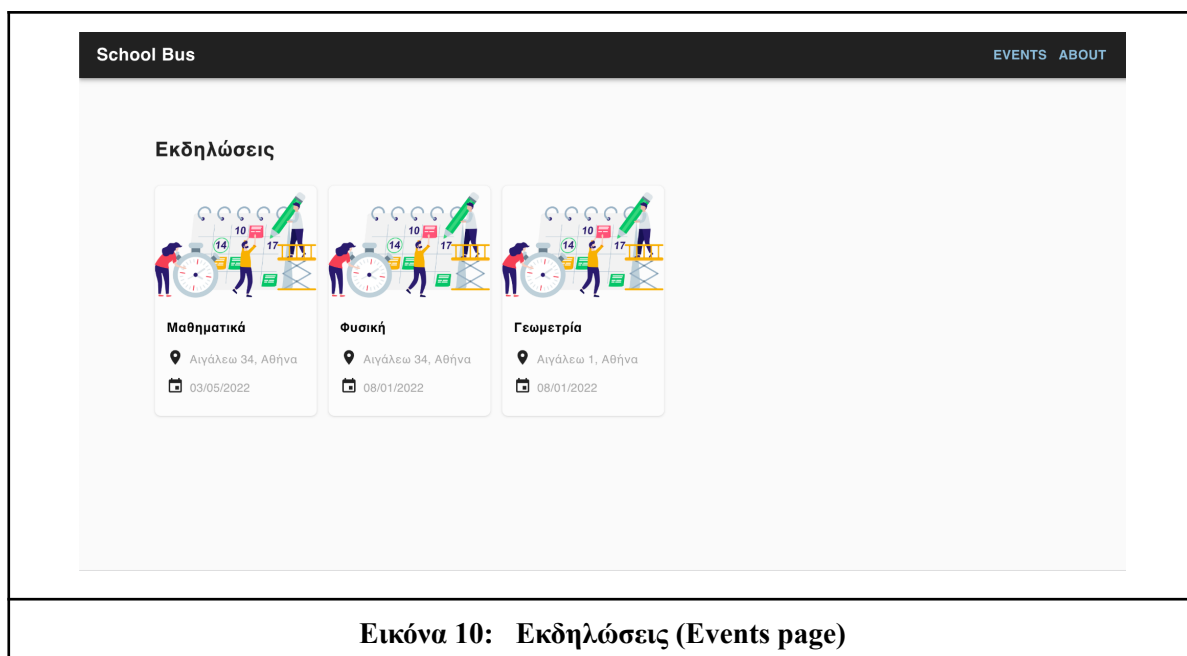
Σε αυτή τη σελίδα ο χρήστης μπορεί να λάβει κάποιες πληροφορίες για τη εφαρμογή.



Εικόνα 9: Σχετικά (About page)

- **Events.tsx**

Ο χρήστης χωρίς να έχει λογαριασμό έχει τη δυνατότητα να ενημερωθεί για τις τελευταίες εκδηλώσεις σχετικά με τα μαθήματα που τον ενδιαφέρουν.

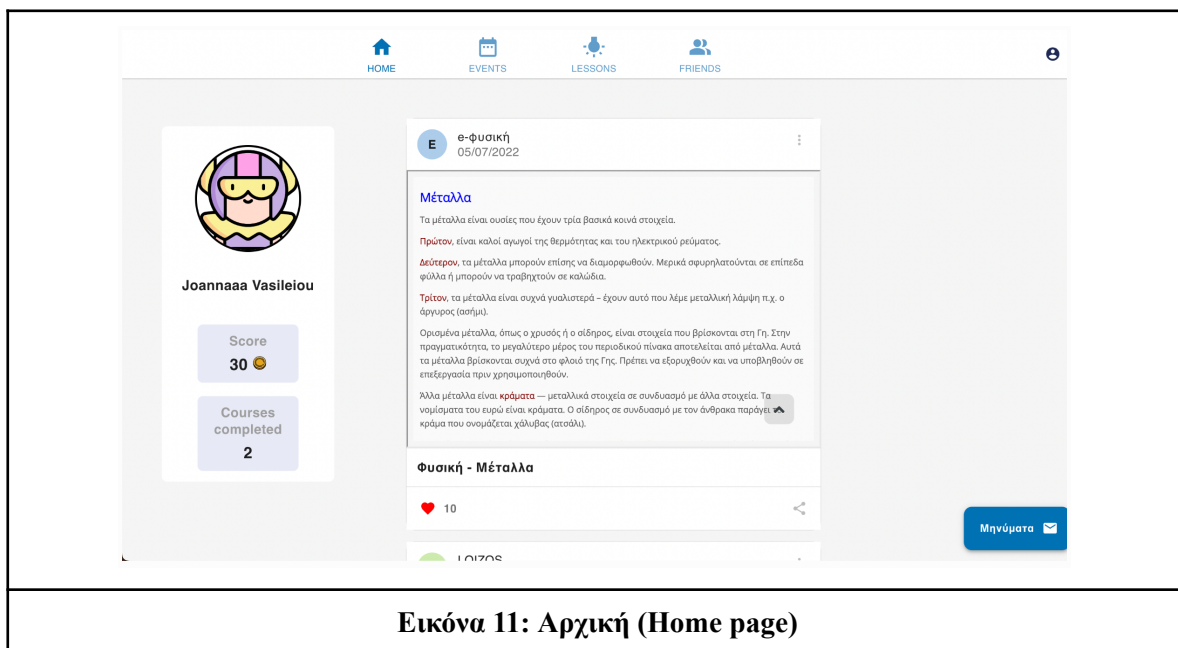


Εικόνα 10: Εκδηλώσεις (Events page)

- **Home.tsx**

Αφού αποκτήσει πρόσβαση στο λογαριασμό ο χρήστης μεταφέρεται στο Home.tsx σε αυτή τη σελίδα μπορεί να δει τη προσωπική του καρτέλα στα αριστερά της σελίδας.

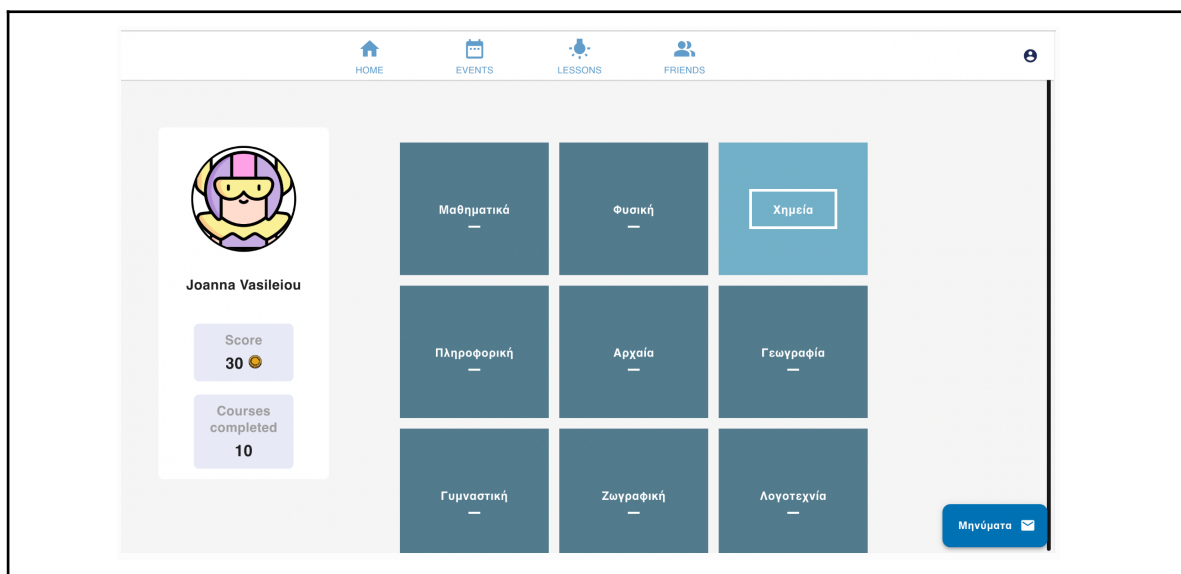
Στη κεντρική σελίδα, έχει τη δυνατότητα να παρακολουθήσει τα τελευταία μαθήματα που έχουν δημοσιευθεί. Στο πάνω μέρος έχουμε ένα μενού που συνδέεται με τις σελίδες Events, Lessons, Friends, Profile.



Εικόνα 11: Αρχική (Home page)

- **Lessons.tsx**

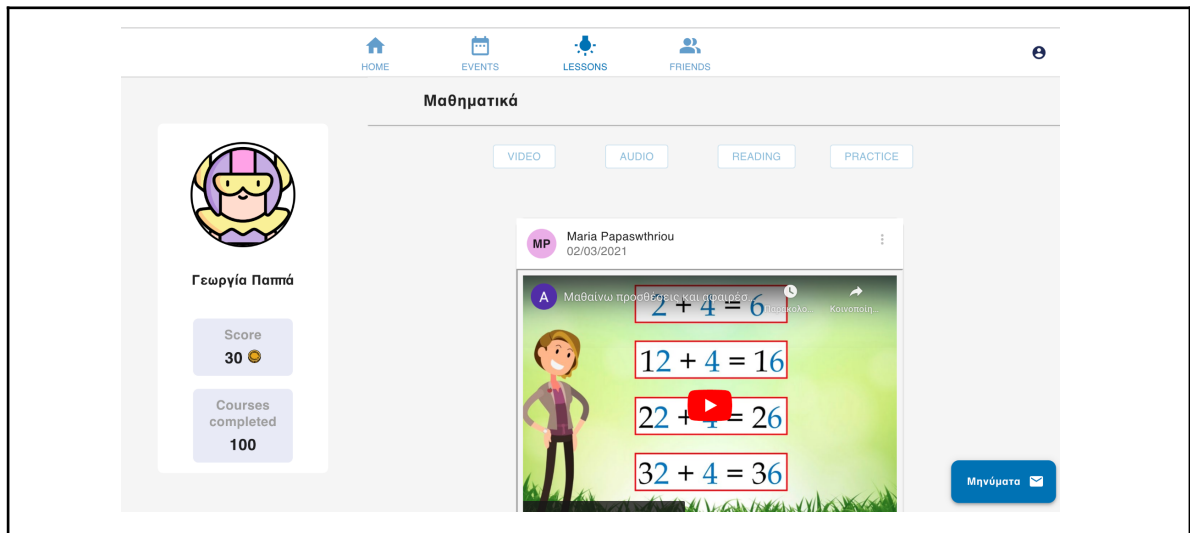
Στη σελίδα των μαθημάτων ο εκπαιδευόμενος μπορεί να επιλέξει το μάθημα που τον ενδιαφέρει.



Εικόνα 12: Μαθήματα (Lessons page)

- **Lesson.tsx**

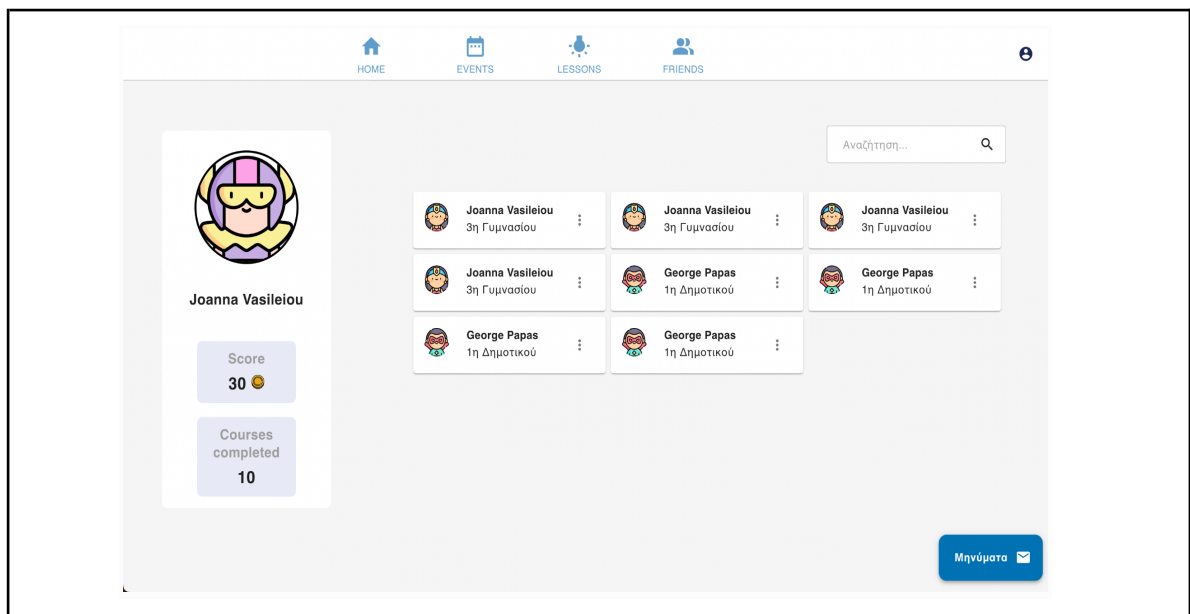
Επιλέγοντας ένα μάθημα (π.χ. Μαθηματικά) συνδέεται στη σελίδα Lesson.tsx έτσι ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τον τρόπο με τον οποίο θέλει να παρακολουθησει κάποια διάλεξη με βάση το στυλ που τον ενδιαφέρει.



Εικόνα 13: Η σελίδα μετά την επιλογή ενός μαθήματος (Lesson page)

- **Friends.tsx**

Σε αυτή τη σελίδα ο χρήστης μπορεί να δει τους διαδικτυακούς του φίλους και να αναζητήσει καινούργιους φίλους με βάση το όνομα τους.



Εικόνα 14: Οι φίλοι του χρήστη (Friends page)

- **Profile.tsx**

Ο χρήστης σε αυτή τη σελίδα μπορεί να επεξεργαστεί τα προσωπικά του στοιχεία όπως το όνομα, επώνυμο, email, την τάξη και το κωδικό ασφαλείας του.



Εικόνα 15: Επεξεργασία στοιχείων χρήστη (Profile page)

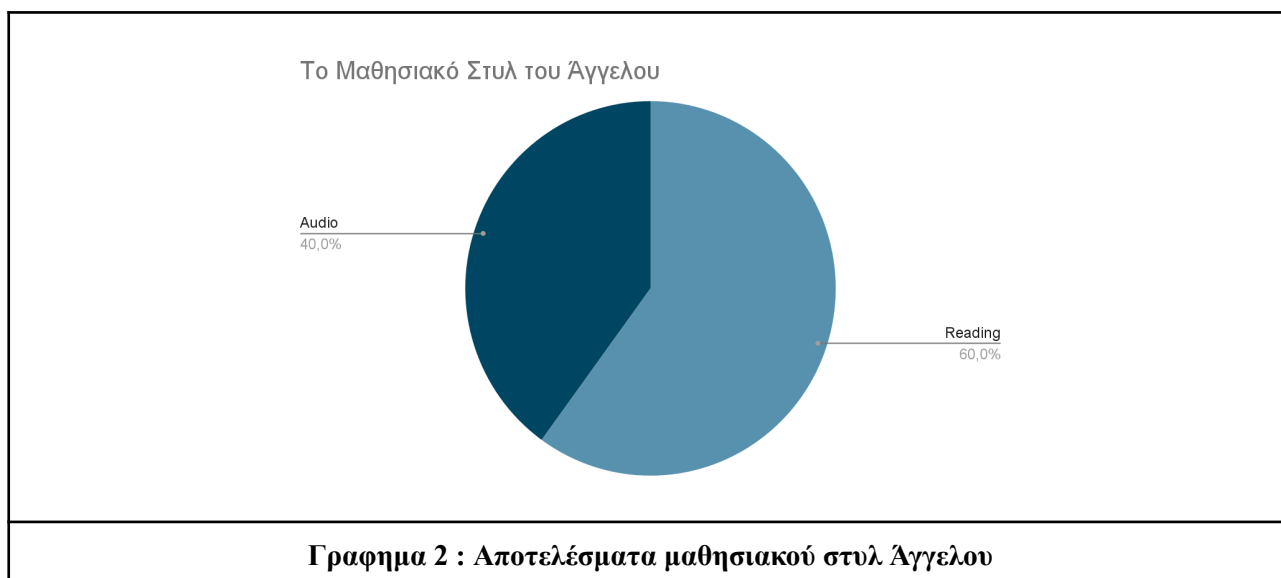
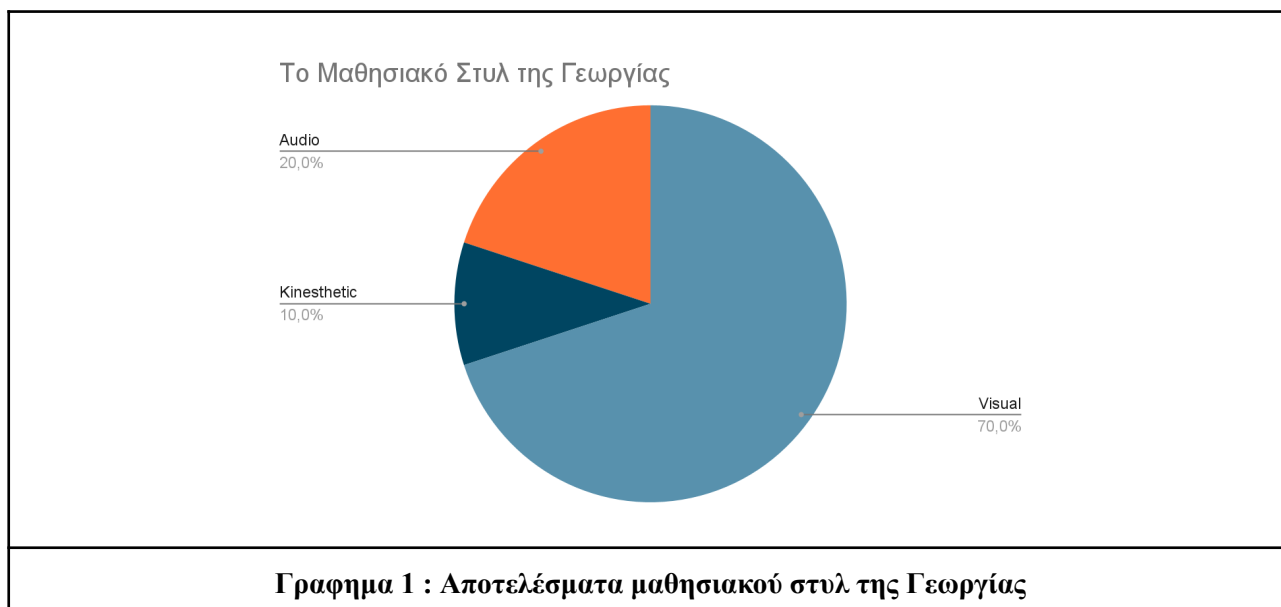
Συνοψίζοντας, η εκπαιδευτική πλατφόρμα *SchoolBus* μπορεί να συμβάλει στη διαμόρφωση των ευέλικτων περιβαλλόντων μάθησης, αφού οι μαθητές εργάζονται αυτορρυθμιζόμενοι και μαθαίνουν ανάλογα με το μαθησιακό στυλ και τις μορφωτικές επιλογές τους. Σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε το UI έτσι ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο εύχρηστο για τους χρήστες με περιορισμένη γνώση υπολογιστή. Επίσης, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα αξιολόγησης του εκπαιδευτικού περιεχομένου αξιοποιώντας το κίνητρο βελτίωσης προς τον εκπαιδευτή και τη καλύτερη προσέγγιση εκπαιδευτικού υλικού προς τους χρήστες.

Τέλος, παρέχει η δυνατότητα προσθήκη φίλων και την ενημέρωση συμμετοχής σε εκπαιδευτικές εκδηλώσεις, με αποτέλεσμα την κοινωνική αλληλεπίδραση και τη διερεύνηση του κοινωνικό πολιτισμικού περιβάλλοντος.

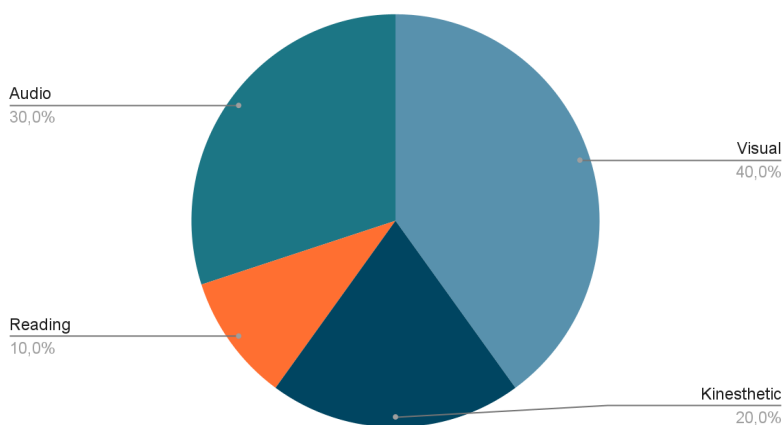
6. Παραδείγματα Χρήσης Νευρωνικού δικτύου

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα παραδείγματα χρήσης της εφαρμογής από μαθητές. Επίσης θα χρησιμοποιηθεί το ερωτηματολόγιο USE (Lund, 2001), πρόκειται για ένα εργαλείο το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση του συστήματος από τους χρήστες της πλατφόρμας. Τέλος, παρουσιάζεται η στατιστική ανάλυση που εκπονήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Προκειμένου να περιγράψουμε περισσότερο το εκπαιδευτικό σύστημα θα δώσουμε μερικά παραδείγματα από μαθητές με τα προαναφερθείσα βαροί του ANN: $w_{11} = 0.8$, $w_{12} = 0.4$, $w_{13} = 0.3$, $w_{21} = 0.2$, $w_{22} = 0.9$, $w_{23} = 0.5$, $w_{3y} = 0.3$, $w_{4y} = 0.5$, $w_{5y} = 0.9$.



Το Μαθησιακό Στυλ της Μαργαρίτας



Γραφημα 3 : Αποτελέσματα μαθησιακού στυλ της Μαργαρίτας

Μαθητές	Input	Output
Γεωργία Visual : 70% Audio: 20% Kinesthetic : 10%	Τα περισσότερα inputs είναι απο το [1,0] , το αμέσως επόμενο είναι το [0,0] και τελευταίο το [1,1]	$y1 = 0.4$ $y2 = 0.2$ $y3 = 0.7$
Άγγελος Reading : 60% Audio: 40%	Τα inputs ήταν [0,1] και [0,0]	$y1 = 0.6$ $y2 = 0.2$
Μαργαρίτα Visual : 40% Audio: 30% Reading : 10% Kinesthetic : 20%	Τα inputs αυτου του μαθητή κυμαίνονται στα [1,0], [0,0] [1,1], [0,1]	$y1 = 0.4$ $y2 = 0.2$ $y3 = 0.7$ $y4 = 0.6$

6.1 Αξιολόγηση

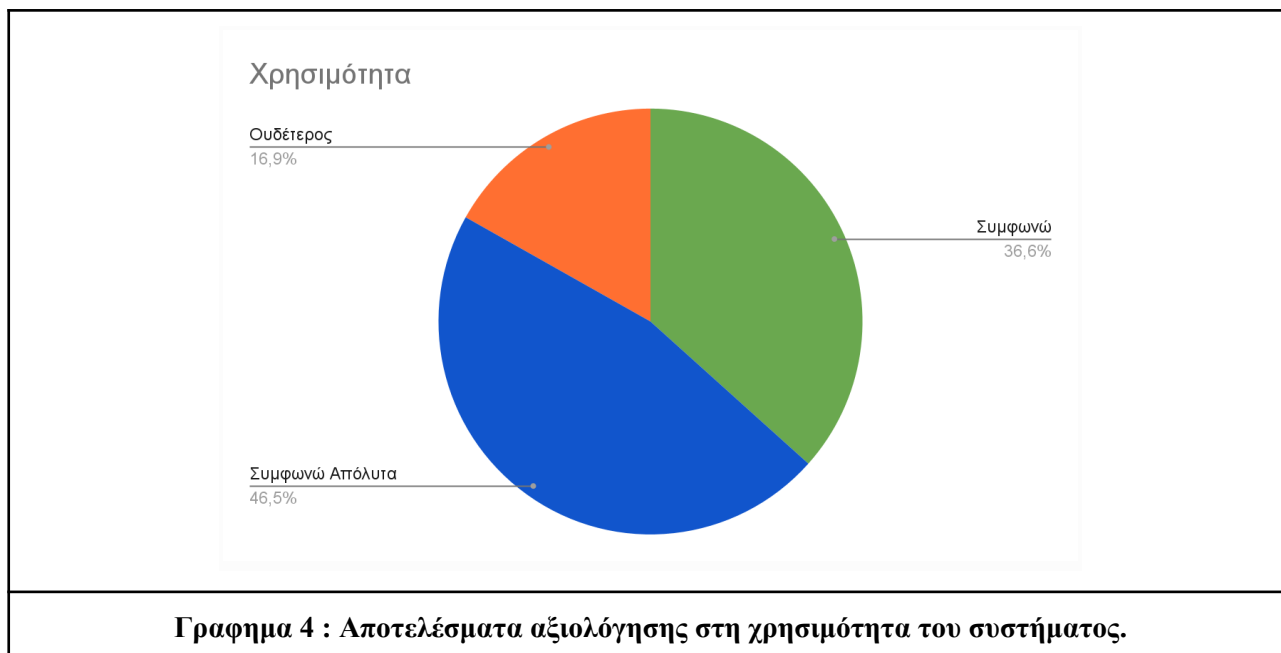
Για την αξιολόγηση ευχρηστίας χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο "USE" το οποίο σχεδιάστηκε για την αποτελεσματική μέτρηση των σημαντικότερων διαστάσεων της ευχρηστίας μιας διεπαφής. Περιλαμβάνει 30 ερωτήσεις τύπου πεντάβαθμης κλίμακας, στις οποίες οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν μία από τις ακόλουθες στάθμες συμφωνίας:

- Συμφωνώ Απόλυτα
- Συμφωνώ
- Ουδέτερος
- Διαφωνώ
- Διαφωνώ Απόλυτα

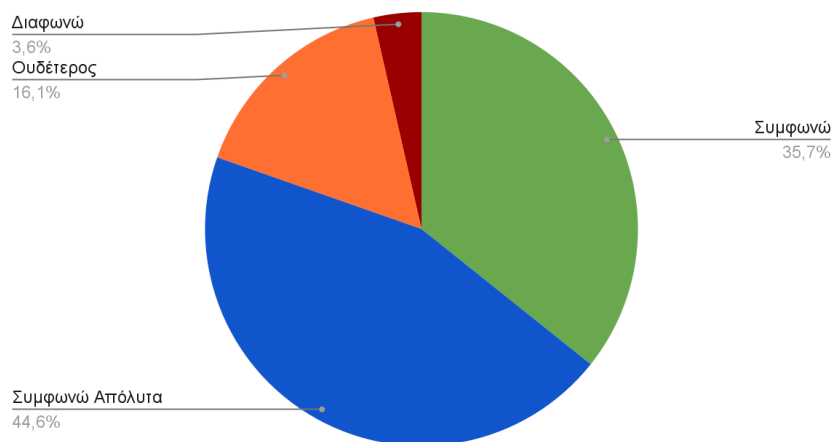
Οι 30 αυτές ερωτήσεις ομαδοποιούνται στις τέσσερις ακόλουθες κατηγορίες:

- Χρησιμότητα (Usefulness)
- Ευκολία Χρήσης (Ease of Use)
- Ευκολία Εκμάθησης (Ease of Learning)
- Ικανοποίηση (Satisfaction)

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης από 5 χρήστες ανά κατηγορία.

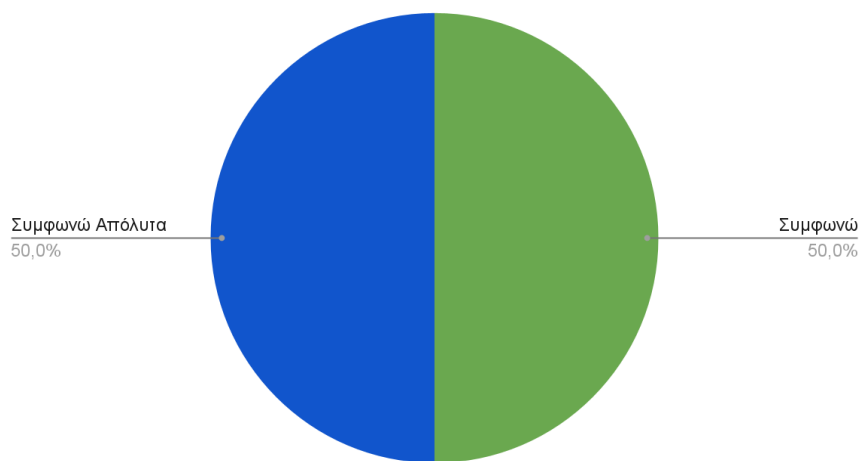


Ευκολία Χρήσης

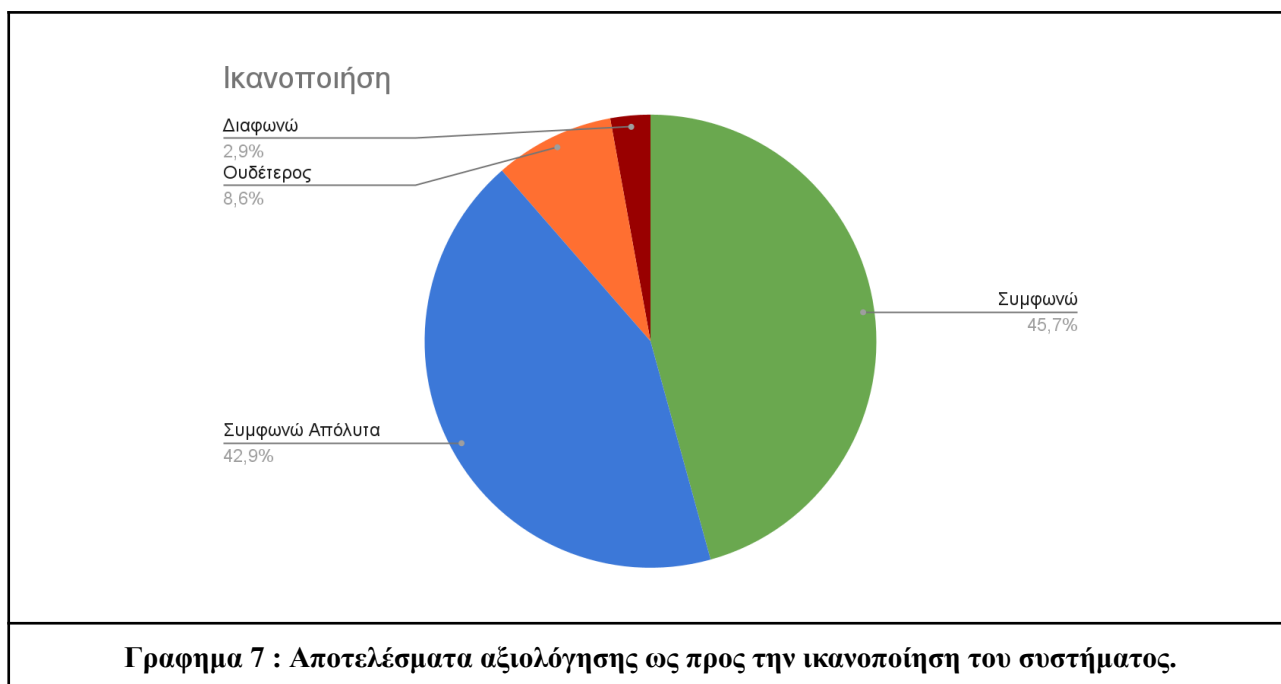


Γραφημα 5 : Αποτελέσματα αξιολόγησης στην ευκολία χρήσης του συστήματος.

Ευκολία Εκμάθησης



Γραφημα 6 : Αποτελέσματα αξιολόγησης στην ευκολία εκμάθησης του συστήματος.



Παρατηρώντας τα γραφήματα αξιολόγησης ως προς τη χρησιμότητα του συστήματος το μεγαλύτερο ποσοστό των ατόμων με 46.5% απάντησαν “Συμφωνώ Απόλυτα” και το 35.7% “Συμφωνώ” ενώ το υπόλοιπο τμήμα του με 16.9% “Ουδέτερος”.

Ακόμη για την ευκολία χρήσης της πλατφόρμας απάντησαν με 44.6% “Συμφωνώ Απόλυτα” και 35.7% “Συμφωνώ” ενώ “Ουδέτερος” απάντηση είχαμε με ποσοστό 16.1% και Διαφωνώ με 3.6%.

Τέλος, ως προς την ικανοποίηση του συστήματος παρατηρούμε το 42.9% και 45.7% απάντησαν “Συμφωνώ Απόλυτα” και “Συμφωνώ” αντίστοιχα. Ενώ το 8.6% “Ουδέτερος” και το 2,9% “Διαφωνώ”.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης απορρέει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών είχαν θετική ανταπόκριση με τη χρήση του Προσαρμοστικού Εκπαιδευτικού Συστήματος. Αποτυπώνονται τα συμπεράσματά που έχουν προκύψει για να βελτιωθεί περισσότερο η χρησιμότητα και η ευκολία ως προς τη χρήση του για τη μέγιστη ικανοποίηση των χρηστών.

Συμπεράσματα

Με την περάτωση της εργασίας έγινε εμφανές, ότι τα Προσαρμοστικά Συστήματα Εκπαίδευσης έχουν την ιδιότητα να μοντελοποιούν τον χρήστη, και στη συνέχεια να προσαρμόζονται κατάλληλα στις προτιμήσεις του, συμβάλλοντας με θετικό γνώμονα ως προς την εκπαιδευτική εξέλιξη του ατόμου.

Στο εκπαιδευτικό προσαρμοστικό περιβάλλον, έπαιξε σημαντικό ρόλο η σωστή εκπαίδευση του Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου και η ποιότητα των δεδομένων καθώς αυτοί είναι οι πρωταρχικοί παράγοντες για τα σωστά αποτελέσματα. Εάν η διαδικασία της μοντελοποίησης του χρήστη δεν πραγματοποιηθεί με επιτυχία, τότε αυτομάτως δεν καθίσταται δυνατή και η προσαρμογή του συστήματος. Επίσης, σε επίπεδο UI στην πλατφόρμα είναι πολύ σημαντικό οι διεπαφές και η ανταλλαγή πληροφοριών με το χρήστη να διαθέτει φιλικό και κατανοητό περιβάλλον έτσι ώστε οι δυνατότητες που προσφέρονται να είναι εύχρηστες και ευανάγνωστες.

Παρόλα αυτά υπάρχουν περαιτέρω προσθήκες για τη μελλοντική επέκταση της πλατφόρμας, όπως η ενσωμάτωση της ύλης του μαθήματος μέσω εκπαιδευτικού υλικού το οποίο θα συντελούσε σε ένα πιο ολοκληρωμένο και οργανωμένο επιμορφωτικό σύστημα. Ακόμη, η προσθήκη ενημέρωσης της επιβράβευσης (coins) με βάση τα μαθήματα που ολοκληρώνει ο χρήστης αλλά και τη βεβαίωση συμμετοχής του σε εκδηλώσεις με σκοπό την ενίσχυση για μάθηση. Τέλος, η δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ των εκπαιδευόμενων και τον εκάστοτε εκπαιδευτή ώστε να ενισχυθεί η συνεργατική μάθηση.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

Βασιλάς, Ν., n.d. *Νευρωνικά Δίκτυα*. Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών

2012. *Διάγραμμα του δυναμικού δράσης, του ηλεκτρικού παλμού που μεταδίδει πληροφορία μεταξύ των νευρικών κυττάρων, και των φάσεων που προηγούνται και έπονται της εμφάνισής του. Διακρίνεται ο ουδός πυροδότησης και η περιοχή υπερπόλωσης.* [image] Available at: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aktionspotential_el.svg> [Accessed 23 January 2012].

ΘΩΜΑΣ ΜΑΚΡΗ, Α. and ΒΛΑΧΟΠΟΥΛΟΣ, Δ., 2017. *Ηλεκτρονική μάθηση: η πολυσημία και πολυπλοκότητα της έννοιας*. Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση, [online] (1). Available at: <<https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/openedu/article/view/974>> [Accessed 2017].

Makri, A. and ΒΛΑΧΟΠΟΥΛΟΣ, Δ., 2017. Ηλεκτρονική μάθηση: η πολυσημία και πολυπλοκότητα της έννοιας. [online] ResearchGate. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/322811814_Elektronike_mathese_e_polysemia_kai_polyplokoteta_tes_ennoias> [Accessed December 2017].

Μακεδονίας: Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση, pp.111-115. Available at: <[http://file:///C:/Users/DELL/Downloads/170-561-1-PB%20\(2\).pdf](http://file:///C:/Users/DELL/Downloads/170-561-1-PB%20(2).pdf)> [Accessed 2013].

Μπράτιτσης, Θ., 2013. Η Πληροφορική Στο Ελληνικό Σχολείο: Τάσεις, Προσεγγίσεις, Προοπτικές. [ebook] Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Δυτικής

In: Υγεία. n.d. Νευρικό Σύστημα. Εκδοσεις Δομική.

Πλατσίδου, Μ. and Ζαγόρα, Χ., 2006. Το μαθησιακό στυλ και οι στρατηγικές επίλυσης γνωστικών έργων. *Πανεπιστήμιο Μακεδονίας*, [online] 42(160-177). Available at: <https://www.researchgate.net/publication/255730492_To_mathesiako_styl_kai_oi_strategikes_epilyses_gnostikon_ergon> [Accessed January 2006].

Πίτρης, Κ., 2021. *Δυναμικά Ενεργείας (Action Potentials)*. [image] Available at: <<http://www.eng.ucy.ac.cy/biaolab/Research/resources/NM%20Lecture.pdf>>.

Πίτρης, Κ., 2021. *Διεγέρσιμοι Ιστοί και Νευρομυϊκή Λειτουργία*. [online] Eng.ucy.ac.cy. Available at: <<http://www.eng.ucy.ac.cy/biaolab/Research/resources/NM%20Lecture.pdf>>.

Σοφός, Α., & Κρον, F., 2010. Αποδοτική Διδασκαλία με Χρήση Μέσων. Από τα πρωτογενή και προσωπικά στα τεταρτογενή και ψηφιακά Μέσα. Αθήνα: Γρηγόρης

Τόκη, Ε., Σύψας, Α., Παγγέ, Α. and Παγγέ, Τ., 2013. *Απόψεις φοιτητών και εκπαιδευτικών για την ηλεκτρονική μάθηση και τα Webinars*. [online] ePublishing. Available at: <<https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/>> [Accessed 8 November 2013].

Τζιμογιάννης, Α., 2017. Τζιμογιάννης Α. (2017). Ηλεκτρονική Μάθηση: Θεωρητικές προσεγγίσεις και εκπαιδευτικοί σχεδιασμοί. Αθήνα: Εκδόσεις Κριτική. [online] ResearchGate. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/320077192_Tzimogiannes_A_2017_Elektronike_Mathese_Theoretikes_pros_engiseis_kai_ekpaideutikoi_schediasmoi_Athina_Ekdoseis_Kritike> [Accessed September 2017].

Τρούσσας, Χ., Γιαννάκας, Φ., Σγουροπούλου, Κ. and Βογιατζής, Ι., 2020. *Collaborative activities recommendation based on students' collaborative learning styles using ANN and WSM*. [online] Taylor & Francis. Available at: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10494820.2020.1761835>> [Accessed 12 May 2020].

Χαραλαμπίδης, Β., 2001. *ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΓΕΝΙΚΑ*. GUTENBERG.

Χατζηδήμου, Κ. Δ., 2011. *Οι θεωρίες των Jean Piaget και Lev Vygotsky για τη γνωστική ανάπτυξη και η συμβολή τους στην παιδαγωγική πράξη*. Στο: Θ. Π. Κόκκινος (Επιμ.), Αθήνα: Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Ψηφιακές Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση. n.d. ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ (SOCIAL CONSTRUCTIVISM). [online] Available at: <<http://yourdigitaleducation.weebly.com/kappaomicroniotanuomeganuiotakappaomicronpiomicronlambdaiotatauiotasigmamuiotakappaeta-thetaepsilonomegarhoiotaalpha.html>>.

Ξενογλώσση

Ackerman, E. K., 2004. *Constructing knowledge and transforming the world*. In M. Tokoro & L. Steels (Eds.), *A learning zone of one's own: Sharing representations and flow in collaborative learning environments*. Amsterdam, Berlin, Oxford, Tokyo, Washington, DC. : IOS Press.

Abdullah, M. and Sadik, M., 2015. *The Impact of Learning Styles on Learner's Performance in E-Learning Environment*. [image] Available at: <https://www.researchgate.net/publication/282613601_The_Impact_of_Learning_Styles_on_Learner%27s_Performance_in_E-Learning_Environment/figures?lo=1>.

Anis Nikdel Teymori, Mohammad Ali Fardin., 2020. *COVID-19 and Educational Challenges: A Review of the Benefits of Online Education* in Brieflands. Available at: <<https://brieflands.com/articles/amhsr-105778.html>>.

Ali Çetinkaya, Ömer Kaan Baykan., 2020. *Prediction of middle school students' programming talent using Artificial Neural Networks, Engineering Science and Technology, an International Journal*. Elsevier. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215098619327697>.

Arlington, Va., 1991. *Learning Styles: Putting Research And Common Sense In To Practice*. American Association of School Administrators.

Atkinson, R. and Shiffrin, R., 2008. *Human Memory: A Proposed System and its Control Processes*. [online] ScienceDirect. Available at: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0079742108604223>> [Accessed 10 April 2008].

Ayoo, P. O., & Lubega, J. T., 2014. *A Framework for e-Learning Resources Sharing (FeLRS)*. International Journal of Information and Education Technology, 4(1), 112-119.

- Baumrind, D., 1997. *Psychological Inquiry: An International Journal For The Advancement Of Psychological Theory*. [online] Taylor & Francis. Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327965pli0803_2?tab=permissions> [Accessed 19 November 2009].
- Bernard, J., Chang, T. W., Popescu, E., & Graf, S. 2017. *Learning style identifier: Improving the precision of learning style identification through computational intelligence algorithms*. *Expert Systems with Applications*, 75, 94–108. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.01.021>
- Brusilovsky, P., n.d. *Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia*. [online] ResearchGate. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/2693708_Methods_and_Techniques_of_Adaptive_Hypermedia> [Accessed February 1999].
- Brusilovsky, P., n.d. *Adaptive Hypermedia*. [online] ResearchGate. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/257819726_Adaptive_Hypermedia> [Accessed March 2001].
- Brusilovsky, P. and Peylo, C., n.d. Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems. [online] ResearchGate. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/32229453_Adaptive_and_Intelligent_Web-based_Educational_Systems> [Accessed January 2003].
- Cabero-Almenara, J., Marín-Díaz, V. and E. Sampedro-Requena, B., 2016. Meta-analysis of research in e-learning published in Spanish journals. [online] SpringerLink. Available at: <<https://link.springer.com/article/10.1186/s41239-016-0023-0>> [Accessed 2015].
- Capterra. n.d. [online] Available at: <https://www.capterra.com/learning-management-system-software/?users=%5B64%5D&pricing_options=%5B8%5D&feature=%5B38347%5D&sortOrder=sponsored>.
- Casas, I., 2019. *Networks, Neural*. [online] ScienceDirect. Available at: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978008102295510410X>> [Accessed 4 December 2019].
- Ching Yang, S., Fang Luo, Y., Ling Huang, C., Mei Lu, C. and Chen, A., 2019. Influence of Students' Learning Style, Sense of Presence, and Cognitive Load on Learning Outcomes in an Immersive Virtual Reality Learning Environment. [online] Sage Journals. Available at: <<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0735633119867422>> [Accessed 5 August 2019].
- Computerhistory.org. 2020. 1970 | *Timeline Of Computer History* | *Computer History Museum*. [online] Available at: <<https://www.computerhistory.org/timeline/1970/>> [Accessed 6 November 2020].
- Curry Lynn, 1983. *An Organization of Learning Styles Theory and Constructs*. [online] Available at: <<https://eric.ed.gov/?id=ED235185>> [Accessed April 1983].
- Dewey, J., 1938. *Experience and Education*. Collier Books, New York.
- DEVIATE CONSULTING, n.d. *Limitations of the MBTI Personality Test*. [image] Available at: <<https://www.deviatconsulting.org/single-post/2018/08/20/limitations-of-the-mbti-personality-test>>.
- DoD DACS Home Page. 2021. *Training an Artificial Neural Network*. [online] Available at: <<http://www2.psych.utoronto.ca/users/reingold/courses/ai/cache/neural3.html>> [Accessed 16 December 2021].

Dung, P. Q., & Florea, A. M. (2012). *A literature-based method to automatically detect learning styles in learning management systems. Proceedings of the 2nd International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics*, 46:1–46:7. <https://doi.org/10.1145/2254129.2254186>

El.wikipedia.org. n.d. *Moodle - Βικιπαίδεια*. [online] Available at: <<https://el.wikipedia.org/wiki/Moodle>>. Felder, R., 2002. *LEARNING AND TEACHING STYLES IN ENGINEERING EDUCATION*. [online] ResearchGate. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/257431200_Learning_and_Teaching_Styles_in_Engineering_Education> [Accessed January 1988].

Farzeeha, D., 2020. LEARNING STYLE. [image] Available at: <<https://people.utm.my/dayanafarzeeha/learning-style/>> [Accessed 17 November 2020].

Felder, R., 2014. *MATTERS OF STYLE*. [online] ResearchGate. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/228843235_Matters_of_Style> [Accessed December 1996].

Flavell, J., 1979. *Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry*. *American Psychologist*, [online] 34(10), pp.906-911. Available at: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Metacognition-and-Cognitive-Monitoring%3A-A-New-Area-Flavell/ee652ff0f63ed5b0cfe0af4cb4ea76b2ecf790c8d>> [Accessed November 1979].

Fuangkhon, P., 2014. *An Incremental Learning Preprocessor for Feed-forward Neural Network*. [online] Research Gate. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/246626189_An_Incremental_Learning_Preprocessor_for_Feed-forward_Neural_Network> [Accessed February 2014].

Ghaleb A. El Refae, Abdoulaye Kaba and Shorouq Eletter., 2021. *The Impact of Demographic Characteristics on Academic Performance: Face-to-Face Learning Versus Distance Learning Implemented to Prevent the Spread of COVID-19*. [online] erudit. Available at: <<https://www.erudit.org/en/journals/irrod/2021-v22-n1-irrod105934/1076281ar/>>

Gill, P., B. Sherman, R. and B. Linn, G., 2013. Developing a collaborative culture in online learning. [online] Available at: <https://scholarworks.uttyler.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://scholar.google.gr/&httpsredir=1&article=1016&context=edulead_fac> [Accessed 6 January 2013].

Geralt, 2021 .Pixaday. [image] Available at: <<https://pixabay.com/el/illustrations/%cf%83%cf%87%ce%ad%ce%b4%ce%b9%ce%bf-%ce%bd%ce%b5%cf%85%cf%81%ce%b9%ce%ba%cf%8e%ce%bd-%ce%ba%cf%85%cf%84%cf%84%ce%ac%cf%81%cf%89%ce%bd-%ce%bd%ce%b5%cf%85%cf%81%cf%8e%ce%bd%ce%b5%cf%82-732830/>>.

Gelman, S.A., Gottfried, G.M., 2006. Creativity in children's thoughts. In: Kaufman, J.C., Baer, J. (Eds.), *Creativity and Reason in Cognitive Development*. Cambridge University Press, New York, pp. 221–243.

Gikandi, JW, Morrow, D. & Davis, NE (2011). *Διαδικτυακή διαμορφωτική αξιολόγηση στην τριτοβάθμια εκπαίδευση: μια κριτική της λογοτεχνίας. Υπολογιστές και εκπαίδευση*, 57, 4, 2333-2351.

Graf, S., Liu, T.-C., & Kinshuk. (2010). *Analysis of learners' navigational behaviour and their learning styles in an online course. Journal of Computer Assisted Learning*, 26(2), 116–131. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2009.00336.x>

- Graf, S. (2006). *An approach for detecting learning styles in learning management systems. Sixth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06)*, 2–4. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2006.1652395>
- Grahame Moore, M., 1989. *Three Types Of Interaction*. [online] ResearchGate. Available at: https://www.researchgate.net/publication/237404371_Three_Types_of_Interaction [Accessed January 1989].
- Grossberg, S., 1998. *Neural networks and natural intelligence*. The MIT Press.
- Hrastinski, S., 2008. *The potential of synchronous communication to enhance participation in online discussions: A case study of two e-learning courses*. [online] ScienceDirect. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378720608000931> [Accessed 18 September 2008].
- Hrastinski, S. (2009). *Μια θεωρία της διαδικτυακής μάθησης ως online συμμετοχή. Υπολογιστές & Εκπαίδευση*.
- Haykin, S., 1999. *Neural Networks a comprehensive foundation*. 2nd ed. Hamilton, Ontario, Canada: Pearson Education.
- Houwer, J., Barnes-Holmes, D. and Moors, A., 2013. (PDF) *What Is Learning? On The Nature And Merits Of A Functional Definition Of Learning*. [online] ResearchGate. Available at: https://www.researchgate.net/publication/235380853_What_is_learning_On_the_nature_and_merits_of_a_functional_definition_of_learning [Accessed January 2013].
- Jonassen, D. H., 2000. *Computers as mindtools for schools: Engaging critical thinking*. New Jersey: Prentice Hall.
- Jones, C., Reichard, C. and Mokhtari, K., 2003. *ARE STUDENTS' LEARNING STYLES DISCIPLINE SPECIFIC? Community College Journal of Research and Practice*, 27(5), pp.363-375.
- Kerlirzin, P. and Vallet, F., n.d. Robustness in multilayer perceptrons | Neural Computation. [online] ACM Digital Library. Available at: <https://dl.acm.org/doi/10.1162/neco.1993.5.3.473> [Accessed 1 May 1993].
- Kolekar, S. V., Sanjeevi, S. G., & Bormane, D. S. (2010). *Learning style recognition using Artificial Neural Network for adaptive user interface in e-learning*. 2010 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICCIC.2010.5705768>
- Kolb, D., 1984. (PDF) *Experiential Learning: Experience As The Source Of Learning And Development*. [online] ResearchGate. Available at: https://www.researchgate.net/publication/235701029_Experiential_Learning_Experience_As_The_Source_Of_Learning_And_Development [Accessed January 1984].
- Kolb, D. and Kolb, A., 2013. *The Kolb Learning Style Inventory 4.0: Guide To Theory, Psychometrics, Research & Applications*. [online] ResearchGate. Available at: https://www.researchgate.net/publication/303446688_The_Kolb_Learning_Style_Inventory_40_Guide_to_Theory_Psychometrics_Research_Applications [Accessed January 2013].
- Kuhn, D. (1992). Thinking as Argument. *Harvard Educational Review*, 62(2), 155–179.
- Latham, A., Crockett, K., McLean, D., & Edmonds, B. (2012). *A conversational intelligent tutoring system to automatically predict learning styles*. *Computers & Education*, 59(1), 95–109. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.11.001>

Lashley II, T.J., Matczynski, T.J., Rowley, J.B., 2002. *Instructional Models: Strategies for Teaching in a Diverse Society*, second ed. Wadsworth/Thomson Learning, Belmont, CA

Lee, J., 2006. *History Of Computing In Education*.

[online] ResearchGate. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/46298854_History_of_Computing_in_Education> [April 2006].

Legge, K., Harari, P., 2000. *Psychology and Education*. Heinemann, Oxford.

Luebering, L., 2020. *Edward L. Thorndike*. [online] Encyclopedia Britannica. Available at: <<https://www.britannica.com/biography/Edward-L-Thorndike>> [Accessed 16 November 2020].

MICHAEL EBY, 2020. KERNELLED CONNECTIONS: THE PERCEPTRON AS DIAGRAM MICHAEL EBY. [image] Available at: <<https://tripleampersand.org/kernelled-connections-perceptron-diagram/>> [Accessed 19 April 2020].

Melo e Silva De Oliveira, R., Cristian Fernandes Araújo, R., José Brito Barros, F., Paranhos Segundo, A., De Freitas Zampolo, R., Fonseca, W., Dmitriev, V. and S. Brasil, F., 2017. *A System Based on Artificial Neural Networks for Automatic Classification of Hydro-generator Stator Windings Partial Discharges*. [online] ResearchGate. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/320270458_A_System_Based_on_Artificial_Neural_Networks_for_Automatic_Classification_of_Hydro-generator_Stator_Windings_Partial_Discharges> [Accessed September 2017].

Malyal, M., & Sharma, R. (2015). E-Learning: In School Education Issues & Challenges And Advantages: A Review. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 6(5), 137-140.

McLeod, S., 2013. *Kolb's Learning Styles and Experiential Learning Cycle*. [image] Available at: <<https://www.simplypsychology.org/learning-kolb.html>>.

n.d. *Herrmann Brain Dominate Instrument - Whole Brain Learning Theory*. [image] Available at: <<https://learningcurveformula.blogspot.com/2018/04/herrmann-brain-dominance-instrument.html>>.

Nunes da Silva, I., H. SpattiDanilo, D., Flauzino, R., Bartocci Liboni, L. and dos Reis Alves, S., 2017. *Artificial Neural Network Architectures and Training Processes*. [online] Research Gate. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/306525330_Artificial_Neural_Network_Architectures_and_Training_Processes> [Accessed January 2017].

Oliver, R. and Herrington, J., 2001. *Teaching and learning online: a beginner's guide to e-learning and e-teaching in higher education*. Mount Lawley, Western Australia: Edith Cowan University, Centre for research in information technology and communications.

Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D. & Bjork, R. (2009). *Στυλ μάθησης: έννοιες και στοιχεία. Ψυχοπαθήσιολογική επιστήμη για το δημόσιο συμφέρον*.

Pavlov, I.P., 1927. *Conditioned reflexes: an investigation of the physiological activity of the cerebral cortex*. Oxford University Press, London

Piaget, J., 1970. *The Science of Education and the Psychology of the Child*. Orion Press, New York.

Rami, Samia, Bennani, Samir, & Idrissi, Mohammed Khalidi. *A novel ontology-based automatic method to predict learning style using Felder-silverman model*. In: 2018 17th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET). IEEE, 2018. p. 1–5. <https://doi.org/10.1109/ITHET.2018.8424774>

R. Phillips, C. McNaught, G. Kennedy. *Evaluating E-learning: Guiding research and*. [Accessed 2012].

SchoolEducationGateway. 2020. Έρευνα σχετικά με τη διαδικτυακή και την εξ αποστάσεως μάθηση – Αποτελέσματα. [online] Available at:

<<https://www.schooleducationgateway.eu/el/pub/viewpoints/surveys/survey-on-online-teaching.htm>> [Accessed 8 June 2020].

Schwiening, C., 2012. *A brief historical perspective: Hodgkin and Huxley*. [online] PMC. Available at: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3424716/>> [Accessed 1 January 2012].

Strenze, T., 2007. Intelligence and socioeconomic success: A meta-analytic review of longitudinal research. *ScienceDirect*, [online] 26, pp.401-426. Available at:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160289606001127>> [Accessed 3 November 2006].

Taylor and Francis Online. 2010. Learning Styles: An overview of theories, models, and measures. [online] Available at: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0144341042000228834?src=recsys>> [Accessed 5 October 2010].

Tao, Y., Yeh, R. and Sun, S., 2006. (PDF) *Improving training needs assessment processes via the Internet: System design and qualitative study*. [online] ResearchGate. Available at:

<https://www.researchgate.net/publication/220146801_Improving_training_needs_assessment_processes_via_the_Internet_System_design_and_qualitative_study> [Accessed August 2006].

T. White, R. and M. Gagné, R., 1978. *Memory Structures and Learning Outcomes*. [online] SAGE Journals. Available at: <<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3102/00346543048002187>> [Accessed 1 June 1978].

Topf J.M.a · Williams P.N.b, 202. *COVID-19, Social Media, and the Role of the Public Physician*. [online] Available at <<https://www.karger.com/Article/FullText/512707>> [Accessed 4-5 July 2021]

Troussas C., Krouska A., Sgouropoulou C. 2021. *Improving Learner-Computer Interaction through Intelligent Learning Material Delivery Using Instructional Design Modeling*. Entropy. Available at: <<https://doi.org/10.3390/e23060668>> [Accessed 26 May 2021]. 23(6):668.

Troussas, C., Chrysafiadi, K., Virvou, M. 2018. *Machine Learning and Fuzzy Logic Techniques for Personalized Tutoring of Foreign Languages*. In: , et al. Artificial Intelligence in Education. AIED 2018. Lecture Notes in Computer Science(), vol 10948. Springer, Cham.

Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93846-2_67> [Accessed 20 June 2018].

Troussas, C., Krouska, A. & Sgouropoulou, C. 2021. *Impact of social networking for advancing learners' knowledge in E-learning environments*. Available at: <<https://doi.org/10.1007/s10639-021-10483-6>> Educ Inf Technol 26, 4285–4305 [Accessed 2 March 2021].

Troussas, C., Virvou, M., Caro, J., & Espinosa, K. J. 2013. Language Learning Assisted by Group Profiling in Social Networks. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, Available at: <<https://doi.org/10.3991/ijet.v8i3.2684>> [Accessed 2013]. 8(3), pp. 35–38.

Troussas, C., Virvou, M. & Alepis, E. 2013. Comulang: towards a collaborative e-learning system that supports student group modeling. Available at: <<https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-387>> SpringerPlus 2, 387 [Accessed 15 August 2013]

- Troussas C., Krouska a., Alepis E. & Virvou M. 2020. *Intelligent and adaptive tutoring through a social network for higher education*, *New Review of Hypermedia and Multimedia*, 26:3-4, 138-167, DOI: 10.1080/13614568.2021.1908436 [Accessed 2020]
- Troussas C., Krouska A. and Virvou M., 2017. *Integrating an Adjusted Conversational Agent into a Mobile-Assisted Language Learning Application*, IEEE 29th International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI), Boston, MA, USA, pp. 1153-1157, doi: 10.1109/ICTAI.2017.00176 [Accessed 2017]
- Troussas, C., Krouska, A., Sgouropoulou, C. 2020 *Towards a Reference Model to Ensure the Quality of Massive Open Online Courses and E-Learning*. In: Frasson, C., Bamidis, P., Vlamos, P. (eds) Brain Function Assessment in Learning. BFAL 2020. Lecture Notes in Computer Science(), vol 12462. Springer, Cham.
Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-60735-7_18>. [Accessed 2 October 2020]
- Troussas, C., Krouska, A., Sgouropoulou, C. 2020. *Dynamic Detection of Learning Modalities Using Fuzzy Logic in Students' Interaction Activities*. In: Kumar, V., Troussas, C. (eds) Intelligent Tutoring Systems. ITS 2020. Lecture Notes in Computer Science(), vol 12149. Springer, Cham.
Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-49663-0_24>. [Accessed 3 June 2020]
- Troussas C., Krouska A., Virvou M. and Sougela E., 2018. *Using Hierarchical Modeling of Thinking Skills to Lead Students to Higher Order Cognition and Enhance Social E-Learning*, 9th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA), Zakynthos, Greece, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/IISA.2018.8633669. [Accessed 2018]
- Troussas, C., Krouska, A. & Virvou, M. 2021. *A multilayer inference engine for individualized tutoring model: adapting learning material and its granularity*. *Neural Comput & Applic* 35, 61–75 .
Available at: <<https://doi.org/10.1007/s00521-021-05740-1>> [Accessed 5 February 2021]
- Troussas, C., Krouska, A., Sgouropoulou C., 2022. *Double-Layer Controller for Detecting Learners' Erroneous Knowledge in Database Programming*. In: Crossley, S., Popescu, E. (eds) Intelligent Tutoring Systems. ITS 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13284. Springer, Cham.
Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-09680-8_20> [Accessed 24 June 2022]
- Troussas C, A. Krouska and M. Virvou, *Evaluation of ensemble-based sentiment classifiers for Twitter data*, 2016 7th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA), Chalkidiki, Greece, 2016, pp. 1-6, doi: 10.1109/IISA.2016.7785380. [Accessed 2016]
- Troussas, C., Virvou, M., Caro, J., Espinosa, K.J. *User Modeling for Language Learning in Facebook*. In: Sojka, P., Horák, A., Kopeček, I., Pala, K. (eds) Text, Speech and Dialogue. TSD 2012. Lecture Notes in Computer Science(), vol 7499. Springer, Berlin, Heidelberg. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-32790-2_42>. [Accessed 2012]
- Troussas, C., Kanetaki, Z., Stergiou, C., Bekas, G., & Sgouropoulou, C. 2021. *Analysis of Engineering Student Data in Online Higher Education During the COVID-19 Pandemic*. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 11(6), pp. 27–49. Available at: <<https://doi.org/10.3991/ijep.v11i6.23259>>. [Accessed 6 December 2021]
- Troussas, C., Krouska, A., Sgouropoulou, C. 2020. *Applying Genetic Algorithms for Recommending Adequate Competitors in Mobile Game-Based Learning Environments*. In: Kumar, V., Troussas, C. (eds) Intelligent Tutoring Systems. ITS 2020. Lecture Notes in Computer Science(), vol 12149. Springer, Cham.
Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-49663-0_23> [Accessed 3 June 2020]
- Troussas, C., Krouska, A., Alepis E. & Virvou M. 2020 *Intelligent and adaptive tutoring through a social network for higher education*. *New Review of Hypermedia and Multimedia*, 26:3-4, 138-167, DOI: 10.1080/13614568.2021.1908436 [Accessed 2020]

- Troussas, C., Krouska, A., Sgouropoulou, C. 2020. A Personalized Brain-Based Quiz Game for Improving Students' Cognitive Functions. In: Frasson, C., Bamidis, P., Vlamos, P. (eds) Brain Function Assessment in Learning. BFAL 2020. Lecture Notes in Computer Science(), vol 12462. Springer, Cham.
Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-60735-7_11>. [Accessed 2 October 2020]
- Troussas C. Virvou M., Alepis E., *Machine learning for user modeling in a multilingual learning system*, International Conference on Information Society, i-Society, London, UK, 2012, pp. 292-297. [Accessed 2012]
- Troussas, C. Krouska, A. and Sgouropoulou, C. 2019. *Fuzzy Logic for Refining the Evaluation of Learners' Performance in Online Engineering Education*. European Journal of Engineering and Technology Research. 4, 6, 50–56. DOI: <https://doi.org/10.24018/ejeng.2019.4.6.1369>. [Accessed 15 June 2019]
- Troussas C., Chrysafiadi K., Virvou M., 2020. *Combination of fuzzy and cognitive theories for adaptive e-assessment*, Expert Systems with Applications, Volume 161, 113614, Available at: <<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113614>>. [Accessed 15 December 2020]
- Troussas C., Kanetaki Z., Stergiou C., Bekas G., Jacques S., Sgouropoulou C., Ouahabi A. 2022. *Grade Prediction Modeling in Hybrid Learning Environments for Sustainable Engineering Education*. 14(9):5205.
Available at: <<https://doi.org/10.3390/su14095205>> [Accessed 26 April 2022]
- Troussas, C., Giannakas, F., Krouska, A., Sgouropoulou, C., Voyiatzis, I. 2021. *XGBoost and Deep Neural Network Comparison: The Case of Teams' Performance*. In: Cristea, A.I., Troussas, C. (eds) Intelligent Tutoring Systems. ITS 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12677. Springer, Cham.
Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-80421-3_37> [Accessed 9 July 2021]
- Troussas, C., Coulianos, N., Sapididou, A., Krouska, A., Sgouropoulou, C.. 2022. *Evaluating E-Learning Process on Virtual Classroom Systems Using an ISO-Based Model*. In: Krouska, A., Troussas, C., Caro, J. (eds) Novel & Intelligent Digital Systems: Proceedings of the 2nd International Conference (NiDS 2022). NiDS 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 556. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17601-2_4 [Accessed 23 September 2022]
- Troussas C. Krouska A., and Virvou M., *Social networks as a learning environment: Developed applications and comparative analysis*, 8th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA), Larnaca, Cyprus, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/IISA.2017.8316430. [Accessed 2017]
- Troussas, F. Giannakas, C. Sgouropoulou & I. Voyiatzis *Collaborative activities recommendation based on students' collaborative learning styles using ANN and WSM, Interactive Learning Environments*, DOI: 10.1080/10494820.2020.1761835 [Accessed 2020]
- Troussas C, Papakostas C, Krouska A, Sgouropoulou C. 2022. *Personalization of the Learning Path within an Augmented Reality Spatial Ability Training Application Based on Fuzzy Weights*. Sensors. 22(18):7059. Available at: <https://doi.org/10.3390/s22187059> [Accessed 18 September 2022]
- Troussas C., Krouska A. 2022. *Path-Based Recommender System for Learning Activities Using Knowledge Graphs. Information*. 14(1):9. <https://doi.org/10.3390/info14010009> [Accessed 23 December 2022]
- Troussas C. Koliarakis, A. Krouska, and C. Sgouropoulou, *Modified collaborative filtering for hybrid recommender systems and personalized search: The case of digital library*, 17th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation & Personalization (SMAP), Corfu, Greece, pp. 1-6, doi: 10.1109/SMAP56125.2022.9942020. [Accessed 2022]

Troussas, C., Papakostas, C., Krouska, A., Sgouropoulou, C. 2022. *Modeling the Knowledge of Users in an Augmented Reality-Based Learning Environment Using Fuzzy Logic*. In: Krouska, A., Caro, J. (eds) *Novel & Intelligent Digital Systems: Proceedings of the 2nd International Conference (NiDS 2022)*. NiDS 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 556. Springer, Cham. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-17601-2_12> [Accessed 23 September 2022]

Troussas, C., Maroungkas, A., Krouska, A., Sgouropoulou, C. 2022. *Virtual Reality in Education: Reviewing Different Technological Approaches and Their Implementations*. In: Krouska, A., Troussas, C., Caro, J. (eds) *Novel & Intelligent Digital Systems: Proceedings of the 2nd International Conference (NiDS 2022)*. NiDS 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 556. Springer, Cham. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-17601-2_8 [Accessed 23 September 2022]

Troussas C, Virvou M., 2011. *Web-based student modeling for learning multiple languages*. International Conference on Information Society, London, UK, pp. 423-428, doi: 10.1109/i-Society18435.2011.5978484. [Accessed 2011].

Rahmani, R., & Azimi, H. M. (2013). E-learning on Web Generations Itinerary. *International Journal of Information and Computation Technology*, 3(9), 857-862

Russell, S. and Norvig, P., 2021. *Τεχνητή Νοημοσύνη Μια σύγχρονη προσέγγιση*. 2nd ed. Κλειδάριθμος.

Stratus Innovations Group. n.d. *Machine Learning Paradigms: Supervised, Unsupervised, and Reinforcement Learning*. [online] Available at: <<https://stratusinnovations.com/blog/machine-learning-paradigms-supervised-unsupervised/>>.

Some Dude Says. 2020. *The 3 Basic Paradigms of Machine Learning - Some Dude Says*. [online] Available at: <<https://somedudesays.com/2020/09/the-3-basic-paradigms-of-machine-learning/>> [Accessed 14 September 2020].

Sazli, M., 2016. *A brief review of feed-forward neural networks*. [online] ResearchGate. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/228394623_A_brief_review_of_feed-forward_neural_networks> [Accessed January 2016].

Skinner, B.F. (1938). *The Behavior of Organisms: An Experimental Analysis*. New York: Appleton-Century.

Skinner, B. F. (1984). *The evolution of behavior*. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 41, 217- 221.

Unesco, 2020. *From COVID-19 learning disruption to recovery: A snapshot of UNESCO's work in education in 2020*. Unesco. Available at: <<https://www.unesco.org/en/articles/covid-19-learning-disruption-recovery-snapshot-unescos-work-education-2020>>

User:Dhp1080, 2013. *Τυπική δομή ενός Νευρώνα..* [image] Available at: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Neuron_el.svg> [Accessed 24 January 2013].

(PDF) *What is learning? On the nature and merits of a functional definition of learning*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/235380853_What_is_learning_On_the_nature_and_merits_of_a_functional_definition_of_learning [accessed Jan 24 2021].

T. Kohonen, "Exploration of very large databases by self-organizing maps," *Proceedings of International Conference on Neural Networks (ICNN'97)*, 1997, pp. PL1-PL6 vol.1, doi: 10.1109/ICNN.1997.611622.

F. Okubo, T. Yamashita, A. Shimada, H. Ogata, University, F.O.K. et al. (2017) *A neural network approach for students' performance prediction: Proceedings of the Seventh international learning analytics & knowledge conference, ACM Other conferences*. Available at: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3027385.3029479>.

Y.L. Ku, K., Phillipson, S. and Phillipson, S., 2015. *Educational Learning Theory*. [ebook] Hong Kong Baptist University, Hong Kong, Monash University, Melbourne, VIC, Australia. Available at: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080970868921500>> [Accessed 15 March 2015].

Van Loon, R., 2018. *Machine learning explained: Understanding supervised, unsupervised, and reinforcement learning*. [online] BIG DATE MADE SIMPLE. Available at: <<https://bigdata-madesimple.com/machine-learning-explained-understanding-supervised-unsupervised-and-reinforcement-learning>> [Accessed 5 February 2018].

Villaverde, J. E., Godoy, D., & Amandi, A. *Learning styles' recognition in e-learning environments with feed-forward neural networks*. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(3), 197–206. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00169.x> [Accessed 2006].

Vygotsky, L., 1978. *The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press, Cambridge, MA, [online] Available at: <<https://home.fau.edu/musgrove/web/vygotsky1978.pdf>>.