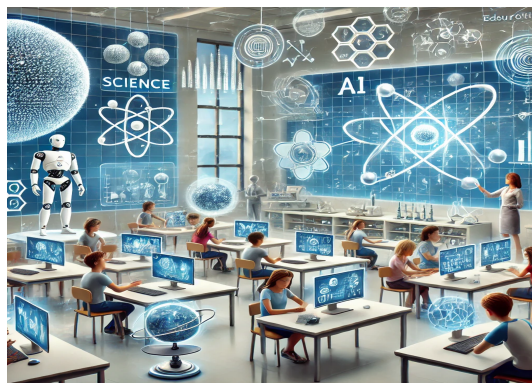




Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εξατομικευμένη Μάθηση στην Εκπαίδευση μέσω της Τεχνητής Νοημοσύνης: Ανάλυση Τεχνικών και Πρακτικών Εφαρμογών



Φοιτητής:

Στέργιος Μπούμπας
Αριθμός Μητρώου: 174986

Επιβλέπων:

Κωνσταντίνος Α. Τσιντώτας
Επίκουρος Καθηγητής

Σεπτέμβριος 2025

Title of Dissertation: Personalized Learning in Education through Artificial Intelligence: Analysis of Techniques and Practical Applications

Code of Dissertation: 23101

Student's full name: Stergios Boubas

Supervisor's full name: Dr. Konstantinos A. Tsintotas

Date of undertaking: 28-03-2025

Date of completion: 23-09-2025

We hereby affirm the authorship of this paper as well as the acknowledgement and credit of whichever assistance We received in its composition. We have, furthermore, noted the various sources from which We extracted data, ideas, visual or written material, in paraphrase or exact quotation. Moreover, we affirm the exclusive composition of this paper by myself only, for the purpose of it being a dissertation, in the Department of Information and Electronic Engineering of the I.H.U.

This paper constitutes the intellectual property of Stergios Boubas the student that composed it. According to the open-access policy, the author offers the International Hellenic University authorisation to use the right to reproduce, borrow, publicly present and digitally distribute the paper globally, in electronic form and media of all kinds, for teaching or research purposes, voluntarily. Open access to the full text, by no means grants the right to trespass the intellectual property of the author, nor does it authorise the reproduction, republication, duplication, selling, commercial use, distribution, publication, downloading, uploading, translation, modification of any kind, in part or summary of the paper, without the explicit written consent of the authors.

The approval of this dissertation by the Department of Information and Electronic Engineering of the International Hellenic University, does not necessarily entail the adoption of the author's views, on behalf of the Department.

Πρόλογος

Η εκπαίδευση από πάντα βρίσκεται στο επίκεντρο της κοινωνικής και της τεχνολογικής προόδου, αποτελώντας τον ακρογωνιαίο λίθο για την ανάπτυξη της γνώσης, των δεξιοτήτων και της δημιουργικότητας των ανθρώπων και κατεπέκταση και την ανάπτυξη ολόκληρης της κοινωνίας. Οι ταχύτατες εξελίξεις στον τομέα της Τεχνητής Νοημοσύνης στις μέρες μας, έχουν επηρεάσει σχεδόν κάθε πτυχή της καθημερινότητας, εισάγοντας νέες προοπτικές και προκλήσεις. Η εκπαίδευση δεν θα μπορούσε να παραμείνει ανεπηρέαστη από αυτή τη ραγδαία εξέλιξη. Αντιθέτως, η αξιοποίηση της Τεχνητής Νοημοσύνης στον συγκεκριμένο κλάδο έχει ήδη αρχίσει να αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι πλέον μαθαίνουν, διδάσκονται και αξιολογούνται.

Η παρούσα εργασία μελετά την ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαιδευτική διαδικασία, δίνοντας έμφαση στις δυνατότητες που αυτή παρέχει για την εξατομίκευση της μάθησης, την προσαρμογή της διδασκαλίας στις ανάγκες κάθε μαθητευόμενου ατόμου και την ανάπτυξη καινοτόμων εκπαιδευτικών συστημάτων υποστήριξης. Η Προσαρμοστική Μάθηση, τα Ευφυή Συστήματα Διδασκαλίας, αλλά και οι εφαρμογές Εξατομικευμένης Εξάσκησης είναι παραδείγματα της νέας πραγματικότητας, όπως αυτή διαμορφώνεται από τις επιρροές της Τεχνητής Νοημοσύνης. Παράλληλα, οι αναδυόμενες τεχνολογίες, όπως οι βιοαισθητήρες, ο Ψηφιακός Δίδυμος και τα εργαλεία εικονικής εποπτείας, αποδεικνύουν ότι η χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης δεν περιορίζεται μόνο στη θεωρητική γνώση, αλλά μπορεί να επεκτείνει τις δυνατότητες αλληλεπίδρασης, παρακολούθησης και αξιολόγησης των μαθησιακών διαδικασιών.

Ωστόσο, πέρα από τις ευκαιρίες που δημιουργούνται, η Τεχνητή Νοημοσύνη φέρνει στο προσκήνιο και σημαντικά ζητήματα που αφορούν την ηθική, τη διασφάλιση της ισότητας, την προστασία των δεδομένων και την ανάγκη επαρκούς κατάρτισης των εκπαιδευτικών. Η ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαιδευτική διαδικασία απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό, δημόσια πολιτική για την υποστήριξη της ισότιμης πρόσβασης, καθώς και ερευνητική δραστηριότητα που θα εξασφαλίσει ότι οι λύσεις που εφαρμόζονται ανταποκρίνονται στις πραγματικές ανάγκες τόσο των μαθητευόμενων, όσο και των εκπαιδευτικών.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό να αναδείξει τόσο τα πλεονεκτήματα, όσο και τις προκλήσεις που προκύπτουν από τη χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαίδευση. Στόχος είναι να παρουσιαστεί μια σφαιρική εικόνα του τρόπου με τον οποίο η Τεχνητή Νοημοσύνη επηρεάζει την εκπαιδευτική διαδικασία, μέσα από θεωρητικές αναλύσεις, πρακτικά παραδείγματα και αναφορές σε σύγχρονα εργαλεία και πλατφόρμες. Το ζητούμενο δεν είναι

απλώς η τεχνολογική καινοτομία, αλλά η ουσιαστική βελτίωση της εκπαιδευτικής εμπειρίας και η προώθηση της ισότητας στο σύγχρονο εκπαιδευτικό περιβάλλον.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη, εφόσον αξιοποιηθεί με υπευθυνότητα, μπορεί να γίνει ένα ισχυρό εργαλείο για την αναβάθμιση της εκπαίδευσης του 21ου αιώνα. Αυτή η εργασία φιλοδοξεί να συμβάλει στην κατανόηση του πλαισίου αυτού, προσφέροντας ένα εργαλείο προβληματισμού αλλά και καθοδήγησης τόσο για τους εκπαιδευτικούς, όσο και για τους ερευνητές.

Abstract

This work examines the role and impact of Artificial Intelligence in education, presenting key definitions, methods of integration, and specific systems that are already being utilized in the educational process. Initially, reference is made to fundamental concepts such as Adaptive and Personalized Learning, Intelligent Tutoring Systems, and technology-supported learning. Subsequently, Artificial Intelligence is analyzed as a technological tool enhancing the educational process, with particular emphasis on improving personalization and efficiency.

Furthermore, several examples of educational platforms and applications are presented, such as ALEKS, Realizeit, Smart Sparrow, Cognitive Tutor, Duolingo, Khanmigo, and ChatGPT Edu, which demonstrate how Artificial Intelligence can radically transform the learning experience. In addition, emerging technologies such as the Electroencephalogram biosensor, virtual supervision, Digital Twin, and RFID/NFC technologies are introduced, highlighting new horizons for the future of education.

Finally, both the advantages and the challenges associated with the integration of Artificial Intelligence into the educational process are discussed, including the need for public policy, the assurance of equity, educators' training, ethics, and data management. This work, concludes with findings that underline the importance of Artificial Intelligence as a catalyst for shaping a more flexible, accessible, and innovative educational system.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία μελετά τον ρόλο και την επίδραση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαίδευση, παρουσιάζοντας βασικούς ορισμούς, τρόπους ενσωμάτωσης και συγκεκριμένα συστήματα που αξιοποιούνται ήδη στην εκπαιδευτική διαδικασία. Αρχικά, γίνεται αναφορά σε θεμελιώδεις έννοιες όπως η Προσαρμοστική και η Εξατομικευμένη Μάθηση, τα Ευφυή Συστήματα Διδασκαλίας και οι τεχνολογίες υποστηριζόμενης μάθησης. Στη συνέχεια, αναλύεται η Τεχνητή Νοημοσύνη ως τεχνολογικό εργαλείο για την ενίσχυση της εκπαιδευτικής διαδικασίας, με έμφαση στη βελτίωση της εξατομίκευσης και της αποδοτικότητας.

Έπειτα, παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα εκπαιδευτικών πλατφορμών και εφαρμογών, όπως τα ALEKS, Realizeit, Smart Sparrow, Cognitive Tutor, Duolingo, Khanmigo και ChatGPT Edu, τα οποία αποδεικνύουν πως η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να αλλάξει ριζικά τη μαθησιακή εμπειρία. Επιπλέον, γίνεται παρουσίαση των αναδυόμενων τεχνολογιών όπως ο βιοαισθητήρας Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος, η εικονική εποπτεία, ο Ψηφιακός Δίδυμος και οι τεχνολογίες RFID και NFC, οι οποίες ανοίγουν νέους ορίζοντες για το μέλλον της εκπαίδευσης.

Τέλος, παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα αλλά και οι προκλήσεις που σχετίζονται με την ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαιδευτική διαδικασία, όπως η ανάγκη για δημόσια πολιτική, η διασφάλιση ισότητας, η εκπαίδευση των εκπαιδευτικών, η δεοντολογία και η διαχείριση των δεδομένων. Η παρούσα πτυχιακή εργασία ολοκληρώνεται με συμπεράσματα που υπογραμμίζουν τη σημασία της Τεχνητής Νοημοσύνης ως καταλύτη για τη διαμόρφωση ενός πιο ευέλικτου, προσβάσιμου και καινοτόμου εκπαιδευτικού συστήματος.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	1
1.1	Σκοπός	1
1.2	Ορισμοί	2
1.2.1	Προσαρμοστική Μάθηση	2
1.2.2	Εξατομικευμένη Μάθηση	3
1.2.3	Τεχνολογικά Υποστηριζόμενη Μάθηση	4
1.2.4	Ευφυή Συστήματα Διδασκαλίας	5
2	Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Εκπαίδευση	6
2.1	Ο ορισμός της Τεχνητής Νοημοσύνης	6
2.2	Τρόποι ενσωμάτωσης της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαιδευτική διαδικασία	9
2.2.1	Η Ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εξατομικευμένη Μάθηση	9
2.2.2	Η Ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης στα Συστήματα Διδασκαλίας	11
3	Εκπαιδευτικά Συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης	14
3.1	Πλατφόρμες Προσαρμοστικής Μάθησης	15
3.1.1	ALEKS	15
3.1.2	Realizeit	16
3.1.3	Smart Sparrow	17
3.2	Ευφυή Συστήματα Διδασκαλίας	18
3.2.1	LISP Tutor	19

3.2.2	Cognitive Tutor	19
3.2.3	AutoTutor	20
3.3	Εφαρμογές Διδασκαλίας με Τεχνητή Νοημοσύνη	20
3.3.1	Socratic	21
3.3.2	Khanmigo	21
3.3.3	Duolingo	22
3.3.4	ChatGPT Edu	23
3.4	Εργαλεία Εξατομικευμένης Εξάσκησης	24
3.4.1	Quizlet AI	25
3.4.2	Coursera – Skills Suggestions	25
3.5	Συστήματα Συστάσεων στην Ηλεκτρονική Μάθηση	26
3.6	Σύγκριση των τεχνικών της Προσαρμοστικής Μάθησης των Συστημάτων Συστάσεων	34
4	Οι Αλγόριθμοι Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εκπαιδευτικά Συστήματα	36
4.1	Εισαγωγή	36
4.2	Αλγόριθμοι Προσαρμοστική Μάθησης	36
4.3	Αλγόριθμοι Συστημάτων Συστάσεων	37
4.4	Μελέτη Περίπτωσης	37
4.4.1	Σενάριο Περίπτωσης	40
4.4.2	Δεδομένα Σεναρίου	40
4.4.3	Αλυσίδα Επεξεργασίας Δεδομένων Σεναρίου	40
4.4.4	Διάγραμμα Ροής Δεδομένων του Σεναρίου	41
4.4.5	Κριτήρια Αξιολόγησης	41
5	Αναδυόμενες Προσαρμοστικές Τεχνολογίες	43
5.1	Βιοαισθητήρας Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος	44
5.2	Εικονική Εποπτεία με Τεχνητή Νοημοσύνη	45

5.3	Alter Ego	46
5.4	Η πλατφόρμα Fluxy AI	47
5.5	Ψηφιακός Δίδυμος	49
5.6	Τεχνολογίες RFID και NFC	49
6	Πλεονεκτήματα από την ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εκπαίδευση	51
6.1	Εισαγωγή	51
6.2	Οφέλη της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαίδευση	52
6.3	Μελέτη Περίπτωσης: Σύστημα SEAL	54
7	Προκλήσεις από την ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εκπαίδευση	58
7.1	Ολοκληρωμένη δημόσια πολιτική για την Τεχνητή Νοημοσύνη για βιώσιμη ανάπτυξη	58
7.2	Διασφάλιση της ένταξης και της ισότητας της Τεχνητή Νοημοσύνη στην εκπαίδευση	60
7.3	Προετοιμασία των εκπαιδευτικών για την εκπαίδευση με τη χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης και προετοιμασία της Τεχνητής Νοημοσύνης για την κατανόηση της εκπαίδευσης	61
7.4	Ανάπτυξη ποιοτικών και χωρίς αποκλεισμούς συστημάτων δεδομένων	63
7.5	Έρευνα για την Τεχνητή Νοημοσύνη στην εκπαίδευση	64
7.6	Δεοντολογία και διαφάνεια στη συλλογή, τη χρήση και τη διάδοση των δεδομένων	65
8	Συμπεράσματα	68
	Βιβλιογραφία	70

Κατάλογος σχημάτων

2.1	Το πλαίσιο της σύγχρονης Προσαρμοστικής Μάθησης χρησιμοποιώντας προσωπικούς υπολογιστές, κινητές συσκευές, καθώς και χωρική υπολογιστική. . .	12
3.1	Στιγμιότυπο από το Insights της διαδικτυακής πλατφόρμας ALEKS [40].	16
3.2	Στιγμιότυπο του χάρτη εκμάθησης των μαθητευόμενων της πλατφόρμας Realizeit [41].	17
3.3	Στιγμιότυπο από το Insights της διαδικτυακής πλατφόρμας Smart Sparrow citelink08. . .	18
3.4	Η διεπαφή χρήστη του Cognitive Tutor [45].	20
3.5	Η διεπαφή χρήστη του AutoTutor [46].	21
3.6	Η διεπαφή χρήστη του Socratic για κινητά τηλέφωνα [48].	23
3.7	Στιγμιότυπο από την εφαρμογή του ψηφιακού βοηθού Khanmigo [49].	23
3.8	Στιγμιότυπο από διάφορες οθόνες της διεπαφής Duolingo για τα κινητά τηλέφωνα [50].	24
3.9	Στιγμιότυπο από τη διεπαφή της εφαρμογής Quizlet AI [52].	26
3.10	Η αρχιτεκτονική του εξατομικευμένου πλαισίου συστάσεων, όπως αυτή παρουσιάζεται από τους συγγραφείς [55].	28
3.11	Η αρχιτεκτονική του εξατομικευμένου πλαισίου ηλεκτρονικής μάθησης, όπως αυτή παρουσιάζεται από τους συγγραφείς [57].	30
3.12	Η αρχιτεκτονική του συστήματος συστάσεων ηλεκτρονικής μάθησης, όπως αυτή παρουσιάζεται από τους συγγραφείς [60].	32
4.1	Διάγραμμα Ροής Δεδομένων του Σεναρίου.	41
5.1	Οι ψηφιακές αναδυόμενες τεχνολογίες για την ενίσχυση των εκπαιδευτικών συστημάτων [65].	44

5.2	Ο Βιοαισθητήρας Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος.	45
5.3	Η συσκευή AlterEgo.	48
5.4	Τα πλεονεκτήματα της χρήσης του Ψηφιακού Διδύμου στην εκπαίδευση. . . .	50
6.1	Τα πλεονεκτήματα της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εκπαίδευση.	52
6.2	Οι ενότητες των τελικών σημείων από την πλευρά του διακομιστή και τις βάσεις δεδομένων του SEAL [98].	55
6.3	Οι χρήστες, οι πελάτες και βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος [98]. . . .	56

Κατάλογος πινάκων

2.1	Βασικές υποκατηγορίες τεχνολογιών εξατομίκευσης.	9
2.2	Συγκριτικός πίνακας Εξατομικευμένης Μάθησης και Ευφών Συστημάτων Δι- δασκαλίας.	10
3.1	Συγκριτικός Πίνακας Πλατφορμών Προσαρμοστικής Μάθησης.	15
3.2	Συγκριτικός Πίνακας Ευφών Συστημάτων Διδασκαλίας.	19
3.3	Συγκριτικός Πίνακας Εφαρμογών Διδασκαλίας με τη χρήση της Τεχνητής Νοη- μοσύνης.	22
3.4	Συγκριτικός Πίνακας Εργαλείων Εξατομικευμένης Εξάσκησης.	25
3.5	Συγκριτικός Πίνακας Συστημάτων Συστάσεων Ηλεκτρονικής Μάθησης.	27
3.6	Συγκριτικός Πίνακας των Αλγορίθμων των Πλατφορμών Προσαρμοστικής Μά- θησης και των Συστημάτων Συστάσεων.	35
4.1	Βασικοί Αλγόριθμοι Τεχνητής Νοημοσύνης στην Προσαρμοστική Μάθηση. . . .	38
4.2	Βασικοί Αλγόριθμοι Τεχνητής Νοημοσύνης στα Συστήματα Συστάσεων στην Εκπαίδευση.	39
7.1	Συγκριτική ανάλυση των προκλήσεων της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαί- δευση.	59

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Σκοπός

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (TN) αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς και αναδυόμενους κλάδους των σύγχρονων τεχνολογιών στον τομέα της Πληροφορικής και επηρεάζει ολοένα και περισσότερο διάφορους τομείς της κοινωνίας, όπως η υγεία, οι μεταφορές, η οικονομία, αλλά και η εκπαίδευση. Ο όρος της TN αναφέρεται στην ικανότητα των μηχανών να «μαθαίνουν», να αναλύουν δεδομένα και να λαμβάνουν αποφάσεις ή/και να προσφέρουν λύσεις που μοιάζουν με την ανθρώπινη νοημοσύνη [1]. Στον κλάδο της εκπαίδευσης, η TN ανοίγει νέους δρόμους, καθώς δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας εργαλείων και συστημάτων που προσαρμόζονται στις ανάγκες κάθε μαθητευόμενου, προσφέροντας πιο εξατομικευμένες εμπειρίες μάθησης και ενισχύοντας τη συμμετοχή και την απόδοσή του [2].

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η διερεύνηση του ρόλου της TN στην ανάπτυξη και προώθηση της εξατομικευμένης μάθησης στην εκπαίδευση. Συγκεκριμένα, στόχος της εργασίας είναι:

- Η ανάλυση βασικών εννοιών που σχετίζονται με την προσαρμοστική και εξατομικευμένη μάθηση, καθώς και με τα τεχνολογικά υποστηριζόμενα εκπαιδευτικά συστήματα.
- Η καταγραφή και αξιολόγηση των σύγχρονων τεχνικών και πρακτικών εφαρμογών της TN στην εκπαιδευτική διαδικασία, με έμφαση στα εργαλεία και τις πλατφόρμες που εφαρμόζονται διεθνώς.
- Η παρουσίαση αναδυόμενων τεχνολογιών που ενισχύουν την εξατομικευμένη μάθηση, καθώς και η αποτίμηση της δυνατότητας ένταξής τους στην εκπαιδευτική πράξη.
- Η ανάδειξη των πλεονεκτημάτων που προκύπτουν από την ενσωμάτωση της TN στην εκπαίδευση, αλλά και των προκλήσεων και των κινδύνων που σχετίζονται με αυτήν.
- Η εξαγωγή συμπερασμάτων και προτάσεων σχετικά με το πώς η TN μπορεί να αξιοποιηθεί με τρόπο αποδοτικό, ασφαλή και δίκαιο για όλους τους χρήστες της.

Με αυτόν τον τρόπο, η παρούσα πτυχιακή εργασία στοχεύει να συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση του πώς η ΤΝ διαμορφώνει και αλλάζει τη σύγχρονη εκπαιδευτική διαδικασία, αλλά και να προσφέρει ένα πλαίσιο αναφοράς για μελλοντικές εφαρμογές και έρευνες στον χώρο της εξατομικευμένης μάθησης.

Η δομή της πτυχιακής εργασίας έχει ως εξής:

- Στο Κεφάλαιο 1 παρουσιάζονται εισαγωγικές έννοιες για την κατανόηση του θέματος, όπως η Προσαρμοστική Μάθηση, η Εξατομικευμένη Μάθηση, η Τεχνολογικά Υποστηριζόμενη Μάθηση και τα Ευφυή Συστήματα Διδασκαλίας.
- Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται η έννοια της ΤΝ και οι τρόποι ενσωμάτωσής της στην εκπαιδευτική διαδικασία, με έμφαση στην εξατομικευμένη μάθηση και τα συστήματα διδασκαλίας.
- Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφονται παραδείγματα υπαρκτών εκπαιδευτικών συστημάτων ΤΝ, όπως πλατφόρμες προσαρμοστικής μάθησης, ευφυή συστήματα διδασκαλίας, εφαρμογές διδασκαλίας με ΤΝ, εργαλεία εξατομικευμένης εξάσκησης και συστήματα συστάσεων στην ηλεκτρονική μάθηση.
- Το Κεφάλαιο 4 εμβαθύνει στις τεχνικές αλγορίθμων προσαρμοστικής μάθησης και συστημάτων συστάσεων, καθώς και σε μια αναλυτική μελέτη περίπτωσης και παρουσιάζεται κι ένα παράδειγμα εφαρμογής συστήματος ΤΝ σε εκπαιδευτικό περιβάλλον.
- Στο Κεφάλαιο 5 αναλύονται οι νέες τεχνολογίες που ενισχύουν την εξατομικευμένη μάθηση.
- Το Κεφάλαιο 6 επικεντρώνεται στα οφέλη της ενσωμάτωσης της ΤΝ, με έμφαση σε πραγματικά παραδείγματα.
- Στο Κεφάλαιο 7 εξετάζονται οι προκλήσεις, οι κίνδυνοι, η δεοντολογία, η διαφάνεια και οι στρατηγικές ανάπτυξης ποιοτικών συστημάτων δεδομένων.
- Το Κεφάλαιο 8 κλείνει το κείμενο με τα κύρια ευρήματα και προτάσεις για τη μελλοντική αξιοποίηση της ΤΝ στην εκπαίδευση.

1.2 Ορισμοί

1.2.1 Προσαρμοστική Μάθηση

Στην προσαρμοστική μάθηση, η παροχή περιεχομένου καθοδηγείται από την απόδοση και τις προηγούμενες γνώσεις του μαθητευόμενου ατόμου, παρέχοντας έτσι μια πιο εξατομικευμένη εμπειρία και προωθώντας την εμπλοκή του [3]. Ένα προσαρμοστικό σύστημα μάθησης αναπτύσσει μια μαθησιακή πορεία για κάθε μαθητευόμενο άτομο και παρέχει εξατομικευμένο

περιεχόμενο με βάση τις αξιολογήσεις της επίδοσης. Μία από τις πιο κρίσιμες απαιτήσεις αυτών των συστημάτων είναι η παράδοση του περιεχομένου σε «μικρά» τμήματα, τα οποία επιτρέπουν την αξιολόγηση τμημάτων γνώσης που στη συνέχεια συγκεντρώνονται σε ένα σχέδιο μάθησης. Έτσι, το προσαρμοστικό σύστημα μάθησης παρακολουθεί την απόδοση και τις συμπεριφορές κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης και στη συνέχεια παρέχει το προσαρμοστικό περιεχόμενο σε μια προσαρμοστική ακολουθία εξατομικευμένη για κάθε μαθητευόμενο [4].

Επιπλέον, ένα ισχυρό προσαρμοστικό σύστημα μάθησης προσφέρει πολλαπλές επιλογές για τον τρόπο παράδοσης του περιεχομένου, π.χ. κείμενο, βίντεο ή διαδραστικές δραστηριότητες. Ορισμένα προσαρμοστικά συστήματα έχουν την ικανότητα να αναλύουν την απόδοση και να καθορίζουν εάν το εκάστοτε μαθητευόμενο άτομο μαθαίνει καλύτερα μέσω διαδραστικών δραστηριοτήτων, παρακολούθησης βίντεο ή ανάγνωσης και στη συνέχεια να παρέχουν το περιεχόμενο στην ιδανική μορφή που σχετίζεται με τη βελτιωμένη απόδοση του εκάστοτε μαθητευόμενου ατόμου [5].

Τα περισσότερα προσαρμοστικά συστήματα μάθησης είναι προσβάσιμα μέσω υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους (cloud computing), παρέχοντας έτσι στο μαθητευόμενο άτομο πρόσβαση στο περιεχόμενο του μαθήματος ανά πάσα ώρα και στιγμή κι όταν είναι έτοιμο το άτομο να μάθει. Έτσι, επιτρέπεται η μαθητοκεντρική μάθηση, προωθείται η αυτονομία της μάθησης και ενθαρρύνεται η αυτορρυθμιζόμενη μάθηση. Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο ενός προσαρμοστικού συστήματος μάθησης είναι η ικανότητα παροχής αποκατάστασης σε περίπτωση που ένα μαθητευόμενο άτομο δεν έχει τις προηγούμενες γνώσεις που απαιτούνται για να έχει καλή απόδοση. Αυτή η δυνατότητα βοηθά τα μη προετοιμασμένα μαθητευόμενα άτομα να αποκτήσουν τις γνώσεις, ενώ βρίσκονται ακόμα στο μάθημα, χωρίς να επιβραδύνουν την προοδευτική εκπαιδευτική τους δυναμική [3].

1.2.2 Εξατομικευμένη Μάθηση

Στην εξατομικευμένη μάθηση, οι εκπαιδευτικές προσεγγίσεις είναι προσαρμοσμένες στις ανάγκες και απαιτήσεις του μαθητευόμενου ατόμου. Ωστόσο, τώρα είναι εφικτό να γίνει εξατομικευμένη η μάθηση χρησιμοποιώντας τις νέες τεχνολογίες των προσαρμοστικών τεχνολογιών μάθησης. Ως αποτέλεσμα της ολοένα μεταβαλλόμενης εκπαίδευσης, η τεχνολογία των υπολογιστών έχει επηρεάσει σημαντικά την παιδαγωγική διδασκαλία, ιδίως στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Πλέον, ο υπολογιστής έχει μετατραπεί από έναν απλό αγωγό για την παροχή περιεχομένου μαθημάτων στους μαθητευόμενους, σε έναν υπολογιστή που εντοπίζει συνεχώς τις μαθησιακές ανάγκες κάθε μαθητευόμενου και παρέχει εξατομικευμένες μαθησιακές διαδρομές σε πραγματικό χρόνο [6].

Προς το παρόν, στο ακαδημαϊκό περιβάλλον, η έννοια της προσαρμοστικής μάθησης είναι νεφελώδης. Στην εργασία [7] τονίζεται η έλλειψη σαφούς και συνεπούς ορολογίας σε ολόκληρο τον εκπαιδευτικό χώρο, η οποία αποτελεί εμπόδιο για την εφαρμογή της προσαρμοστικής μάθησης στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Υπάρχει μια προσπάθεια να διευκρινιστεί «τι» είναι η προσαρμοστική μάθηση, ωστόσο οι τεχνολογίες που παρέχουν προσαρμοστική μάθηση ποικίλ-

λουν τόσο πολύ που είναι τρομακτικό ακόμη και να προσδιοριστεί τι πρέπει να συμπεριληφθεί στον ορισμό.

Η τεχνολογία της προσαρμοστικής μάθησης παρέχει εξατομικευμένη μάθηση σε μεγάλη κλίμακα, αξιολογώντας τις τρέχουσες δεξιότητες/γνώσεις των μαθητευόμενων, παρέχοντας ανατροφοδότηση και περιεχόμενο και στη συνέχεια παρακολουθώντας συνεχώς την πρόοδο χρησιμοποιώντας αλγόριθμους μάθησης που παρέχουν ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο και τα απαραίτητα εργαλεία για τη βελτίωση της μάθησης των μαθητευόμενων [8]. Επιπλέον, η Έκθεση Horizon του 2018 [9] εξηγεί ότι η προσαρμοστική μάθηση συμβαίνει όταν χρησιμοποιούνται ψηφιακά εργαλεία και συστήματα για τη δημιουργία ατομικών μαθησιακών διαδρομών για τους μαθητευόμενους με βάση τα δυνατά και αδύνατα σημεία τους και τον ρυθμό μάθησης. Ωστόσο, μερικοί ερευνητές [7], [10] σημειώνουν ότι η ταξινόμηση εξακολουθεί να είναι αρκετά ρευστή, γεγονός που καθιστά δύσκολη την επίτευξη συναίνεσης σε έναν λειτουργικό ορισμό.

Τέλος, ορισμένα προσαρμοστικά συστήματα μάθησης περιλαμβάνουν πληροφορίες προφίλ από άλλες πηγές, αλλά τα περισσότερα προηγμένα συστήματα δημιουργούν μια μαθησιακή διαδρομή κατά τη στιγμή της αλληλεπίδρασης με το μαθητευόμενο άτομο. Το προφίλ δραστηριότητας του μαθητευόμενου ατόμου, τα δεδομένα αναλυτικής μάθησης και η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning) επιτρέπουν στη συνέχεια στα εργαλεία να παρακολουθούν την πρόοδο και να δημιουργούν συνεχή προσαρμογή στις μαθησιακές διαδρομές σε πραγματικό χρόνο, εκτός από την παροχή εξατομικευμένης υποστήριξης για την προώθηση της μάθησης για κάθε μαθητευόμενο άτομο και τη στόχευση εξατομικευμένων παρεμβάσεων για τη βελτίωση της επιτυχίας του. Τα προσαρμοστικά μαθησιακά περιβάλλοντα παρέχουν στους εκπαιδευτές τα εργαλεία για να χρησιμοποιούν τεχνολογίες και δεδομένα για να παρέχουν έγκαιρη ανατροφοδότηση σχετικά με την απόδοση των μαθητευόμενων. Περιγράφοντας τα προσαρμοστικά συστήματα μάθησης, οι συγγραφείς της εργασίας [11] παρέθεσαν τον ορισμό του Froschl που χρησιμοποιήθηκε στη μεταπτυχιακή του διατριβή, στην οποία αναφέρει: «σε ένα προσαρμοστικό σύστημα οι ανάγκες του μαθητή αναλαμβάνονται από το ίδιο το σύστημα και, ως εκ τούτου, προσαρμόζει τη συμπεριφορά του ανάλογα». Σε πιο επίσημη γλώσσα, οι συγγραφείς της εργασίας [12] σημειώνουν ότι «ένα μαθησιακό περιβάλλον θεωρείται προσαρμοστικό εάν είναι ικανό: να παρακολουθεί τις δραστηριότητες των χρηστών του· να τις ερμηνεύει με βάση μοντέλα που αφορούν συγκεκριμένα πεδία· να συνάγει απαιτήσεις και προτιμήσεις χρηστών από τις ερμηνευμένες δραστηριότητες, να τις αναπαριστά κατάλληλα σε σχετικά μοντέλα· και, τέλος, να ενεργεί με βάση τη διαθέσιμη γνώση σχετικά με τους χρήστες του και το υπό εξέταση θέμα, για να διευκολύνει δυναμικά τη μαθησιακή διαδικασία» [4].

1.2.3 Τεχνολογικά Υποστηριζόμενη Μάθηση

Η Τεχνολογικά Υποστηριζόμενη Μάθηση - ΤΥΜ (Technology-Enhanced Learning - TEL) αντιπροσωπεύει μια άλλη εκπαιδευτική προσέγγιση που συνδυάζει την τεχνολογία με αποτελεσματικές στρατηγικές διδασκαλίας για την ενίσχυση της Εξατομικευμένης και Προσαρμοστικής μάθησης. Η ΤΥΜ έχει τη δυνατότητα να μετατρέψει τη διδασκαλία και τη μάθηση σε μηχανισμούς βιώσιμης ανάπτυξης. Ενσωματώνοντας αναδυόμενες τεχνολογίες, όπως η ΤΝ, τα μέσα

κοινωνικής δικτύωσης, τα διαδικτυακά εργαλεία, την επαυξημένη και εικονική πραγματικότητα και την παιχνιδοποίηση, η ΤΥΜ εμπλουτίζει την εκπαιδευτική εμπειρία τόσο για τους εκπαιδευτικούς όσο και για τα μαθητευόμενα άτομα -ειδικά καθώς η εξ' αποστάσεως και η υβριδική μάθηση καθίσταται απαραίτητη. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στα μαθητευόμενα άτομα να μαθαίνουν με τον δικό τους ρυθμό, παραμένοντας παράλληλα ενεργά. Ωστόσο, είναι ζωτικής σημασίας να διασφαλιστεί η υπεύθυνη χρήση της τεχνολογίας, η διαχείριση των κινδύνων, μεγιστοποιώντας παράλληλα τα θετικά αποτελέσματα [13].

Οι αναδυόμενες τεχνολογίες που επιτρέπουν την Εξατομικευμένη και Προσαρμοστική μάθηση περιλαμβάνουν:

- την Αναλυτική Μάθηση [14],
- την Τεχνητή Νοημοσύνη [2],
- τη Μηχανική Μάθηση [15],
- τους Έξυπνους Εκπαιδευτές [11],
- τους Προσαρμοστικούς Ελέγχους [6] και
- το ισχυρό διαδραστικό μαθησιακό περιεχόμενο [13].

1.2.4 Ευφυή Συστήματα Διδασκαλίας

Τα Ευφυή Συστήματα Διδασκαλίας - ΕΣΔ (Intelligent Tutoring Systems - ITS) είναι πλατφόρμες που βασίζονται στην ΤΝ και προσφέρουν Εξατομικευμένη και Προσαρμοστική Διδασκαλία. Από την έναρξή τους τη δεκαετία του 1950, αυτά τα συστήματα έχουν υποστεί σημαντική εξέλιξη. Πρόσφατα, με την άνοδο των ευέλικτων λύσεων της ΤΝ και της Μηχανικής Μάθησης, πολλά ΕΣΔ ενισχύονται πλέον από τις δυνατότητες της ΤΝ. Για παράδειγμα, η Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing - NLP) μπορεί να λειτουργήσει ως chatbots για την παροχή ανατροφοδότησης και απαραίτητων μαθησιακών παρεμβάσεων [14].

Επιπλέον, οι ισχυρές δυνατότητες εξόρυξης δεδομένων της Μηχανικής Μάθησης μπορούν να διευκολύνουν την ανάλυση της μάθησης και τις προβλέψεις απόδοσης [16]. Άλλες εφαρμογές περιλαμβάνουν τη χρήση αναγνώρισης εικόνας για την αξιολόγηση των εκφράσεων του προσώπου, χειρονομιών ή συναισθημάτων των μαθητευόμενων για την ενημέρωση των διδακτικών στρατηγικών που θα ακολουθηθούν [5], [17].

Κεφάλαιο 2

Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Εκπαίδευση

2.1 Ο ορισμός της Τεχνητής Νοημοσύνης

Η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι ένας κλάδος της επιστήμης των υπολογιστών που επιδιώκει να δημιουργήσει έξυπνες μηχανές ικανές να εκτελούν εργασίες που συνήθως απαιτούν ανθρώπινη νοημοσύνη κι έχει τεράστιες δυνατότητες ώστε να φέρει επανάσταση στον κλάδο της εκπαίδευσης - και όχι μόνο. Η ΤΝ περιλαμβάνει ένα ποικίλο σύνολο τεχνολογιών και αλγορίθμων που έχουν σχεδιαστεί για να αναπαράγουν την ανθρώπινη νοημοσύνη, επιτρέποντας στις μηχανές να μαθαίνουν, να συλλογίζονται και να λαμβάνουν αποφάσεις [18].

Στο σύγχρονο εκπαιδευτικό τοπίο, η ενσωμάτωση της ΤΝ έχει αναδειχθεί ως μια μετασχηματιστική δύναμη, επαναπροσδιορίζοντας τις παραδοσιακές μεθοδολογίες διδασκαλίας και βελτιώνοντας την ποιότητα των μαθησιακών εμπειριών [19]. Η μετάβαση από τα παραδοσιακά περιβάλλοντα διδασκαλίας σε περιβάλλοντα εξ' αποστάσεως, εικονικής και μικτής μάθησης γίνεται όλο και πιο αναπόφευκτη. Καθώς περισσότερα εκπαιδευτικά μαθήματα μεταφέρονται στο Διαδίκτυο και γίνονται προσβάσιμα εξ' αποστάσεως, αυξάνεται και η πολυπλοκότητα της διαχείρισης των δεδομένων που παράγονται από αυτά τα συστήματα. Παρ' όλα αυτά, η ραγδαία πρόοδος της ΤΝ έχει φέρει επανάσταση σε πολλούς τομείς και η εκπαίδευση δεν αποτελεί εξαίρεση. Μία από τις πιο ελπιδοφόρες εξελίξεις σε αυτόν τον τομέα είναι η εμφάνιση των ΕΣΔ με την υποστήριξη της ΤΝ, τα οποία έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες, να προσαρμόζονται στις ανάγκες του μαθητευόμενου ατόμου και να προσφέρουν συνεχή ανατροφοδότηση. Επίσης, καθώς τα παραδοσιακά περιβάλλοντα διδασκαλίας αντιμετωπίζουν την πρόκληση της κάλυψης διαφορετικών στυλ και ρυθμών μάθησης, τα ΕΣΔ προσφέρουν μια καινοτόμο λύση, ενισχύοντας τη μαθησιακή διαδικασία μέσω υποστήριξης που βασίζεται στην τεχνολογία [5].

Δεδομένου ότι η ΤΝ είναι μια πολύ ισχυρή τεχνολογία, έχει τη δυνατότητα να αλλάξει τους ευρείς τομείς της παραδοσιακής διδασκαλίας και εκπαίδευσης, καθώς και πολλαπλούς τομείς στην κοινωνία. Με την εξέλιξη της Παραγωγικής ΤΝ (Generative AI) [20] από το 2022, έχει γίνει πολλή συζήτηση για τα εργαλεία της, όπως το GPT (Generative Pretrained Transformer)

της OpenAI [21], το Μεγάλο Γλωσσικό Μοντέλο (Large Language Models - LLMs) της Microsoft ονόματι Copilot [22], κλπ. Αυτά τα εργαλεία έχουν κερδίσει γρήγορα την παγκόσμια προσοχή και οι χρήστες προσελκύονται από τις δυνατότητές τους. Η αυξανόμενη ζήτηση για εκπαίδευση υπογραμμίζει την αναγκαιότητα για μάθηση που υποστηρίζεται από την ΤΝ, όπου τα έξυπνα εκπαιδευτικά συστήματα παρέχουν στους εκπαιδευτές και τους μαθητευόμενους προσαρμοσμένη διδασκαλία και ανατροφοδότηση, για τις ατομικές τους ανάγκες.

Αυτού του είδους τα συστήματα στοχεύουν στη βελτίωση της συνολικής ποιότητας και αποτελεσματικότητας της μάθησης μέσω διαφόρων τεχνολογιών, ιδιαίτερα της Μηχανικής Μάθησης. Τέτοιες τεχνολογίες έχουν βαθιές ρίζες σε στατιστικά μοντέλα και θεωρίες γνωστικής μάθησης [23]. Για την ενίσχυση των δυνατοτήτων αυτομάθησης ενός συστήματος μάθησης ΤΝ, η ενσωμάτωση ενός "μοντέλου" μαθητευόμενου είναι απαραίτητη. Αυτό το μοντέλο κατασκευάζεται μέσω της εξέτασης δεδομένων που συσσωρεύονται κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας, αξιολογώντας τη συλλογιστική και τα επίπεδα δεξιοτήτων ενός μαθητευόμενου ατόμου. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται ανάλυση γνώσης για την αξιολόγηση της κατανόησης του θέματος από το μαθητευόμενο άτομο, συνδέοντας τα μαθησιακά αποτελέσματα με διάφορους παράγοντες όπως το εκπαιδευτικό υλικό, τους πόρους και τις μαθησιακές συμπεριφορές. Το μοντέλο γνώσης δημιουργεί έναν ολοκληρωμένο χάρτη δομής γνώσης που περιλαμβάνει βασικούς μαθησιακούς πόρους, συμπεριλαμβανομένης της γνώσης των ειδικών, των συνηθισμένων σφαλμάτων των μαθητευόμενων και των παρανοήσεων. Ενσωματώνοντας πεδία γνώσης με μοντέλα μαθητευόμενων, το μοντέλο διδασκαλίας καθιερώνει κριτήρια για την πρόσβαση σε πεδία πληροφοριών, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να προσαρμόζουν τις μεθόδους και τις δραστηριότητες διδασκαλίας ανάλογα με τις ανάγκες των μαθητευόμενων ατόμων. Έτσι, καθώς τα μαθητευόμενα άτομα προχωρούν στα ακαδημαϊκά τους ταξίδια, θα είναι πιο πιθανό να επιδεικνύουν προληπτικές συμπεριφορές, να ζητούν βοήθεια και να συμμετέχουν θετικά.

Ο αντίκτυπος της ΤΝ στην εκπαίδευση, με ιδιαίτερη έμφαση στην Παραγωγική ΤΝ, τους Συνομιλητές ΤΝ (Chatbots), την Ανάλυση Δεδομένων (Analytics) και τις εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες, έχει μελετηθεί και πειραματιστεί με πολύ γρήγορους ρυθμούς. Μετά την κυκλοφορία του ChatGPT το 2021, έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως από μαθητευόμενους και εκπαιδευτικούς για την υποστήριξη των μαθητευόμενων, την προσαρμοστική αξιολόγηση, την εξατομικευμένη μάθηση και την προγνωστική ανάλυση. Για να διασφαλιστεί η υπεύθυνη και ηθική χρήση της ΤΝ στην εκπαίδευση, δίνονται συστάσεις για μελλοντική έρευνα, δημιουργία πολιτικής και προγράμματα επαγγελματικής ανάπτυξης. Δίνεται έμφαση στη συνεργασία μεταξύ ερευνητών, εκπαιδευτικών και υπευθύνων χάραξης πολιτικής για τη μεγιστοποίηση των οφελών της ΤΝ, μετριάζοντας παράλληλα τους κινδύνους και τις προκλήσεις στα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα [19].

Η εξατομίκευση στην εκπαίδευση και στην τεχνολογία επιτυγχάνεται μέσα από τη συνεργασία διαφόρων επιστημονικών και τεχνολογικών πεδίων. Κάθε μία από τις υποκατηγορίες που αναφέρονται παρακάτω και στον Πίνακα 2.1 συμβάλλει με διαφορετικό τρόπο στην προσαρμογή του περιεχομένου, των εμπειριών και της υποστήριξης προς τις ατομικές ανάγκες των χρηστών.

- **Μηχανική Μάθηση.** Η Μηχανική Μάθηση είναι ένα υποσύνολο της ΤΝ, η οποία προσ-

δίδει τη δυνατότητα στα συστήματα να βελτιώνουν την απόδοσή τους με την πάροδο του χρόνου χωρίς σαφή προγραμματισμό. Στην εκπαιδευτική διαδικασία η χρήση της Μηχανικής Μάθησης μπορεί να συμβάλει στις προτάσεις μαθημάτων, τις εξατομικευμένες αξιολογήσεις, την αυτόματη προσαρμογή δυσκολίας, κ.ά.

- **Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας.** Η Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing - NLP) [24] επιτρέπει στις μηχανές να κατανοούν και να ανταποκρίνονται στην ανθρώπινη γλώσσα, ενώ η υπολογιστική όραση διευκολύνει την ερμηνεία οπτικών πληροφοριών. Αυτά τα στοιχεία συμβάλλουν συλλογικά στην ανάπτυξη ευφύων συστημάτων που μπορούν να εμπλέξουν τους μαθητευόμενους σε συμπεριφορές ανθρώπινης αλληλεπίδρασης. Λόγω του ευρέος φάσματος εφαρμογών, όπως η ικανότητα δημιουργίας τεράστιων δεδομένων, η σύνοψη περιεχομένου, η απάντηση σε ερωτήσεις, η δημιουργία εικόνων κ.ο.κ., είναι διάσημη μεταξύ μαθητευόμενων, επαγγελματιών, προγραμματιστών και εκπαιδευτικών. Αλλά μερικές φορές, αυτά τα εργαλεία μπορεί να δώσουν λανθασμένες πληροφορίες, επομένως οι χρήστες πρέπει να τα ελέγχουν ξανά πριν τα χρησιμοποιήσουν για σοβαρά πράγματα.
- **Ανάλυση Μαθησιακών Δεδομένων.** Η Ανάλυση Μαθησιακών Δεδομένων (Learning Analytics) αφορά στη συλλογή, την ανάλυση και την ερμηνεία των δεδομένων σχετικά με τη μαθησιακή δραστηριότητα των μαθητευόμενων. Έτσι, βοηθά τους εκπαιδευτικούς και τις πλατφόρμες να κατανοήσουν τις ανάγκες κάθε μαθητευόμενου και να λάβουν αποφάσεις βάσει των συλλεχθέντων δεδομένων. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί για τον εντοπισμό μαθητευόμενων που βρίσκονται σε κίνδυνο, την προσαρμοστική παρέμβαση, την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του εκπαιδευτικού περιεχομένου, κ.ο.κ.
- **Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα.** Τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα [25] είναι προηγμένα μοντέλα TN τα οποία έχουν εκπαιδευτεί σε τεράστιους όγκους κειμένων και μπορούν να κατανοούν και να παράγουν ανθρώπινο λόγο. Επιτρέπουν δυναμικές, διαδραστικές και εξατομικευμένες εμπειρίες μάθησης. Το πεδίο εφαρμογής των εν λόγω μοντέλων στην εκπαιδευτική διαδικασία αφορά στη δημιουργία προσωποποιημένων απαντήσεων, εξηγήσεων, περιλήψεων ή ακόμα και αυτόματων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων.
- **Παραγωγική TN.** Η Παραγωγική TN αναφέρεται σε μοντέλα ή αλγόριθμους που χρησιμοποιούν ένα μεγάλο, προ-εκπαιδευμένο σύνολο δεδομένων για να δημιουργήσουν νέα έξοδο, όπως κείμενο, εικόνες, βίντεο, κώδικα, δεδομένα ή τρισδιάστατες απεικονίσεις. Αυτοί οι αλγόριθμοι μπορούν να παράγουν νέες πληροφορίες και να κάνουν προβλέψεις επεκτείνοντας το σύνολο εκπαίδευσής τους. Τα μοντέλα της Παραγωγικής TN είναι ικανά για πολλαπλές εργασίες και εκτέλεση ενός ευρέος φάσματος μη συμβατικών εργασιών στην εκπαιδευτική διαδικασία, όπως η ταξινόμηση, οι ερωτήσεις-απαντήσεις, η σύνοψη, κ.ά. [19].

Υποκατηγορία	Περιγραφή	Εφαρμογές στην Εκπαίδευση
Μηχανική Μάθηση	Αλγόριθμοι που μαθαίνουν από δεδομένα για την πρόβλεψη και εξατομίκευση εμπειριών.	Προσαρμογή περιεχομένου, συστάσεις μαθημάτων, εξατομίκευμένες αξιολογήσεις.
Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας	Κατανόηση και παραγωγή ανθρώπινης γλώσσας από υπολογιστικά συστήματα.	Αυτόματη κατανόηση ερωτήσεων, υποστήριξη διαλόγου, γλωσσική διόρθωση.
Ανάλυση Μαθησιακών Δεδομένων	Συλλογή και ανάλυση δεδομένων σχετικά με τη μαθησιακή συμπεριφορά.	Εντοπισμός μαθητών σε κίνδυνο, παρακολούθηση προόδου, αναλύσεις επίδοσης.
Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα	Προηγμένα μοντέλα TN που παράγουν φυσική γλώσσα και προσαρμόζονται στον χρήστη.	Δημιουργία επεξηγήσεων, προσαρμοσμένων κειμένων, απαντήσεις σε ερωτήσεις.
Παραγωγική TN	Μοντέλα ή αλγόριθμοι για τη δημιουργία κειμένου, εικόνων, βίντεο, κώδικα, κλπ.	Ταξινόμηση, ερωτήσεις-απαντήσεις, σύνοψη, δημιουργία περιεχομένου.

Πίνακας 2.1: Βασικές υποκατηγορίες τεχνολογιών εξατομίκευσης.

2.2 Τρόποι ενσωμάτωσης της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαιδευτική διαδικασία

Η TN έχει αρχίσει να διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στον μετασχηματισμό της εκπαίδευσης, προσφέροντας καινοτόμες δυνατότητες για την εξατομίκευμένη μάθηση και τα συστήματα διδασκαλίας. Οι δύο υποενότητες που ακολουθούν εστιάζουν στην ενσωμάτωση της TN τόσο στην προσαρμογή της μαθησιακής διαδικασίας στις ανάγκες κάθε μαθητευόμενου ατόμου, όσο και στην υποστήριξη και βελτίωση των συστημάτων διδασκαλίας, με στόχο τη βέλτιστη μαθησιακή εμπειρία.

Στον Πίνακα 2.2 που ακολουθεί, γίνεται μια σύγκριση της Εξατομίκευμένης Μάθησης έναντι των ΕΣΔ, όπως αυτά παρουσιάζονται πιο κάτω.

2.2.1 Η Ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εξατομίκευμένη Μάθηση

Οι τεχνολογίες Προσαρμοστικής Μάθησης μπορούν να ταξινομηθούν σε:

- πλατφόρμες Προσαρμοστικής Μάθησης [26] και
- προγράμματα Προσαρμοστικής Μάθησης [27].

Οι πλατφόρμες Προσαρμοστικής Μάθησης παρέχουν στα μαθητευόμενα άτομα ένα ευέλικτο

	Εξατομικευμένη Μάθηση	ΕΣΔ
Ορισμός	Εκπαιδευτική προσέγγιση που προσαρμόζει το μαθησιακό μονοπάτι στις ανάγκες, τα ενδιαφέροντα και τον ρυθμό κάθε μαθητευόμενου.	Υπολογιστικά συστήματα που αξιοποιούν τη ΤΝ για να προσομοιώσουν την καθοδήγηση ενός δασκάλου και να παρέχουν εξατομικευμένη διδασκαλία.
Τεχνολογική Βάση	Μπορεί να εφαρμοστεί με ή χωρίς τεχνολογία (π.χ. διαφοροποίηση διδασκαλίας από τον εκπαιδευτικό).	Απαιτεί αλγορίθμους ΤΝ, Μηχανική Μάθηση, κ.ά.
Προσαρμογή	Γίνεται κυρίως από τον εκπαιδευτικό ή μέσω μαθησιακών πλατφορμών.	Γίνεται αυτόματα και σε πραγματικό χρόνο, με συνεχή ανάλυση δεδομένων απόδοσης.
Επίκεντρο	Το μαθητευόμενο άτομο. Ενδυναμώνει την αυτονομία και την ανάληψη ευθύνης για τη μάθηση.	Βελτίωση της διδασκαλίας μέσω έξυπνων μηχανισμών ανατροφοδότησης και προσαρμογής.
Οφέλη	Αυξημένη εμπλοκή, καλύτερη κατανόηση, ρυθμός προσαρμοσμένος στο μαθητευόμενο άτομο.	Εξοικονόμηση χρόνου, αυτοματοποίηση βαθμολόγησης/ανατροφοδότησης, εξατομικευμένη υποστήριξη σε πραγματικό χρόνο.
Περιορισμοί	Απαιτεί χρόνο και προσπάθεια από τον εκπαιδευτικό, δύσκολο σε μεγάλες τάξεις.	Εξάρτηση από τεχνολογία, κόστος υλοποίησης, ζητήματα διαφάνειας.

Πίνακας 2.2: Συγκριτικός πίνακας Εξατομικευμένης Μάθησης και Ευφυών Συστημάτων Διδασκαλίας.

μαθησιακό περιβάλλον, το οποίο μπορεί να επιταχύνει τη μάθηση δημιουργώντας μια εξατομικευμένη μαθησιακή πορεία, η οποία κατευθύνεται από προηγούμενες γνώσεις και διαρκή αξιολόγηση της απόδοσης. Στην Έκθεση Horizon του 2017 [28], προσδιορίστηκαν οι τεχνολογίες της Προσαρμοστικής Μάθησης ως μία από τις έξι εξελίξεις των εκπαιδευτικών τεχνολογιών που θα έχουν τον μεγαλύτερο αντίκτυπο στα Ιδρύματα Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Ωστόσο, στην Έκθεση Horizon του 2019 [29] σημειώνονται οι ανησυχίες ότι οι προσδοκίες για πρόοδο δεν είχαν ακόμη εκπληρωθεί. Οι συγγραφείς της εν λόγω έκθεσης σημειώνουν ότι η μη εκπλήρωση των προσδοκιών μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι τα τεχνολογικά εργαλεία θεωρούνταν ότι βρίσκονταν στα σπάργανα, δημιουργώντας έτσι μια μεγάλη επένδυση σε χρόνο, χρήμα και πόρους από τα εκπαιδευτικά ιδρύματα. Ωστόσο, η ραγδαία εξέλιξη της επεξεργασίας των πληροφοριών και των τεχνολογιών του Διαδικτύου επιτρέπει στην ηλεκτρονική μάθηση να παρέχει εξατομικευση, διαδραστικότητα, πλούσιο περιεχόμενο σε πολυμέσα, παράδοση ακριβώς στην ώρα του και ένα περιβάλλον με επίκεντρο τα μαθητευόμενα άτομα, όπου μπορούν να αναλάβουν την ευθύνη της μάθησής τους.

Οι πλατφόρμες Προσαρμοστικής Μάθησης υπάρχουν ως αυτόνομα συστήματα, όπου όλες οι λειτουργίες του εκπαιδευτικού υλικού συνδυάζονται σε μία ισχυρή μονάδα εργασίας. Ενώ, τα προγράμματα Προσαρμοστικής Μάθησης παρέχουν ένα στοιχείο που μπορεί να συνδεθεί με ένα υπάρχον μάθημα σε ένα Σύστημα Διαχείρισης Μάθησης (Learning Management System - LMS) [30] και να προσφέρει προσαρμοστική και εξατομικευμένη εμπειρία. Από την πλευρά τους, τα προσαρμοστικά συστήματα μπορούν να παρέχουν περιεχόμενο που έχει αναπτυχθεί από έναν προμηθευτή, ενώ τα συστήματα μπορούν απλώς να χρησιμεύσουν ως πλαίσιο για τα εκπαιδευτικά ιδρύματα ώστε να εισάγουν το δικό τους περιεχόμενο.

Οι συγγραφείς της εργασίας [10] σημειώνουν ότι υπάρχουν αρκετές πολλά υποσχόμενες ευκαιρίες όπου η τεχνολογία της Προσαρμοστικής Μάθησης μπορεί να ενισχύσει τη μάθηση και την επιτυχία των μαθητευόμενων ατόμων. Υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε κάθε μία από τις επιλογές και εναπόκειται στον εκπαιδευτή και στο εκπαιδευτικό ίδρυμα να αποφασίσουν ποια τεχνολογία θα χρησιμοποιήσουν, με βάση τους πόρους του εκάστοτε ιδρύματος, τη διαθεσιμότητα, την ποιότητα του περιεχομένου και τη χρηστικότητα της τεχνολογίας [4], [5].

Στην Εικόνα 2.1 παρέχεται μια λεπτομερής απεικόνιση του σύγχρονου πλαισίου της Προσαρμοστικής Μάθησης [31]. Αυτό το πλαίσιο υποστηρίζεται από διάφορους τεχνολογικούς πυλώνες, όπως οι προσωπικοί υπολογιστές, οι κινητές συσκευές και η χωρική υπολογιστική. Ενσωματώνει προηγμένη ΤΝ και Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality - AR) στις εκπαιδευτικές προσεγγίσεις. Επιπλέον, η εικόνα απεικονίζει ελκυστικά εργαλεία μάθησης που αποτελούν μέρος αυτού του πλαισίου. Επίσης, επισημαίνονται εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες σχεδιασμένες για μεμονωμένους μαθητευόμενους. Οι ψηφιοποιημένοι μηχανισμοί ανατροφοδότησης, που στοχεύουν στη βελτίωση της μαθησιακής εμπειρίας, είναι ένα άλλο βασικό στοιχείο που απεικονίζεται στην εικόνα. Τέλος, το πλαίσιο περιλαμβάνει στρατηγικές για βελτιωμένη διατήρηση γνώσης, οι οποίες συμβάλλουν στην αύξηση του κινήτρου των μαθητευόμενων.

2.2.2 Η Ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης στα Συστήματα Διδασκαλίας

Τα ΕΣΔ που βασίζονται στην ΤΝ μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη διαδικασία της διδασκαλίας και της μάθησης, ενισχύοντας τα μαθησιακά αποτελέσματα και τη συμμετοχή των μαθητευόμενων ατόμων. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν αλγόριθμους ΤΝ για την ανάλυση των δεδομένων των μαθητευόμενων ατόμων, διευκολύνοντας εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες προσαρμοσμένες στις ατομικές ανάγκες. Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο προωθεί την αποτελεσματική και αποδοτική μάθηση, αλλά μειώνει επίσης τον χρόνο και τους πόρους που συνήθως απαιτούνται από τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας. Για παράδειγμα, τα Εξατομικευμένα Συστήματα Μάθησης αξιοποιούν την ΤΝ για να δημιουργήσουν προσαρμοσμένες εμπειρίες, ενώ τα chatbot που βασίζονται στην ΤΝοημοσύνη μπορούν να απαντήσουν στα ερωτήματα των μαθητευόμενων ατόμων και να παρέχουν εξατομικευμένη υποστήριξη. Επιπλέον, οι τεχνολογίες ΤΝ μπορούν να παρακολουθούν την απόδοση των μαθητευόμενων ατόμων σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στους εκπαιδευτές να παρεμβαίνουν όταν είναι



Σχήμα 2.1: Το πλαίσιο της σύγχρονης Προσαρμοστικής Μάθησης χρησιμοποιώντας προσωπικούς υπολογιστές, κινητές συσκευές, καθώς και χωρική υπολογιστική.

απαραίτητο [32].

Από την οπτική γωνία των εκπαιδευτικών, τα ΕΣΔ θα πρέπει να θεωρούνται πολύτιμα εργαλεία που βελτιώνουν τις διδακτικές πρακτικές και όχι ως υποκατάστατά τους. Μπορούν να προσφέρουν εξατομικευμένη διδασκαλία για διαφορετικούς μαθητευόμενους, ευθυγραμμίζόμενα με τη μετάβαση από τις διαδικασίες μάθησης με επίκεντρο τον εκπαιδευτικό, στις διαδικασίες μάθησης με επίκεντρο τον μαθητή [33]. Επιπλέον, τα ΕΣΔ μπορούν να μετριάσουν τις συνήθεις εργασίες όπως η βαθμολόγηση και η ανατροφοδότηση, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να επικεντρωθούν περισσότερο στην πραγματική διδασκαλία [34], [35], ενισχύοντας τελικά τη δια βίου μάθηση και την επαγγελματική ανάπτυξη τόσο για τα μαθητευόμενα άτομα όσο και για τους εκπαιδευτικούς.

Στη βιβλιογραφία μπορεί κανείς να βρει δύο κύριες προσεγγίσεις για την ενσωμάτωση της ΤΝ στα Συστήματα Διδασκαλίας. Η πρώτη [36] περιλαμβάνει την ανάλυση των δεδομένων καταγραφής χωρίς παρέμβαση στο ίδιο το σύστημα διδασκαλίας, συχνά χρησιμοποιώντας τεχνικές εξόρυξης δεδομένων και ομαδοποίησης για τον εντοπισμό μαθησιακών συμπεριφορών. Αυτή η μέθοδος συνήθως χρησιμοποιεί αλγόριθμους μάθησης και ομαδοποίησης χωρίς επίβλεψη, καθώς δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα για την εκπαίδευση των μοντέλων [37].

Η δεύτερη προσέγγιση [38] επικεντρώνεται στην πρόβλεψη της απόδοσης, χρησιμοποιώντας αλγόριθμους Εποπτευόμενης Μάθησης για την εξαγωγή χαρακτηριστικών για σκοπούς πρόβλεψης [16]. Έτσι, η δεύτερη κατηγορία ενσωμάτωσης της ΤΝ θέτει μεγαλύτερες προκλήσεις στην εφαρμογή. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η εξατομίκευση λαμβάνεται πιο αποτελεσματικά υπόψη στο πλαίσιο της μαθησιακής διαδικασίας [17], [35] ή μέσω στοχευμένων παρεμβάσεων

[37]. Αυτό απαιτεί προσεκτική εξέταση της αρχιτεκτονικής του συστήματος, καθώς οι αλγόριθμοι της TN είναι στενά συνδεδεμένοι με το σύστημα, αντιπροσωπεύοντας μια μορφή Προσαρμοστικής Μάθησης. Ως αποτέλεσμα αυτού, πολλές μελέτες έχουν διερευνήσει την εμπλοκή και την πρόληψη της σχολικής εγκατάλειψης.

Ωστόσο, τα πιθανά οφέλη της TN στην εκπαίδευση παραμένουν σε μεγάλο βαθμό ανεκμετάλλευτα. Και ενώ η Εξηγήσιμη TN (Explainable Artificial Intelligence - XAI) κερδίζει έδαφος στην επιστήμη των υπολογιστών, η εφαρμογή της στην εκπαίδευση παραμένει σε αρχικό στάδιο. Οι συγγραφείς της εργασίας [38] κατέδειξαν μια αντιπαραδειγματική προσέγγιση για την εξήγηση των προβλέψεων που βασίζονται στην TN για την υποστήριξη των μαθητών, ενώ στην εργασία [39] χρησιμοποιήθηκε ένας πρόσφατος αλγόριθμος Εξηγήσιμης TN, για να διευκρινίσουν τα προγνωστικά αποτελέσματα. Συνολικά, τα Συστήματα Διδασκαλίας τα οποία ενσωματώνουν TN διαθέτουν βελτιωμένη προσαρμοστικότητα για να ανταποκρίνονται στις καταστάσεις μάθησης των μαθητευόμενων ατόμων σε πραγματικό χρόνο, αυξάνοντας την πιθανότητα έγκαιρων παρεμβάσεων και υποστήριξης [5].

Κεφάλαιο 3

Εκπαιδευτικά Συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης

Ο τομέας της προσαρμοστικής τεχνολογικής μάθησης είναι τόσο νέος που δεν υπάρχουν καθορισμένα πρότυπα γι' αυτού του είδους τα εργαλεία. Αυτό μπορεί να προκαλέσει σύγχυση σε όσους επιθυμούν να εφαρμόσουν αυτήν τη νέα τεχνολογία. Ορισμένα εργαλεία προσφέρουν κάποιες προσαρμοστικές ευκαιρίες, αλλά οι προσαρμοστικές επιλογές ποικίλλουν σημαντικά από σύστημα σε σύστημα. Πολλά εκπαιδευτικά ιδρύματα και καθηγητές θεωρούν ότι είναι μια πολύ πραγματική πρόκληση να επιλέξουν το εργαλείο το οποίο ανταποκρίνεται καλύτερα στις ανάγκες τους. Επιπλέον, ενώ πολλά εκπαιδευτικά ιδρύματα θα προτιμούσαν να αναπτύξουν το δικό τους περιεχόμενο, ωστόσο ο χρόνος και το κόστος για να υλοποιήσουν κάτι τέτοιο αποτελούν μια πραγματική πρόκληση τόσο για τα ίδια τα ιδρύματα, όσο και για τους καθηγητές τους [5].

Στη σύγχρονη εκπαιδευτική πρακτική, οι Πλατφόρμες Προσαρμοστικής Μάθησης και τα ΕΣΔ αποτελούν βασικά εργαλεία που αξιοποιούν την ΤΝ για την εξατομίκευση της μάθησης και τη βελτίωση της διδασκαλίας. Οι πλατφόρμες προσαρμόζουν δυναμικά το εκπαιδευτικό περιεχόμενο στις ανάγκες και το επίπεδο του κάθε μαθητευόμενου, ενώ τα ευφυή συστήματα υποστηρίζουν τους εκπαιδευτικούς παρέχοντας αυτοματοποιημένη καθοδήγηση, ανατροφοδότηση και διαχείριση της μαθησιακής διαδικασίας. Στις επόμενες ενότητες θα εξετάσουμε πώς η ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών μετασχηματίζει την εκπαιδευτική εμπειρία.

Στον πίνακα 3.1 που ακολουθεί, γίνεται μια σύγκριση των τριών πλατφορμών Προσαρμοστικής Μάθησης που παρουσιάζονται παρακάτω.

Οι πλατφόρμες Προσαρμοστικής Μάθησης αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο που επαναπροσδιορίζει τη σχέση μαθητευόμενου–υλικού, προσφέροντας εξατομικευμένες διαδρομές μάθησης με βάση την επίδοση, τον ρυθμό και τις ανάγκες κάθε χρήστη. Μέσω της αξιοποίησης των τεχνικών Μηχανικής Μάθησης και της Αναλυτικών των Δεδομένων, ενισχύουν την ενεργή εμπλοκή και την αποτελεσματικότητα της εκπαιδευτικής διαδικασίας, καθιστώντας τη μάθηση περισσότερο ευέλικτη και μαθητοκεντρική.

Χαρακτηριστικό	ALEKS [40]	Realizeit [41]	Smart Sparrow [42]
Τύπος πλατφόρμας	Προσαρμοστική μάθηση με βάση τις γνώσεις του μαθητευόμενου	Εξατομικευμένη μάθηση με TN σε πραγματικό χρόνο	Δημιουργία προσαρμοστικού, διαδραστικού περιεχομένου
Κύρια τεχνολογία	Knowledge Space Theory, Προσαρμοστικές αξιολογήσεις	TN, Μηχανική Μάθηση, Ανάλυση Δεδομένων σε πραγματικό χρόνο	Μοντελοποίηση με περιορισμούς, ΕΣΔ, ανίχνευση μοντέλου
Εξατομίκευση	Ανάλυση γνώσεων του μαθητευόμενου και προσωπική μαθησιακή διαδρομή	Ανίχνευση κενών και προσαρμογή περιεχομένου δυναμικά	Προσαρμογή διαδρομής από τον εκπαιδευτικό βάσει των επιδόσεων
Πεδία εφαρμογής	Μαθηματικά, Χημεία, Στατιστική, Λογιστικά (K-12, Τριτοβάθμια)	Ανώτατη εκπαίδευση και εταιρική μάθηση	Ανώτατη εκπαίδευση, STEM, Ιατρική
Διαχείριση περιεχομένου	Σταθερό περιεχόμενο από McGraw Hill	Δημιουργία και επαναχρησιμοποίηση μαθησιακού περιεχομένου	Εργαλεία δημιουργίας μαθημάτων από εκπαιδευτικούς
Δυνατότητα αναφορών	Αναφορές προόδου και “knowledge checks”	Δεδομένα πραγματικού χρόνου και dashboards	Ανάλυση Δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για τους εκπαιδευτικούς

Πίνακας 3.1: Συγκριτικός Πίνακας Πλατφορμών Προσαρμοστικής Μάθησης.

3.1 Πλατφόρμες Προσαρμοστικής Μάθησης

Οι Πλατφόρμες Προσαρμοστικής Μάθησης είναι ψηφιακά συστήματα ή πλατφόρμες που χρησιμοποιούν δεδομένα και αλγόριθμους για να προσαρμόζουν δυναμικά το εκπαιδευτικό περιεχόμενο, τον ρυθμό και τις δραστηριότητες μάθησης σύμφωνα με τις ανάγκες, τις δυνατότητες και την πρόοδο του κάθε μαθητή, με στόχο την εξατομικευμένη και αποδοτικότερη μαθησιακή εμπειρία [5].

3.1.1 ALEKS

Το ALEKS [40] είναι μια διαδικτυακή πλατφόρμα προσαρμοστικής μάθησης που χρησιμοποιεί TN για να αξιολογήσει με ακρίβεια τη γνώση του μαθητευόμενου ατόμου σε βασικά STEM μαθήματα όπως τα μαθηματικά, η χημεία, η στατιστική και η λογιστική. Μετά από μια αρχική αξιολόγηση, το σύστημα προσδιορίζει τα θέματα που το μαθητευόμενο άτομο είναι έτοιμο να μάθει και παρέχει εξατομικευμένο περιεχόμενο το οποίο βασίζεται στη θεωρία των Knowledge Spaces [43]. Η πλατφόρμα χρησιμοποιεί ερωτήσεις προσαρμοστικής αξιολόγησης για να χαρτογραφήσει τα επίπεδα γνώσης και δεξιοτήτων κάθε μαθητευόμενου. Η διαδικτυακή πλατφόρμα ALEKS χρησιμοποιείται ευρέως σε σχολεία και πανεπιστήμια για την ενίσχυση της κατανόησης, επιτρέποντας στα μαθητευόμενα άτομα να εργάζονται στα όρια της τρέχουσας γνώσης τους και να παρακολουθούν την πρόδό τους μέσω ενός γραφήματος προόδου. Επι-

The screenshot shows the ALEKS Insights dashboard. On the left, there are summary cards for 'Failed Topics' (320), 'Decreased Learning' (14), 'Unusual Learning' (3), and 'Procrastination' (24). Below these is an 'FAQs' link. The main area has a 'Show: Most Recent Report' dropdown and a 'Download' button. A message states: 'Unusual Learning: Students whose rate of learning topics has increased significantly compared to their usual pace.' Below this is a dropdown for 'All Classes (6)'. A row of buttons includes 'Send Msg', 'View Report', 'Request Knowledge Check', and '1 Student Selected'. The main table is titled 'Student Information' and 'Topics Learned Per Hour'. It has columns for Name, Class, Past Avg., Recent Avg., and Rate Change. Three students are listed: Hoffman, Jane (Math 107 / ALEKS 360 / Intermediate Algebra, 9.7 to 29.5, +202%), Kitel, Kai (Math 107 / ALEKS 360 / Intermediate Algebra, 10.9 to 26.0, +138%), and Nixon, Jane (Math 106 / Introduction to Geometry, 11.4 to 25.6, +125%).

Student Information		Topics Learned Per Hour		
Name	Class	Past Avg.	Recent Avg.	Rate Change
☒ Hoffman, Jane	Math 107 / ALEKS 360 / Intermediate Algebra	9.7	29.5	↑ 202%
☐ Kitel, Kai	Math 107 / ALEKS 360 / Intermediate Algebra	10.9	26.0	↑ 138%
☐ Nixon, Jane	Math 106 / Introduction to Geometry	11.4	25.6	↑ 125%

Σχήμα 3.1: Στιγμιότυπο από το Insights της διαδικτυακής πλατφόρμας ALEKS [40].

πλέον, παρέχει σε κάθε μαθητευόμενο μια εξατομικευμένη μαθησιακή διαδρομή μέσα από το πρόγραμμα σπουδών των μαθηματικών.

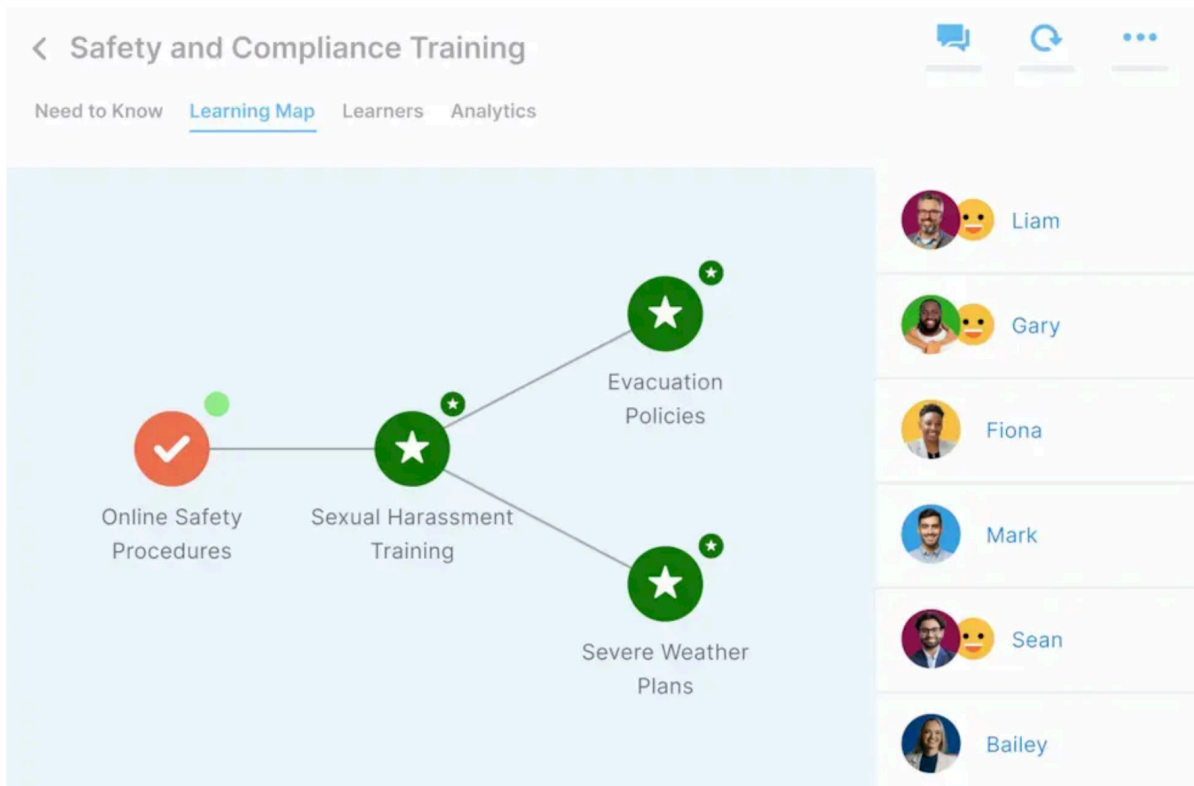
Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.1, το Insights της διαδικτυακής πλατφόρμας ALEKS ειδοποιεί άμεσα τους εκπαιδευτικούς για τους μαθητευόμενους που βρίσκονται σε κίνδυνο, παρέχοντας ειδοποιήσεις μέσω email σχετικά με μαθητευόμενους:

- που δεν τα καταφέρνουν,
- που σταματούν να τα καταφέρνουν,
- που αναβάλλουν υπερβολικά ή
- που μαθαίνουν «ασυνήθιστα» γρήγορα.

Αυτές οι διαμορφωτικές γνώσεις επιτρέπουν στους εκπαιδευτικούς να αναλάβουν έγκαιρη δράση για να βοηθήσουν τους μαθητευόμενους που το χρειάζονται περισσότερο [40].

3.1.2 Realizeit

Η πλατφόρμα Realizeit [41] αξιοποιεί την ΤΝ και τη Μηχανική Μάθηση για να προσφέρει εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες. Η πλατφόρμα επικεντρώνεται στην αντιμετώπιση των κενών γνώσης κάθε μαθητευόμενου, με στόχο τη βελτίωση της απόδοσης στην εργασία μέσω της απλοποίησης του εκπαιδευτικού περιεχομένου. Η πλατφόρμα Realizeit χρησιμοποιείται σε επιχειρηματικά και εκπαιδευτικά περιβάλλοντα για την προσαρμογή της εκπαίδευσης στις



Σχήμα 3.2: Στιγμιότυπο του χάρτη εκμάθησης των μαθητευόμενων της πλατφόρμας Realizeit [41].

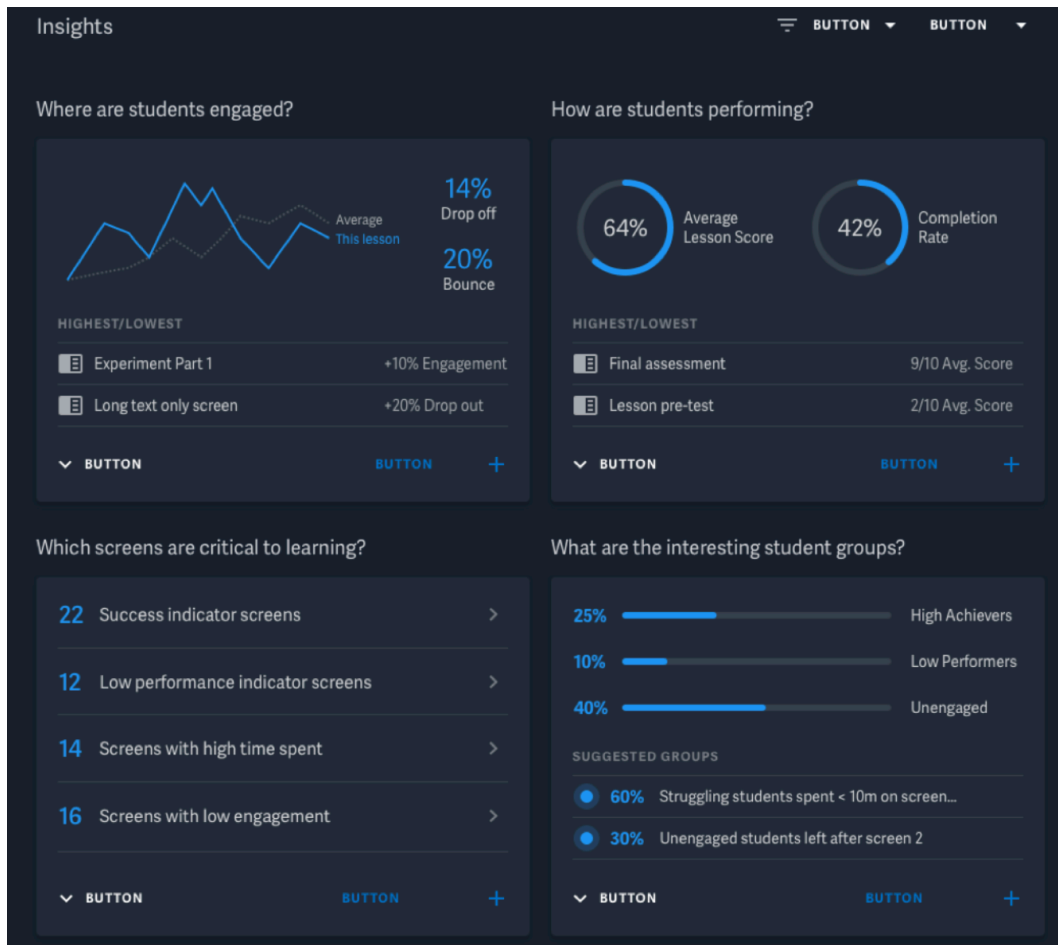
ανάγκες του κάθε μαθητευόμενου, επιτρέποντας στους διαχειριστές να εντοπίζουν μοτίβα και να αναγνωρίζουν προβλήματα μέσω αναλύσεων σε πραγματικό χρόνο.

Στην Εικόνα 3.2 παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο του χάρτη εκμάθησης των μαθητευόμενων όπως φαίνεται στην πράξη στην πλατφόρμα.

3.1.3 Smart Sparrow

Η Smart Sparrow [42] είναι μια πλατφόρμα σχεδίασης μαθησιακών εμπειριών που επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να δημιουργούν πλούσιο, διαδραστικό και προσαρμοστικό ηλεκτρονικό εκπαιδευτικό υλικό. Η πλατφόρμα χρησιμοποιεί ένα σύστημα ευφυούς διδασκαλίας που συνδυάζει τη Μοντελοποίηση με περιορισμούς (Constraint-Based Modeling) με την ανίχνευση μοντέλου (Model Tracing). Η εν λόγω πλατφόρμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία εξατομικευμένων μαθησιακών εμπειριών που προσαρμόζονται στις ανάγκες του κάθε μαθητευόμενου, ενισχύοντας την αφοσίωση και την αποτελεσματικότητα της μάθησής του.

Στην Εικόνα 3.3 φαίνεται το Insights της διαδικτυακής πλατφόρμας Smart Sparrow, το οποίο απεικονίζει ορισμένα στατιστικά στοιχεία για κάποιο μάθημα.



Σχήμα 3.3: Στιγμιότυπο από το Insights της διαδικτυακής πλατφόρμας Smart Sparrow citelink08.

3.2 Ευφυή Συστήματα Διδασκαλίας

Τα ΕΣΔ αποτελούν μια προηγμένη κατηγορία ψηφιακών εκπαιδευτικών τεχνολογιών που αξιοποιούν τεχνικές ΤΝ για να προσομοιώνουν την ανθρώπινη καθοδήγηση και υποστήριξη κατά τη μαθησιακή διαδικασία. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές ψηφιακές πλατφόρμες, τα ΕΣΔ είναι σε θέση να παρακολουθούν σε πραγματικό χρόνο την πρόοδο του μαθητευόμενου ατόμου, να εντοπίζουν παρερμηνείες ή μαθησιακά κενά, και να προσαρμόζουν δυναμικά το περιεχόμενο και την αλληλεπίδραση με βάση τις εξατομικευμένες ανάγκες κάθε χρήστη. Η ενσωμάτωσή τους σε περιβάλλοντα διδασκαλίας ενισχύει σημαντικά τη μάθηση, ιδίως σε γνωστικά απαιτητικά πεδία όπως τα μαθηματικά, οι επιστήμες και ο προγραμματισμός, παρέχοντας ένα ευέλικτο, προσωποποιημένο και διαδραστικό μοντέλο εκπαίδευσης [5].

Στον ακόλουθο πίνακα 3.2, γίνεται μια σύγκριση των τριών Ευφυνών Συστημάτων Διδασκαλίας που παρουσιάζονται παρακάτω.

Τα ΕΣΔ προσφέρουν ένα προηγμένο επίπεδο εξατομίκευσης και υποστήριξης, προσομοιώνοντας τη λειτουργία ενός ανθρώπινου διδάσκοντα. Μέσω της κατανόησης της πορείας του

	LISP Tutor [44]	Cognitive Tutor [45]	AutoTutor [46]
Έτος Δημιουργίας	1989	1992	2001
Πεδίο Εφαρμογής	Προγραμματισμός σε γλώσσα LISP	Άλγεβρα	Φυσική, Λογική, Πληροφορική
Βασικά Χαρακτηριστικά	Μοντελοποίηση γνώσης μέσω production rules, ανατροφοδότηση σε προγραμματιστικά λάθη, παρακολούθηση διαδικασιών	Γνωστικά μοντέλα για επίλυση προβλημάτων, στρατηγική διδασκαλία, προσαρμογή σε ατομικές επιδόσεις	Διαλογική διδασκαλία με φυσική γλώσσα, ανίχνευση συναισθημάτων, εξατομίκευση διαλόγου σε πραγματικό χρόνο

Πίνακας 3.2: Συγκριτικός Πίνακας Ευφύων Συστημάτων Διδασκαλίας.

μαθητευόμενου, της προσαρμογής του περιεχομένου και της παροχής εξατομικευμένης ανατροφοδότησης, τα ΕΣΔ συμβάλλουν στην ενίσχυση της κριτικής σκέψης και της βαθύτερης κατανόησης. Αποτελούν ένα ουσιαστικό βήμα προς την ενσωμάτωση της ΤΝ σε πιο διαδραστικά και δυναμικά μαθησιακά περιβάλλοντα.

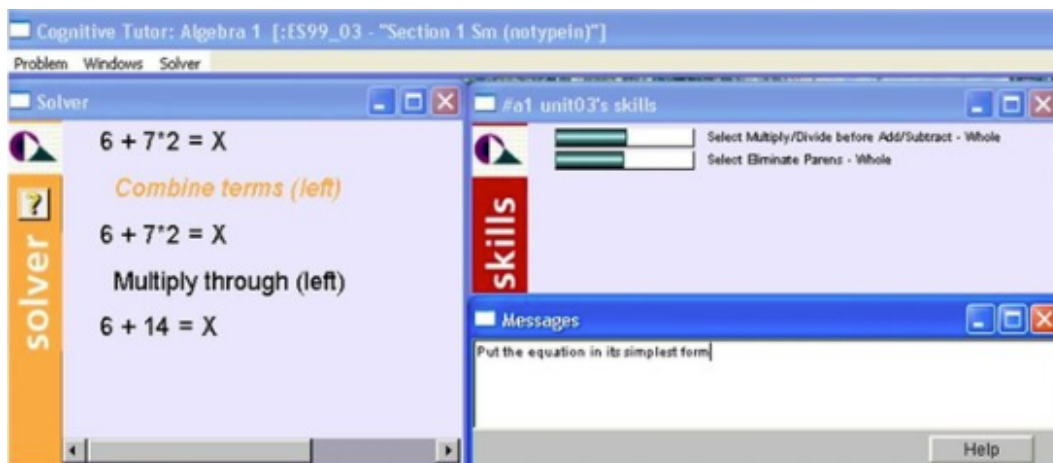
3.2.1 LISP Tutor

Το LISP Tutor [47], ένα από τα πρώτα Cognitive Tutors, δημιουργήθηκε στο Πανεπιστήμιο Κάρνεγκι Μέλον. Σχεδιασμένο για την εκμάθηση της γλώσσας προγραμματισμού LISP, βασίζεται σε παραγωγικούς κανόνες (production rules) για να ανιχνεύει λάθη και να παρέχει άμεση ανατροφοδότηση. Οι αξιολογήσεις του εν λόγω συστήματος έδειξαν ότι τα μαθητευόμενα άτομα που το χρησιμοποιούσαν ολοκλήρωναν τις εργασίες τους ταχύτερα και με καλύτερες επιδόσεις, ενώ ταυτόχρονα εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις στα τεστ. Το σύστημα, ωστόσο, επικεντρωνόταν σε εξειδικευμένη γνώση, π.χ. η σύνταξη προγραμμάτων, και δεν υποστήριζε πιο αφηρημένες, στρατηγικές πτυχές της μάθησης [44].

3.2.2 Cognitive Tutor

Ένα επιπλέον διακεκριμένο ΕΣΔ είναι το Cognitive Tutor (Algebra Tutor) [45] της ομάδας PACT του Πανεπιστημίου Κάρνεγκι Μέλο, με εφαρμογή στη διδασκαλία της άλγεβρας. Ενσωματώνει μοντέλα γνωστικών στρατηγικών για να προσφέρει εξατομικευμένη υποστήριξη στα μαθητευόμενα άτομα, ενώ λύνουν προβλήματα. Έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει σημαντικά τις επιδόσεις των μαθητευόμενων στη σχολική άλγεβρα, δίνοντας παράλληλα βαθύτερη κατανόηση και αυτονομία στη μαθησιακή διαδικασία.

Στην Εικόνα 3.4 απεικονίζεται ένα στιγμιότυπο της διεπαφής του χρήστη από το ΕΣΔ Cognitive Tutor, προσομοιώνοντας την επίλυση μιας εξίσωσης πρώτου βαθμού.



Σχήμα 3.4: Η διεπαφή χρήστη του Cognitive Tutor [45].

3.2.3 AutoTutor

Το AutoTutor [46] είναι ένα προηγμένο ΕΣΔ, το οποίο αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Μέμφις και ενέπλεκε τους μαθητευόμενους σε συνομιλίες σε φυσική γλώσσα για να διευκολύνει τη μάθηση. Η βασική του καινοτομία είναι η δυνατότητα διεξαγωγής ουσιαστικών εκπαιδευτικών διαλόγων, ενώ παράλληλα προσαρμόζεται στις γνωστικές και συναισθηματικές καταστάσεις των μαθητευόμενων. Επιπλέον, το AutoTutor μπορεί να λαμβάνει υπόψη συμπεριφορικές ενδείξεις όπως συναισθήματα ή κλικ του ποντικιού/πληκτρολογίου, και να προσαρμόζει τη ροή του διαλόγου με βάση τη μαθησιακή κατάσταση και το συναισθηματικό προφίλ του μαθητευόμενου ατόμου.

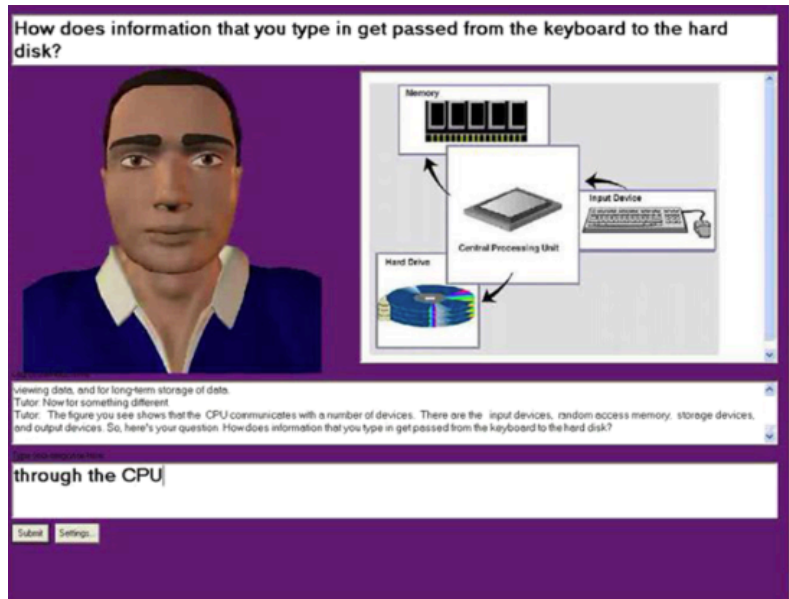
Η Εικόνα 3.5 παρουσιάζει ένα στιγμιότυπο της διεπαφής του χρήστη από το ΕΣΔ AutoTutor.

3.3 Εφαρμογές Διδασκαλίας με Τεχνητή Νοημοσύνη

Οι Εφαρμογές Διδασκαλίας με ΤΝ (AI Tutoring Apps) είναι ψηφιακές εφαρμογές ή πλατφόρμες που αξιοποιούν την ΤΝ – κυρίως Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα ή αλγορίθμους Μηχανικής Μάθησης – για να παρέχουν υποστήριξη, καθοδήγηση ή διδασκαλία στα μαθητευόμενα άτομα σε πραγματικό χρόνο. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά εκπαιδευτικά συστήματα ή τα ευφυή συστήματα διδασκαλίας, αυτές οι εφαρμογές έχουν σχεδιαστεί για να είναι εύχρηστες, ευέλικτες και προσβάσιμες, εστιάζοντας στην επίλυση αποριών, την παροχή εξηγήσεων, και την κατανόηση εννοιών μέσω της φυσικής γλώσσας και της αλληλεπίδρασης μέσω διαλόγου [5].

Στον παρακάτω πίνακα 3.3 που ακολουθεί, γίνεται μια συγκριτική ανάλυση των Εφαρμογών Διδασκαλίας με ΤΝ, όπως αυτά παρουσιάζονται πιο κάτω.

Οι Εφαρμογές Διδασκαλίας με ΤΝ αποτελούν μια ραγδαία αναπτυσσόμενη κατηγορία ψηφιακών εργαλείων, που εκδημοκρατίζουν την πρόσβαση στην υποστήριξη της μάθησης. Πα-



Σχήμα 3.5: Η διεπαφή χρήστη του AutoTutor [46].

ρότι δεν αντικαθιστούν τα ολοκληρωμένα συστήματα ΕΣΔ ή τις πλατφόρμες Προσαρμοστικής Μάθησης, λειτουργούν συμπληρωματικά, ενισχύοντας την αυτονομία, την προσωποποιημένη υποστήριξη, και τη διαθεσιμότητα εκπαιδευτικών πόρων με τη βοήθεια της ΤΝ.

3.3.1 Socratic

Το Socratic [48] είναι μια εφαρμογή εκπαιδευτικής υποστήριξης από τη Google, η οποία χρησιμοποιεί ΤΝ και τεχνολογίες αναγνώρισης εικόνας για την υποβοήθηση μαθητευόμενων της δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Οι χρήστες μπορούν να τραβήξουν φωτογραφία μιας ερώτησης ή άσκησης (κυρίως στα μαθήματα των μαθηματικών, των φυσικών επιστημών, της ιστορίας και της γλώσσας) και η εφαρμογή παρέχει στιγμιαία εξηγήσεις, διαγράμματα, ορισμούς και συνδέσμους προς αξιόπιστες πηγές. Η ΤΝ του Socratic δεν δίνει απλώς απαντήσεις, αλλά στοχεύει στην κατανόηση της έννοιας πίσω από την ερώτηση, προάγοντας την ενσυνείδητη μάθηση.

Στην ακόλουθη Εικόνα 3.6 απεικονίζεται ένα στιγμιότυπο της διεπαφής του χρήστη από την εφαρμογή Socratic, όπως αυτή φαίνεται από μία κινητή συσκευή (smart phone).

3.3.2 Khanmigo

Το Khanmigo [49] είναι ένα ψηφιακός βοηθός ΤΝ, ο οποίος αναπτύχθηκε από την Khan Academy σε συνεργασία με την OpenAI, αξιοποιώντας τα μεγάλα γλωσσικά μοντέλα του ChatGPT. Προσφέρει εξατομικευμένη βοήθεια σε μαθητευόμενους και εκπαιδευτικούς σε διάφορα μαθήματα, όπως τα μαθηματικά, η γλώσσα, η ιστορία και οι φυσικές επιστήμες, ενώ επιτρέπει δια-

Πίνακας 3.3: Συγκριτικός Πίνακας Εφαρμογών Διδασκαλίας με τη χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης.

Χαρακτηριστικό	Socratic (Google)	Khanmigo (Khan Academy)	Duolingo Max	ChatGPT Edu
Σκοπός	Υποστήριξη επίλυσης ερωτήσεων	Ενισχυμένη μάθηση με διάλογο	Εκμάθηση γλωσσών	Υποστήριξη μάθησης, δημιουργικότητας, ανάλυσης
Βασική Τεχνολογία TN	Αναγνώριση εικόνων και Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας	Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλ (GPT)	Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα + Εξατομικευμένη Μάθηση	GPT-4o, Vision, Code Interpreter
Γνωστικά Πεδία	Μαθηματικά, Φυσική, Ιστορία, Γλώσσα	Μαθηματικά, STEM, Ανθρωπιστικές Επιστήμες	Ξένες γλώσσες	Όλα τα γνωστικά πεδία
Εκπαιδευτικός Ρόλος	Εργαλείο βοήθειας	Ψηφιακός δάσκαλος/βοηθός	Γλωσσικός καθηγητής	Εκπαιδευτικός σύμβουλος/ πολύ-εργαλείο
Αλληλεπίδραση με Εκπαιδευτικό	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι
Διαθεσιμότητα	Δωρεάν	Πιλοτική σε επιλεγμένα σχολεία	Συνδρομητική (Duolingo Max)	Συνδρομητική/ Αδειοδοτημένη

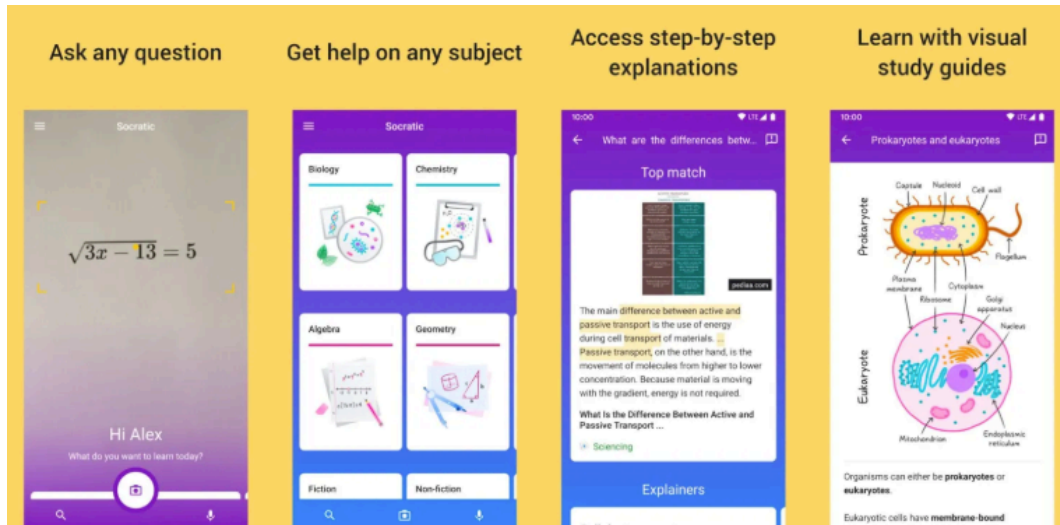
λογική αλληλεπίδραση, βοηθώντας τους μαθητευόμενους να λύσουν ασκήσεις χωρίς να τους δίνει άμεσα τις απαντήσεις. Διαθέτει επίσης λειτουργίες που υποστηρίζουν τους εκπαιδευτικούς στην προετοιμασία των δραστηριοτήτων και τη διαχείριση της τάξης.

Η Εικόνα 3.7 παρουσιάζει ένα στιγμιότυπο της διεπαφής του εκπαιδευτή του ψηφιακού βοηθού Khanmigo.

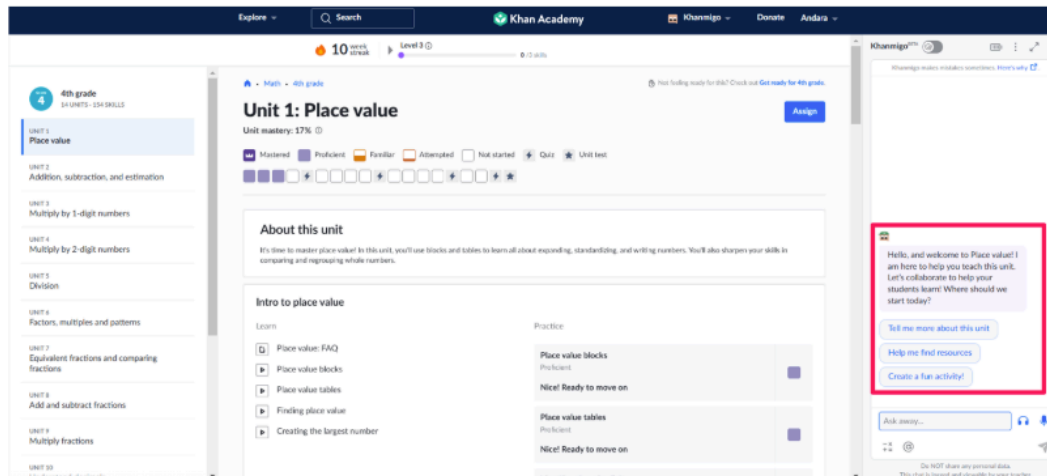
3.3.3 Duolingo

Το Duolingo [50] είναι μια δημοφιλής εφαρμογή εκμάθησης ξένων γλωσσών που χρησιμοποιεί TN για την εξατομίκευση της μαθησιακής εμπειρίας. Ο αλγόριθμος προσαρμόζει τη δυσκολία των ασκήσεων βάσει των επιδόσεων του χρήστη, ενώ η έκδοση Duolingo Max, που υποστηρίζεται από μεγάλα γλωσσικά μοντέλα (όπως GPT-4), προσφέρει συνομιλίες TN (Roleplay) και τη λειτουργία "Explain My Answer", η οποία εξηγεί γιατί μια απάντηση είναι σωστή ή λανθασμένη. Το Duolingo συνδυάζει τη διασκέδαση με την αποτελεσματικότητα, προωθώντας τη συνεπή εξάσκηση μέσω της παιγνιοποίησης (gamification).

Η Εικόνα 3.8 απεικονίζει ένα στιγμιότυπο της διεπαφής της εφαρμογής Duolingo όπως αυτή φαίνεται στα κινητά τηλέφωνα.



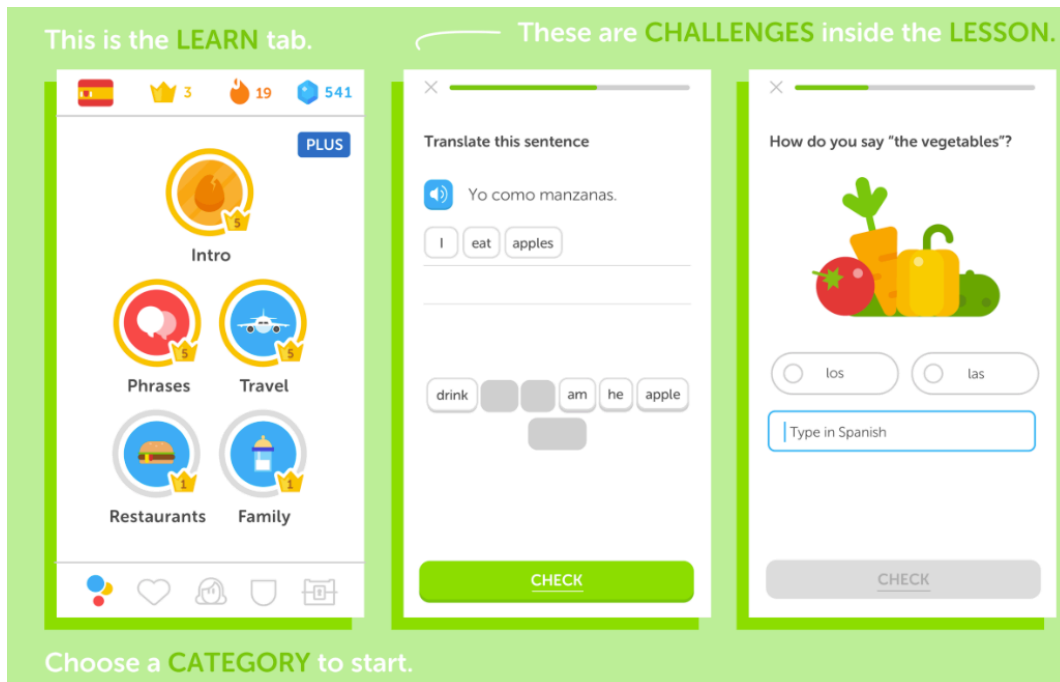
Σχήμα 3.6: Η διεπαφή χρήστη του Socratic για κινητά τηλέφωνα [48].



Σχήμα 3.7: Στιγμιότυπο από την εφαρμογή του ψηφιακού βοηθού Khanmigo [49].

3.3.4 ChatGPT Edu

Το ChatGPT Edu [51] είναι μια ειδική εκπαιδευτική έκδοση του ChatGPT, σχεδιασμένη για Πανεπιστήμια και εκπαιδευτικά ιδρύματα. Βασίζεται σε προηγμένα μοντέλα TN (όπως το GPT-4o) και παρέχει στους μαθητευόμενους και τους εκπαιδευτικούς πρόσβαση σε εργαλεία υποστήριξης μάθησης, επίλυσης προβλημάτων, δημιουργίας περιεχομένου και επεξήγησης σύνθετων εννοιών. Υποστηρίζει πολλές γλώσσες και μορφές εισόδου (κειμένου, εικόνες, κώδικα), ενώ δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας εξατομικευμένων βοηθών και ροών εργασίας. Το ChatGPT Edu προωθεί την αυτορυθμιζόμενη μάθηση και μπορεί να ενσωματωθεί σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα με στόχο την ενίσχυση της διδασκαλίας και της έρευνας.



Σχήμα 3.8: Στιγμιότυπο από διάφορες οθόνες της διεπαφής Duolingo για τα κινητά τηλέφωνα [50].

3.4 Εργαλεία Εξατομικευμένης Εξάσκησης

Τα Εργαλεία Εξατομικευμένης Εξάσκησης (Personalized Practice Tools) είναι ψηφιακές εφαρμογές ή πλατφόρμες που χρησιμοποιούν την ΤΝ και τεχνικές Ανάλυσης Δεδομένων για να παρέχουν στους μαθητευόμενους περιεχόμενο εξάσκησης προσαρμοσμένο στο επίπεδο, τις ανάγκες και τους στόχους τους. Έτσι, αντί να προσφέρουν γενικές ασκήσεις, προσαρμόζουν δυναμικά τις ερωτήσεις, τις θεματικές ενότητες και τη δυσκολία ανάλογα με την πρόοδο, τα λάθη και τα ενδιαφέροντα του κάθε χρήστη. Με αυτό τον τρόπο, ενισχύουν την αποτελεσματικότητα της μελέτης, μειώνουν τον γνωστικό φόρτο και καλλιεργούν την αυτοκατευθυνόμενη μάθηση [5].

Στον πίνακα 3.4 που ακολουθεί, γίνεται μια σύγκριση των δύο Εργαλεία Εξατομικευμένης Εξάσκησης, όπως αυτά παρουσιάζονται παρακάτω.

Τα εργαλεία εξατομικευμένης εξάσκησης που βασίζονται στην ΤΝ, επιβεβαιώνουν τη δυναμική της ΤΝ στην ενίσχυση της μαθησιακής εμπειρίας. Μέσω της αυτοματοποιημένης προσαρμογής του περιεχομένου στις ανάγκες και τους στόχους του κάθε μαθητευόμενου ή επαγγελματία, επιτυγχάνεται μια πιο αποτελεσματική και στοχευμένη εκπαιδευτική διαδικασία μάθησης. Είτε πρόκειται για διαδραστικά κουίζ που ανταποκρίνονται σε πραγματικό χρόνο, είτε για προτάσεις δεξιοτήτων βάσει του επαγγελματικού προφίλ, τα εργαλεία αυτά μεταμορφώνουν την παθητική μελέτη σε ενεργή γνώση. Σε έναν κόσμο όπου η δια βίου μάθηση είναι πλέον αναγκαιότητα, τα εργαλεία εξατομικευμένης εξάσκησης αποτελούν ουσιαστικό κρίκο μεταξύ της τεχνολογίας και της εξατομικευμένης εκπαίδευσης.

Πίνακας 3.4: Συγκριτικός Πίνακας Εργαλείων Εξατομικευμένης Εξάσκησης.

Χαρακτηριστικό	Quizlet AI	Coursera (Skill Suggestions)
Σκοπός	Δημιουργία εξατομικευμένων κουίζ και ερωτήσεων κατανόησης	Σύσταση δεξιοτήτων και προτεινόμενων μαθημάτων ανάλογα με το προφίλ του χρήστη
Κύρια Τεχνολογία ΤΝ	Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (GPT-4)	Προβλεπτικοί αλγόριθμοι και μοντέλα εξατομίκευσης
Είδος Εξατομίκευσης	Δυναμική προσαρμογή περιεχομένου βάσει επιδόσεων και θεμάτων	Προτάσεις δεξιοτήτων και μαθημάτων βάσει ενδιαφερόντων και προηγούμενης δραστηριότητας
Εκπαιδευτικό Πλαίσιο	Καθημερινή μελέτη, βοηθητικό εργαλείο για μαθητευόμενους	Επαγγελματική ανάπτυξη, Πανεπιστημιακά και εταιρικά περιβάλλοντα
Πεδία Εφαρμογής	Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες, Γλώσσα, Ιστορία, κ.ά.	Προγραμματισμός, Τεχνολογία, Επιχειρησιακές δεξιότητες, Προσωπική ανάπτυξη

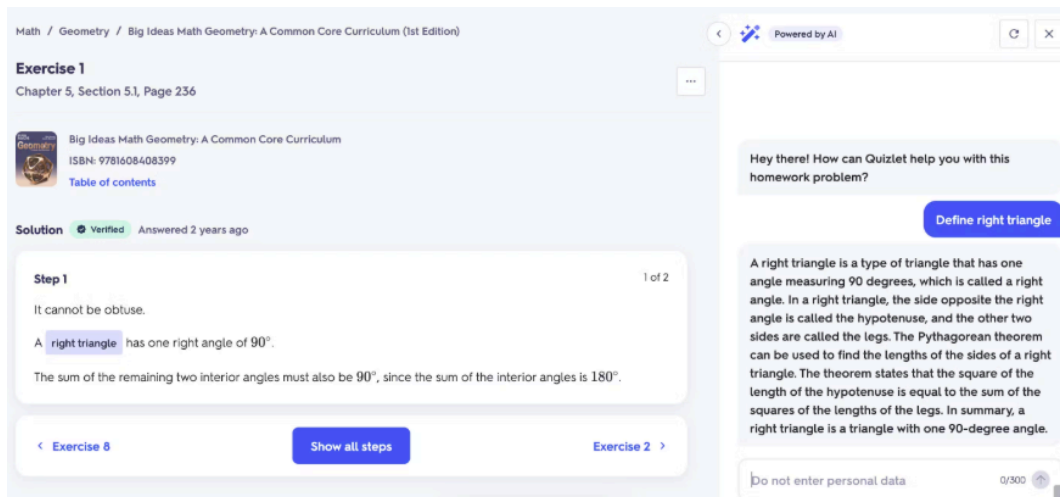
3.4.1 Quizlet AI

Το Quizlet AI [52] είναι η εξέλιξη της γνωστής πλατφόρμας Quizlet, εμπλουτισμένη με ΤΝ. Χρησιμοποιεί Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (όπως το GPT-4) για να δημιουργεί προσαρμοσμένα διαγωνίσματα, ερωτήσεις κατανόησης και έξυπνες ασκήσεις βασισμένες σε υλικό που έχει εισάγει ο μαθητευόμενος ή ο εκπαιδευτικός. Η λειτουργία “Q-Chat” που προσφέρει, επιτρέπει τη διαλογική εξάσκηση σε πραγματικό χρόνο, με στόχο την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και την εμπάθυνση στο περιεχόμενο. Επιπλέον, το εργαλείο έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει ποιες έννοιες δυσκολεύουν τον χρήστη και να επανασχεδιάζει την εξάσκηση αντίστοιχα [52].

Στην Εικόνα 3.9 απεικονίζεται ένα στιγμιότυπο της διεπαφής της εφαρμογής Quizlet AI από την πλευρά του μαθητευόμενου.

3.4.2 Coursera – Skills Suggestions

Στην πλατφόρμα Coursera, η λειτουργία “Skill Recommendations” βασίζεται στην ΤΝ και στο προφίλ του χρήστη (σπουδές, επαγγελματικά ενδιαφέροντα, πορεία μάθησης). Η εν λόγω λειτουργία, προτείνει εξατομικευμένα μαθήματα και δραστηριότητες με βάση τις δεξιότητες που επιθυμεί ή πρέπει να αναπτύξει ο χρήστης, ενισχύοντας την επαγγελματική του εξέλιξη. Επιπλέον, το σύστημα προτείνει εξάσκηση και αξιολόγηση σε συγκεκριμένες δεξιότητες (π.χ. προγραμματισμός, κ.ά.) ανάλογα με τον ρυθμό και την απόδοση του εκάστοτε μαθητευόμενου [53].



Σχήμα 3.9: Στιγμιότυπο από τη διεπαφή της εφαρμογής Quizlet AI [52].

3.5 Συστήματα Συστάσεων στην Ηλεκτρονική Μάθηση

Η ραγδαία πρόοδος της ΤΝ έχει μετασηματίσει σημαντικά τα Συστήματα Συστάσεων στην Ηλεκτρονική Μάθηση, ενισχύοντας την εξατομίκευση και την αποδοτικότητα της μαθησιακής εμπειρίας. Η παρούσα ενότητα εξετάζει πρόσφατες ερευνητικές προσεγγίσεις, εστιάζοντας στις τεχνικές ΤΝ που αξιοποιούνται, τα πλεονεκτήματά τους και τους περιορισμούς που αντιμετωπίζουν.

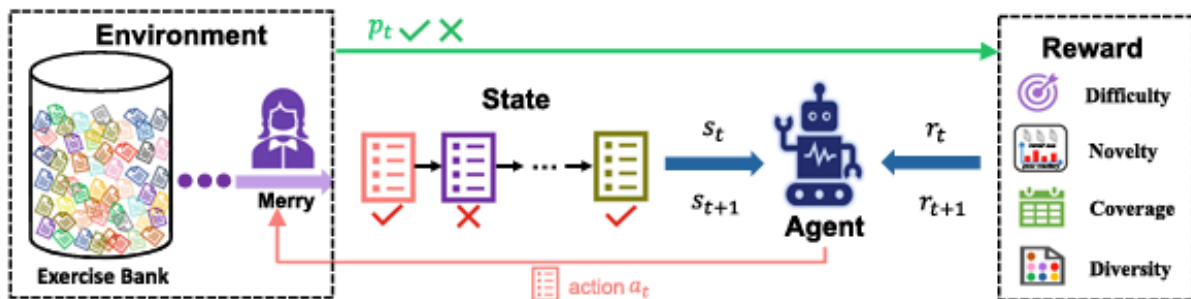
Στον ακόλουθο πίνακα 3.5, γίνεται μια σύγκριση των Συστημάτων Συστάσεων Ηλεκτρονικής Μάθησης, όπως αυτά παρουσιάζονται παρακάτω.

Στην εργασία [54], μελετάτε η επάρκεια της εξ' αποστάσεως εκπαίδευσης μέσω της υιοθέτησης ενός πολυκριτηριακού μοντέλου λήψης αποφάσεων (multi-criteria decision-making model). Το μοντέλο αναλύει δεδομένα που σχετίζονται με την εξ' αποστάσεως εκπαίδευση και συλλέγονται από ένα σύστημα αναφοράς περιστατικών. Η παρούσα μελέτη επιδιώκει να παρουσιάσει μια προσέγγιση αξιολόγησης της εξ' αποστάσεως εκπαίδευσης που περιλαμβάνει μια ολοκληρωμένη λίστα κριτηρίων και εναλλακτικών λύσεων που σχετίζονται με την ηλεκτρονική μάθηση. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή του πολυκριτηριακού μοντέλου λήψης αποφάσεων υποβλήθηκαν σε προεπεξεργασία και κανονικοποίηση για να προκύψει ένα βελτιστοποιημένο μοντέλο δεδομένων που οδήγησε σε ένα σύνολο συστάσεων. Τα αποτελέσματα του πολυκριτηριακού μοντέλου λήψης αποφάσεων τροφοδοτήθηκαν σε ένα μοντέλο συστάσεων για τη βελτίωση της εξ' αποστάσεως εκπαίδευσης στην αντίληψη όλων των ενδιαφερόμενων μερών. Οι συστάσεις ανά ακολουθία, όπου προτείνονται ασκήσεις σε κάθε μαθητευόμενο άτομο βήμα προς βήμα, είναι ένα από τα πιο συναρπαστικά καθήκοντα στον τομέα των ΕΣΔ. Οι συγγραφείς της εργασίας [55] ανέπτυξαν ένα εξατομικευμένο πλαίσιο συστάσεων ανά ακολουθία, το οποίο βοηθά τους μαθητευόμενους στη μάθηση και να αποκτήσουν όσο το δυνατόν περισσότερες απαραίτητες γνώσεις, αντί να επικεντρώνεται απλώς στην παροχή ασκήσεων που δεν έχουν κατακτηθεί, κάτι που αναφέρεται στη βελτιστοποίηση ενός μόνο στόχου. Ωστόσο, λόγω των διαφορετικών επιπέδων γνώσης των μαθητευόμενων ατόμων

Πίνακας 3.5: Συγκριτικός Πίνακας Συστημάτων Συστάσεων Ηλεκτρονικής Μάθησης.

Εργασία	Τεχνικές Τεχνητής Νοημοσύνης	Πλεονεκτήματα	Περιορισμοί
[54]	Μοντέλα Λήψης Αποφάσεων, Αλγόριθμοι Συστάσεων	Ολοκληρωμένη αξιολόγηση, προτάσεις για όλους	Δεν αναφέρονται
[55]	Βαθιά Ενισχυτική Μάθηση, Βελτιστοποίηση Πολλαπλών Στόχων	Εξατομίκευση, βελτιστοποίηση 4 στόχων	Πολυπλοκότητα υλοποίησης
[56]	Βαθιά Μάθηση	Βελτιωμένη ακρίβεια	Έλλειψη θεωρητικής επαλήθευσης & μεγάλων πειραμάτων
[57]	Σημασιολογική ΤΝ, Εποπτευόμενη Μηχανική Μάθηση, Συλλογισμός βάσει Συμφραζομένων	Καλύτερη προσαρμογή υλικού	Απαιτεί σύνθετη σημασιολογική υποδομή
[58]	Συλλογισμός με Οντολογίες	Μείωση cold-start	Εξάρτηση από ποιότητα οντολογίας
[59]	Βαθιά Μάθηση	Βελτίωση σχέσεων μαθημάτων, cold-start	Απαιτεί πολλά δεδομένα
[60]	Ασαφής Λογική, Υβριδική ΤΝ	Υψηλή προσαρμοστικότητα, ποικιλία	Πολυπλοκότητα
[61]	Χαρτογράφηση Οντολογιών, Υβριδική ΤΝ	Συνάφεια με αγορά εργασίας	Εξάρτηση από ενημέρωση οντολογιών
[62]	Πολυπρακτορικά Συστήματα, Αυτοοργανωτική ΤΝ	Αυξημένη ποικιλία & προσαρμοστικότητα	Μικρή μείωση ακρίβειας
[63]	Γράφοι Γνώσης, Δικτυακή ΤΝ	Καλύτερη απόδοση σε μεγάλα δεδομένα	Απαιτεί επαρκή όγκο δεδομένων

και της μεγάλης κλίμακας των τραπεζών ασκήσεων, είναι δύσκολο να δημιουργηθεί μια εξατομικευμένη σύσταση ασκήσεων για κάθε μαθητευόμενο. Για να αξιοποιηθούν πλήρως οι πολυπλευρες, ωφέλιμες πληροφορίες που συλλέγονται από πλατφόρμες ηλεκτρονικής μάθησης, οι συγγραφείς σχεδίασαν ένα δυναμικό πλαίσιο συστάσεων πολλαπλών στόχων ανά ακολουθία μέσω βαθιάς ενισχυτικής μάθησης, το οποίο επιλέγει αυτόματα τις καταλληλότερες ασκήσεις για κάθε μαθητευόμενο. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, η αλληλεπίδραση μεταξύ μαθητευόμενων και ασκήσεων μπορεί να μοντελοποιηθεί ρητά ενσωματώνοντας το δίκτυο δρώντων-κριτικών και το στοιχείο αναπαράστασης κατάστασης, το οποίο μπορεί να βοηθήσει σημαντικά τον πράκτορα να εκτελέσει αποτελεσματική ενισχυτική μάθηση. Συγκεκριμένα, σχεδιάστηκε προσεκτικά μια ενότητα αναπαράστασης κατάστασης με δυναμικό επαναλαμβανόμενο μηχανισμό, η οποία ενσωματώνει πληροφορίες έννοιας και επίπεδο δυσκολίας άσκησης, δημιουργώντας έτσι μια συνεχή αναπαράσταση κατάστασης του μαθητευόμενου. Στη συνέχεια, μια ευέλικτη συνάρτηση ανταμοιβής έχει σχεδιαστεί για να βελτιστοποιεί ταυτόχρονα τους τέσσερις στόχους που αφορούν συγκεκριμένα πεδία όπως η δυσκολία, η καινοτομία, η κάλυψη και η ποικιλομορφία, παρέχοντας στους μαθητευόμενους μια πρόταση με βάση την ακολουθία. Η αρχιτεκτονική της προτεινόμενης λύσης απεικονίζεται στην Εικόνα 3.10.

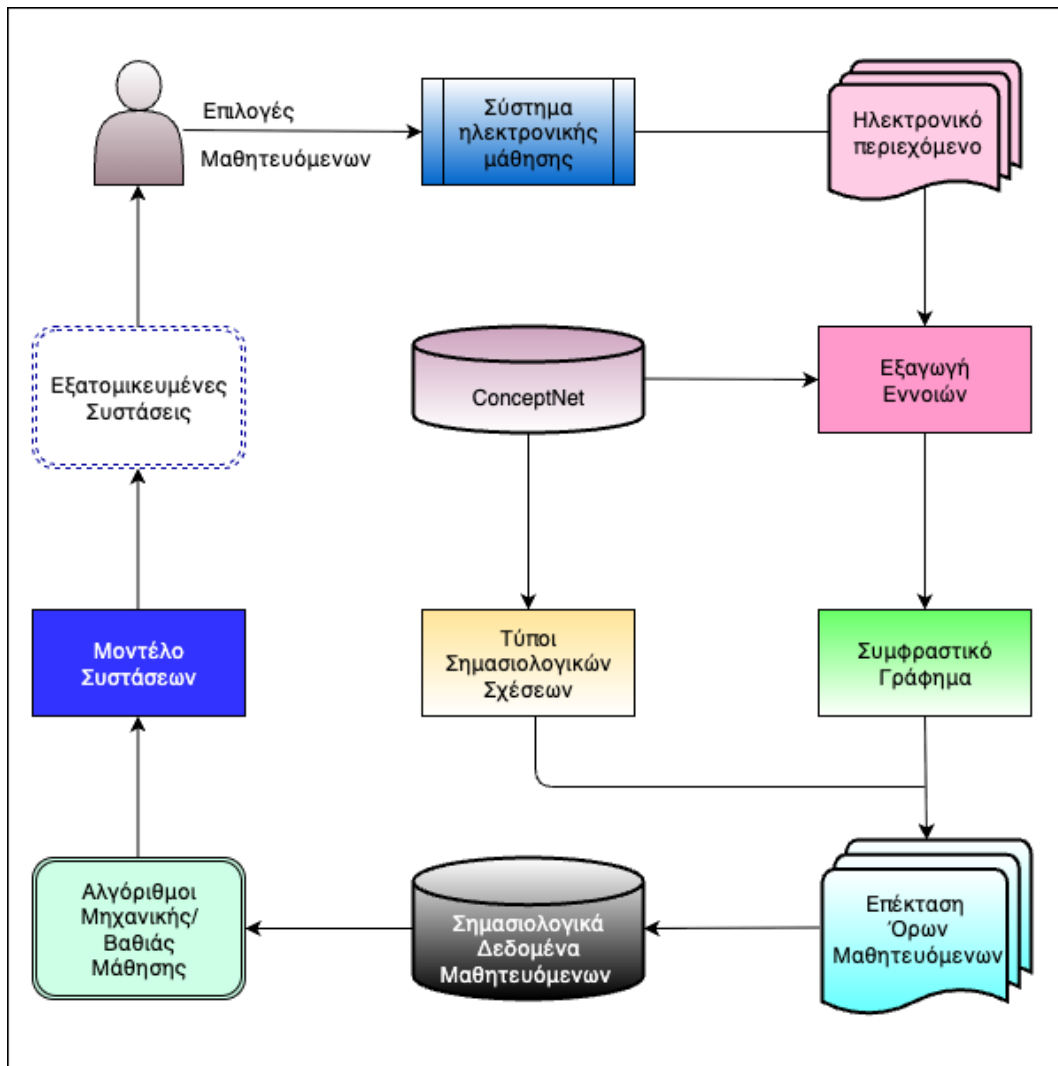


Σχήμα 3.10: Η αρχιτεκτονική του εξατομικευμένου πλαισίου συστάσεων, όπως αυτή παρουσιάζεται από τους συγγραφείς [55].

Η εργασία [56] μελετά μια εξατομικευμένη μέθοδο συστάσεων, η οποία ενσωματώνει τη Βαθιά Μάθηση και την τεχνολογία Μεγάλου Όγκου Δεδομένων. Αυτή η μέθοδος είναι προσαρμοσμένη σε συστήματα μαζικών ανοιχτών διαδικτυακών μαθημάτων και μπορεί να παρέχει εξατομικευμένες συστάσεις μαθημάτων με βάση τις ανάγκες των εκάστοτε χρηστών. Η προτεινόμενη μέθοδος συνδυάζει τις αναπαραστάσεις αμφίδρομου κωδικοποιητή από το μοντέλο μετασχηματιστών και τον μηχανισμό προσοχής για να λύσει το πρόβλημα της χαμηλής ακρίβειας του προτεινόμενου περιεχομένου στις υπάρχουσες μεθόδους συστάσεων. Η εν λόγω μέθοδος περιλαμβάνει κυρίως τα ακόλουθα βήματα. Πρώτον, εισάγεται η απόκτηση και η προεπεξεργασία του συνόλου δεδομένων. Δεύτερον, σχεδιάζεται ένα πλαίσιο μοντέλου συστάσεων αξιοποιώντας τις αναπαραστάσεις αμφίδρομου κωδικοποιητή από το μοντέλο μετασχηματιστών και ενσωματώνοντας έναν μηχανισμό αυτοπροσοχής. Τέλος, σχεδιάζεται μια στρατηγική εκμάθησης διαφορών χαρακτηριστικών για τη βελτίωση της απόδοσης των συστάσεων του μοντέλου. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι το προτεινόμενο εξατομικευμένο πλαίσιο συστάσεων είναι αποτελεσματικό. Ωστόσο, η εν λόγω εργασία έχει και ορισμένους περιορισμούς. Αφενός, στερείται θεωρητικής επαλήθευσης και αφετέρου, στερείται ανάλυσης πειραμάτων μεγάλης κλίμακας. Οι συγγραφείς της εργασίας [57], προτείνουν ένα πλαίσιο συ-

στάσεων ηλεκτρονικής μάθησης που βασίζεται στη TN, για να παρέχει σημαντικές συστάσεις κατάλληλων πόρων για την ηλεκτρονική μάθηση. Επίσης, καταδεικνύει τη χρησιμότητα της εξαγωγής των σημασιολογικών σχέσεων με βάση τα συμφραζόμενα, καθώς και η επέκταση των όρων των χρηστών. Συνεπώς, βασίζεται σε ένα πλούσιο σημασιολογικού δικτύου. Αυτό βοηθά στην κατασκευή του σημασιολογικού πίνακα και στην επίλυση διαφόρων προβλημάτων που εμφανίζονται στα περισσότερα συστήματα συστάσεων, καθώς και στη βελτίωση των μετρήσεων απόδοσης. Το προτεινόμενο σύστημα στη συνέχεια "μαθαίνει" σε εποπτευόμενη λειτουργία, χρησιμοποιώντας τα προηγούμενα δεδομένα των χρηστών και τα σημασιολογικά δεδομένα που παράγονται ανάλογα με τον σημασιολογικό πίνακα. Με βάση τις ανάγκες και τη συμπεριφορά του εκάστοτε μαθητευόμενου ατόμου, το εκπαιδευτικό υλικό θα μπορούσε να προταθεί από το σύστημα προσαρμοστικά για να βοηθήσει σε ένα έξυπνο περιβάλλον ηλεκτρονικής μάθησης. Το προτεινόμενο σύστημα βασίζεται σε σύνθετη πρόβλεψη. Τα διαδοχικά σημασιολογικά δεδομένα του χρήστη απαιτούν αποτελεσματικές μεθόδους βαθιάς μηχανικής μάθησης. Το προτεινόμενο πλαίσιο προσαρμόζεται για την πρόβλεψη του κατάλληλου υλικού ηλεκτρονικής μάθησης χρησιμοποιώντας διάφορους αλγόριθμους ταξινόμησης, οι οποίοι αντιστοιχίζουν τα μοντέλα των μαθητευόμενων με το επιθυμητό ηλεκτρονικό περιεχόμενο. Η σχηματική αναπαράσταση της αρχιτεκτονικής του προτεινόμενου συστήματος φαίνεται στην Εικόνα 3.11.

Ένα σύστημα συστάσεων (recommender system) ηλεκτρονικής μάθησης στοχεύει στη δημιουργία εξατομικευμένων συστάσεων με βάση τις προτιμήσεις και τους στόχους των μαθητευόμενων. Τα υπάρχοντα σύστημα συστάσεων στον τομέα της ηλεκτρονικής μάθησης εξακολουθούν να παρουσιάζουν μειονεκτήματα λόγω της αδυναμίας τους να λάβουν υπόψη τα χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου ατόμου στη διαδικασία συστάσεων. Η εργασία [58], ασχολείται με το πρόβλημα της ψυχρής εκκίνησης (cold-start problem) από ένα νέο χρήστη, το οποίο αποτελεί ένα σημαντικό μειονέκτημα στα συστήματα συστάσεων περιεχομένου ηλεκτρονικής μάθησης. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να μετριαστεί ενσωματώνοντας πρόσθετα δεδομένα για το μαθητευόμενο άτομο στη διαδικασία συστάσεων. Η εργασία αυτή προτείνει ένα σύστημα συστάσεων περιεχομένου βασισμένο σε οντολογίες (ontology-based) για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ψυχρής εκκίνησης από ένα νέο χρήστη. Στο προτεινόμενο μοντέλο συστάσεων, η οντολογία χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση του μαθητευόμενου ατόμου και των μαθησιακών αντικειμένων με τα χαρακτηριστικά τους. Τεχνικές φιλτραρίσματος που βασίζονται στη συνεργασία και το περιεχόμενο χρησιμοποιούνται στο μοντέλο συστάσεων, για τη δημιουργία των κορυφαίων N συστάσεων με βάση τις αξιολογήσεις των μαθητευόμενων. Η μελέτη [59] στοχεύει στην επίλυση του προβλήματος της υπερφόρτωσης πληροφοριών στον τομέα της διαδικτυακής εκπαίδευσης και την κατάλληλη επιλογή ενός εξατομικευμένου μαθήματος σε έναν ιστότοπο διαδικτυακής εκπαίδευσης. Έτσι, πρότείνεται ένα νέο μοντέλο, το οποίο μπορεί να αναλύσει τη σχέση μεταξύ των μαθημάτων εύλογα και αποτελεσματικά, χρησιμοποιώντας όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με το μάθημα (π.χ. ευκαιρίες εργασίας, ενδιαφέροντα χρηστών κ.ο.κ.). Η παρούσα μελέτη εστιάζει στις ακόλουθες τρεις κύριες πτυχές στον τομέα της μελέτης των συστημάτων σύστασης μαθημάτων: Τη δημιουργία ενός νέου πλαισίου συστήματος σύστασης που μπορεί να μετριάσει το πρόβλημα της υπερφόρτωσης πληροφοριών και να περιορίσει τον αριθμό των επιλογών των χρηστών σε λιγότερες εναλλακτικές λύσεις. Την πρόταση μιας νέας προσέγγισης για την εξαγωγή και την ενσωμάτωση δεδομένων από πολλαπλές πηγές, χαρτογραφώντας έτσι σχετικές πληροφορίες σχετικά με ένα μάθημα για



Σχήμα 3.11: Η αρχιτεκτονική του εξατομικευμένου πλαισίου ηλεκτρονικής μάθησης, όπως αυτή παρουσιάζεται από τους συγγραφείς [57].

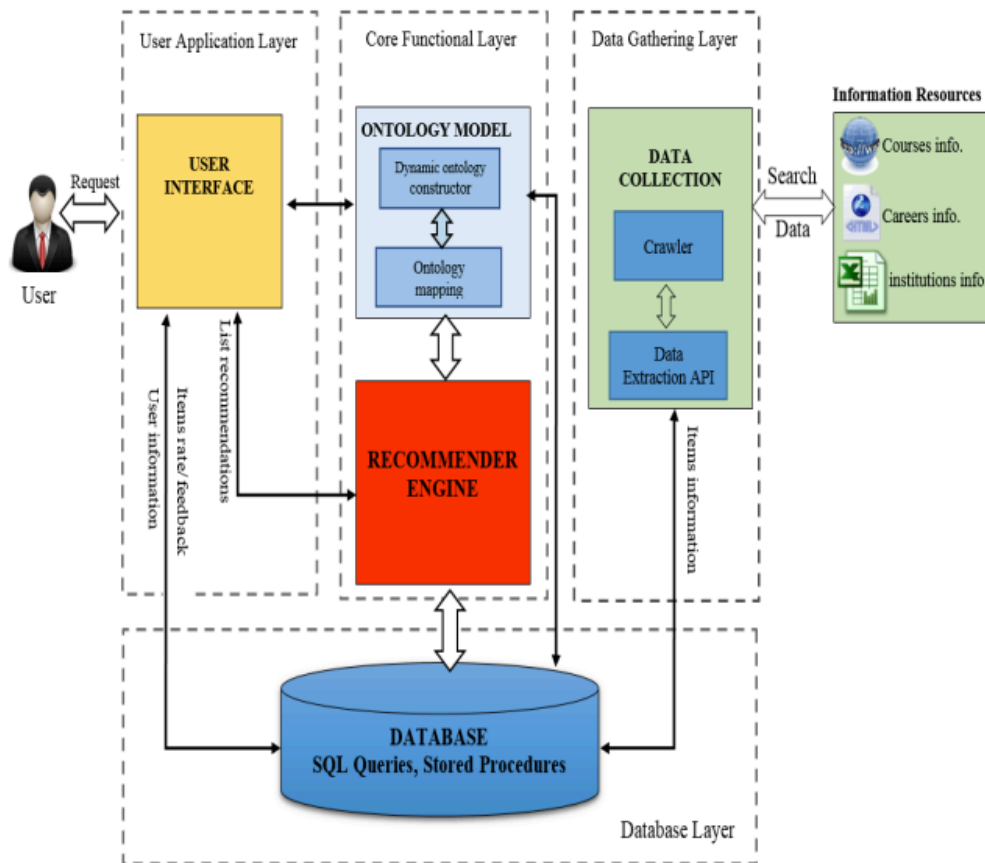
την απόκτηση ολοκληρωμένης γνώσης σχετικά με τα προτεινόμενα στοιχεία. Τον σχεδιασμό και την εφαρμογή ενός συστήματος σύστασης βασισμένου στη βαθιά μάθηση που μπορεί να αναλύσει τη σχέση μεταξύ των μαθημάτων εύλογα και αποτελεσματικά, χρησιμοποιώντας όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με το μάθημα. Και την προσθήκη σημαντικής συμβολής στην υπερνίκηση των προκλήσεων ψυχρής εκκίνησης των χρηστών σε σχέση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις. Επίσης, μια τέτοια προσέγγιση που ενσωματώνει πολλαπλά χαρακτηριστικά και εφαρμόζει τεχνικές βαθιάς μάθησης μπορεί να βελτιώσει και την ικανότητα εύρεσης μαθημάτων για τον χρήστη-στόχο. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι το προτεινόμενο μοντέλο έχει καλύτερη απόδοση σύστασης από τα παραδοσιακά μοντέλα.

Στα συστήματα συστάσεων ηλεκτρονικής μάθησης, οι διαπροσωπικές πληροφορίες μεταξύ των μαθητευόμενων ατόμων είναι πολύ σπάνιες, γεγονός που καθιστά δύσκολη την εφαρμογή τεχνικών συνεργατικού φιλτραρίσματος (collaborative filtering). Έτσι, στη μελέτη [60],

προτείνεται μια προσέγγιση συστάσεων υβριδικού φιλτραρίσματος (hybrid filtering), η οποία συνδυάζει το μοντέλο επιρροής του μαθητή (learner influence mode), τη στρατηγική συστάσεων που βασίζεται στην αυτοοργάνωση (self-organization based) και την εξόρυξη διαδοχικών προτύπων (sequential pattern mining) για τη σύσταση μαθησιακών αντικειμένων στους μαθητευόμενους. Η μέθοδος λειτουργεί ως εξής: το μοντέλο επιρροής του μαθητή εφαρμόζεται για την απόκτηση διαπροσωπικών πληροφοριών υπολογίζοντας την επιρροή που ασκεί ο ένας μαθητευόμενος στους άλλους. Το μοντέλο επιρροής του μαθητή αποτελείται από την ομοιότητα του μαθητή, την αξιοπιστία της γνώσης και τη συσσωμάτωση του μαθητή. Το μοντέλο επιρροής του μαθητή είναι ανεξάρτητο από τις αξιολογήσεις. Επιπλέον, για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας και της ασαφούς φύσης των μαθητευόμενων, εφαρμόζεται η διαισθητική ασαφής λογική (intuitionistic fuzzy logi) για τη βελτιστοποίηση του μοντέλου επιρροής του μαθητή.

(ii) Εφαρμόζεται μια στρατηγική συστάσεων αυτοοργάνωσης για να προτείνει τις βέλτιστες κλίκες μαθητευόμενων για τους ενεργούς μαθητευόμενους, προσομοιώνοντας τη διάδοση της επιρροής μεταξύ τους. Η διάδοση της επιρροής σημαίνει ότι ένας μαθητευόμενος μπορεί να κινηθεί προς τους ενεργούς μαθητευόμενους και τέτοιες συμπεριφορές μπορούν να διεγείρουν τις κινούμενες συμπεριφορές των γειτόνων του. Αυτή η προσέγγιση συστάσεων αυτοοργάνωσης επιτυγχάνει μια σταθερή δομή βασισμένη σε κατανεμημένες και από κάτω προς τα πάνω συμπεριφορές των ατόμων. (iii) Η εξόρυξη διαδοχικών προτύπων εφαρμόζεται για να αποφασιστούν τα τελικά μαθησιακά αντικείμενα και οι διαδρομές πλοήγησης με βάση τις προτεινόμενες κλίκες μαθητευόμενων. Η σχηματική αναπαράσταση της αρχιτεκτονικής του προτεινόμενου συστήματος απεικονίζεται στην Εικόνα 3.12. Με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα, η προτεινόμενη υβριδική προσέγγιση αποδεικνύεται αποτελεσματική, αποδοτική, εξαιρετικά προσαρμόσιμη και ικανή για εξατομικευμένες και ποικίλες υλοποιήσεις σε σενάρια ηλεκτρονικής μάθησης. Η εργασία [61] εισάγει μια νέα προσέγγιση που εξατομικεύει τις προτάσεις μαθημάτων που θα ταιριάζουν στις ατομικές ανάγκες των χρηστών. Στην προτεινόμενη προσέγγιση αναπτύχθηκε ένα πλαίσιο ενός υβριδικού συστήματος φιλτραρίσματος βασισμένου σε οντολογίες. Αυτή η προσέγγιση στοχεύει στην ενσωμάτωση πληροφοριών από πολλαπλές πηγές, με βάση την ιεραρχική ομοιότητα οντολογίας, με στόχο την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας και της ικανοποίησης των χρηστών, και την παροχή κατάλληλων προτάσεων στους μαθητευόμενους. Το προτεινόμενο σύστημα συνδυάζει το συνεργατικό φιλτράρισμα με το φιλτράρισμα βασισμένο στο περιεχόμενο. Επίσης, λαμβάνει υπόψη οικείες σχετικές έννοιες που είναι εμφανείς στα προφίλ τόσο του μαθητευόμενου (κυρίως φοιτητές), όσο και του μαθήματος, προσδιορίζοντας την ομοιότητα μεταξύ τους. Επιπλέον, το σύστημα χρησιμοποιεί μια τεχνική χαρτογράφησης οντολογιών, προτείνοντας θέσεις εργασίας που θα είναι διαθέσιμες μετά την ολοκλήρωση κάθε μαθήματος. Αυτή η μέθοδος μπορεί να επιτρέψει στους μαθητευόμενους να αποκτήσουν μια ολοκληρωμένη γνώση των μαθημάτων με βάση τη συνάφειά τους, χρησιμοποιώντας δυναμική χαρτογράφηση οντολογιών για να συνδέσουν τα προφίλ μαθημάτων και τα προφίλ των μαθητευόμενων με τα προφίλ εργασίας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ένας αλγόριθμος φιλτραρίσματος που χρησιμοποιεί ιεραρχικά σχετικές έννοιες παράγει καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με μια μέθοδο φιλτραρίσματος που λαμβάνει υπόψη μόνο την ομοιότητα λέξεων-κλειδιών. Επιπλέον, η ποιότητα των προτάσεων βελτιώνεται όταν χρησιμοποιείται η οντολογική ομοιότητα μεταξύ των στοιχείων και των προφίλ των χρηστών. Αυτή η προσέγγιση, χρησιμοποιώντας μια δυναμική χαρτογράφηση οντολογίας, είναι ευέλικτη και μπορεί να προσαρμοστεί σε διαφορετικούς τομείς. Το προτεινόμενο πλαίσιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το φιλτράρισμα των στοιχείων τόσο για μεταπτυχιακά μαθήματα, όσο και για

στοιχεία από άλλους τομείς.



Σχήμα 3.12: Η αρχιτεκτονική του συστήματος συστάσεων ηλεκτρονικής μάθησης, όπως αυτή παρουσιάζεται από τους συγγραφείς [60].

Στην ηλεκτρονική μάθηση, τα περισσότερα συστήματα συστάσεων που βασίζονται στο περιεχόμενο (content-based) παρέχουν συστάσεις ανάλογα με τους κανόνες αντιστοίχισης μεταξύ των μαθητευόμενων και των μαθησιακών αντικειμένων. Τέτοιες προσεγγίσεις που είναι προσανατολισμένες στο μαθητευόμενο άτομο είναι περιορισμένες όσον αφορά την ανίχνευση αλλαγών των μαθητευόμενων. Επιπλέον, οι συστάσεις παρουσιάζουν χαμηλή προσαρμοστικότητα και ποικιλομορφία. Σε αυτήν τη μελέτη [62], προκειμένου να βελτιωθεί η προσαρμοστικότητα και η ποικιλομορφία των συστάσεων, ενσωματώθηκε ένας μηχανισμός συστάσεων προσανατολισμένος στο μαθητευόμενο άτομο, σε συστήματα συστάσεων προσανατολισμένα στον μαθητευόμενο και προτείνεται μια προσέγγιση συστάσεων βασισμένη στην αυτοοργάνωση των μαθησιακών αντικειμένων. Η αυτοοργάνωση των μαθησιακών αντικειμένων σημαίνει ότι τα μαθησιακά αντικείμενα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με αυθόρμητο και αυτόνομο τρόπο. Αυτή η συμπεριφορά αυτοοργάνωσης ευνοεί τη δημιουργία μιας σταθερής δομής μαθησιακών αντικειμένων, μέσω της διάδοσης πληροφοριών. Η προτεινόμενη προσέγγιση λειτουργεί ως εξής: πρώτον, τα μαθησιακά αντικείμενα προσομοιώνονται ως ευφυείς οντότητες χρησιμοποιώντας τη θεωρία αυτοοργάνωσης. Τα μαθησιακά αντικείμενα μπορούν να λαμβάνουν πληροφορίες,

να μεταδίδουν πληροφορίες, καθώς και να κινούνται. Δεύτερον, σχεδιάζεται μια ενότητα αντίληψης περιβάλλοντος. Αυτή η ενότητα μπορεί να καταγράψει και να αντιληφθεί τις μεταβολές στις προτιμήσεις των μαθητευόμενων αναλύοντας τις συμπεριφορές αυτοοργάνωσης των μαθησιακών αντικειμένων. Τέλος, σύμφωνα με τις σαφείς απαιτήσεις των μαθητευόμενων και τις έμμεσες αποκλίσεις στις προτιμήσεις τους, οι συστάσεις παράγονται μέσω των συμπεριφορών αυτοοργάνωσης των μαθητευόμενων. Τέλος, όλα τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η προτεινόμενη προσέγγιση μπορεί να αυξήσει την πιθανότητα ποικιλομορφίας και προσαρμοστικότητας με χαμηλό κόστος ακρίβειας. Για την επίλυση του προβλήματος της έλλειψης συνεκτικότητας της χρονικής ακολουθίας μάθησης και των εξαρτήσεων γνώσης στις συστάσεις που βασίζονται σε ομάδες, προτείνεται στην εργασία [63] ένας νέο αλγόριθμο συστάσεων, προσανατολισμένος σε ομάδες, ο οποίος χαρακτηρίζεται από την αντιστοίχιση του αρχείου καταγραφής μάθησης του χρήστη σε ένα προσωπικό δίκτυο μάθησης-παραγωγής (personal learning generative network) που βασίζεται σε έναν χάρτη γνώσης. Αρχικά παρέχονται μέθοδοι υπολογισμού της ομοιότητας και της χρονικής συσχέτισης μεταξύ των σημείων γνώσης, όπου παρέχεται και η μέθοδος κατασκευής του προσωπικού δικτύου μάθησης-παραγωγής. Δεύτερον, προτείνεται μια μέθοδος για τη μέτρηση των ομοιοτήτων μεταξύ οποιονδήποτε δύο προσωπικών δικτύων μάθησης-παραγωγής. Σύμφωνα με τις ομοιότητες, εκτελείται ο αλγόριθμος ομαδοποίησης CURE [64] για να ληφθούν οι ομάδες μάθησης. Τρίτον, με βάση την ομαδοποίηση ομάδων, δημιουργείται το δίκτυο μάθησης-παραγωγής ομάδων χρησιμοποιώντας μια μέθοδο επικάλυψης γραφημάτων. Υπολογίζεται η σημασία των κορυφών στις διαφορετικές μαθησιακές ανάγκες και προτείνεται ένας αλγόριθμος συστάσεων προσανατολισμένος σε ομάδες. Τέλος, συγκρίνεται η επίδραση της προτεινόμενης σύστασης με αυτήν μιας σύστασης συνεργατικού φιλτραρίσματος βασισμένης σε ομάδες για τις πτυχές του ρυθμού ακρίβειας, του ρυθμού ανάκλησης, του κανονικοποιημένου προεξοφλημένου αθροιστικού κέρδους και της μέσης ακρίβειας των παραμέτρων. Τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι η σύσταση μάθησης με προσανατολισμό στην ομάδα, η οποία βασίζεται στο δίκτυο μάθησης που παράγεται, υπερτερεί σε απόδοση από το συνεργατικό φιλτράρισμα που βασίζεται σε συστάσεις ομάδας, όταν η ποσότητα των δεδομένων είναι αρκετά μεγάλη [65].

Η ανάλυση των επιλεγμένων εργασιών καταδεικνύει τη συνεχή εξέλιξη και διαφοροποίηση των προσεγγίσεων στα συστήματα συστάσεων για την ηλεκτρονική μάθηση, με έμφαση στην ενσωμάτωση τεχνικών TN όπως η Βαθιά Μάθηση, η Ενισχυτική Μάθηση, οι Οντολογίες, οι Γράφοι Γνώσης και η Ασαφής Λογική. Οι ερευνητικές προσπάθειες εστιάζουν κυρίως στην επίλυση προκλήσεων όπως η εξατομίκευση περιεχομένου, το πρόβλημα της ψυχρής εκκίνησης, η υπερφόρτωση πληροφοριών και η βελτίωση της προσαρμοστικότητας και ποικιλίας των συστάσεων. Παρά τις σημαντικές προόδους, κοινός παρονομαστής των περισσότερων προσεγγίσεων παραμένει η ανάγκη για επαρκή και ποιοτικά δεδομένα, καθώς και η πολυπλοκότητα υλοποίησης, γεγονός που υποδεικνύει την ύπαρξη περιθωρίων για περαιτέρω βελτιστοποίηση και ενοποίηση τεχνικών.

3.6 Σύγκριση των τεχνικών της Προσαρμοστικής Μάθησης των Συστημάτων Συστάσεων

Οι πλατφόρμες Προσαρμοστικής Μάθησης και τα Συστήματα Συστάσεων αξιοποιούν διαφορετικές τεχνικές και αλγορίθμους ΤΝ για να παρέχουν εξατομικευμένη μάθηση. Η επιλογή του κατάλληλου αλγορίθμου εξαρτάται από τόσο είδος των δεδομένων που συλλέγονται, όσο και από την πολυπλοκότητα του μαθησιακού περιεχομένου.

Ορισμένες πλατφόρμες, όπως το ALEKS και το Realizeit, χρησιμοποιούν τεχνικές Προσαρμοστικής Μάθησης που βασίζονται σε μοντέλα γνώσης ή σε αλγορίθμους Μηχανικής Μάθησης για να χαρτογραφήσουν την πρόοδο του μαθητευόμενου και να εντοπίσουν τα κενά στην εκπαίδευσή του. Άλλες πλατφόρμες, όπως τα Cognitive Tutors και το AutoTutor, αξιοποιούν γνωστικά μοντέλα, ώστε να προσαρμόζουν τη μαθησιακή εμπειρία σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, εφαρμογές όπως το Socratic, το Khanmigo και το Duolingo χρησιμοποιούν Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας, Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα και Ενισχυτική Μάθηση για να παρέχουν διάλογο και εξατομίκευση περιεχομένου.

Ο παρακάτω Πίνακας 3.6 παρουσιάζει μια τεχνική επισκόπηση των πλατφορμών Προσαρμοστικής Μάθησης και των Συστημάτων Συστάσεων, εστιάζοντας στους αλγορίθμους που χρησιμοποιούν και στον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται η εξατομίκευση της μαθησιακής εμπειρίας.

Πίνακας 3.6: Συγκριτικός Πίνακας των Αλγορίθμων των Πλατφορμών Προσαρμοστικής Μάθησης και των Συστημάτων Συστάσεων.

Πλατφόρμα	Αλγόριθμοι	Περιγραφή
ALEKS [40]	Knowledge Spaces [43]	Χαρτογραφεί τις γνώσεις και δεξιότητες των μαθητευόμενων και προτείνει επόμενα θέματα που μπορούν να μάθουν, βασισμένο στο τρέχον επίπεδο γνώσης.
Realizeit [41]	Μηχανική Μάθηση [15], Μοντέλα Προσαρμοστικής Μάθησης [31]	Αναλύει τα δεδομένα του χρήστη σε πραγματικό χρόνο και εντοπίζει τα κενά, ώστε να προσαρμόσει δυναμικά το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων.
Smart Sparrow [42]	Μοντελοποίηση Βάσει Περιορισμών [66], Ανίχνευση Μοντέλου [67]	Παρακολουθεί την πρόοδο του μαθητευόμενου με βάση κανόνες και επιτρέπει εξατομικευμένες διαδρομές μάθησης σε διαδραστικά μαθήματα.
LISP Tutor [47], Cognitive Tutor [45]	Γνωστική Μοντελοποίηση [68]	Χρησιμοποιεί κανόνες παραγωγής για την ανίχνευση λαθών και την άμεση ανατροφοδότηση, ενσωματώνοντας γνωστικά μοντέλα του μαθητευόμενου.
AutoTutor [46]	Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας [2], Εξατομικευμένη Μάθηση Βασισμένη στον Διάλογο [69]	Προσαρμόζει τη ροή του διαλόγου και παρέχει εξατομικευμένη καθοδήγηση λαμβάνοντας υπόψη γνωστικά και συναισθηματικά χαρακτηριστικά.
Socratic [48], Khanmigo [49], Duolingo [50]	Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας [2], Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα [67], Ενισχυτική Μάθηση [70]	Προσαρμογή του περιεχομένου και των ερωτήσεων σε πραγματικό χρόνο, μάθηση μέσω του διαλόγου, εξατομικευση δυσκολίας, roleplay και επεξηγήσεις απαντήσεων.
ChatGPT Edu [51]	Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας [2], Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα [67], Προσαρμοστική Μάθηση [71]	Παρέχει εξατομικευμένη υποστήριξη σε μαθητευόμενους και εκπαιδευτικούς, δημιουργεί βοηθούς και προσαρμοσμένες ροές εργασίας, υποστηρίζει την επίλυση προβλημάτων, επεξηγεί έννοιες και προσφέρει αυτορυθμιζόμενη μάθηση.
Quizlet AI [52]	Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα [67]	Δημιουργεί εξατομικευμένες ασκήσεις και διαγωνίσματα βάσει των προτιμήσεων και της απόδοσης του χρήστη, με τη δυνατότητα διαλόγου σε πραγματικό χρόνο.
Coursera – Skill Suggestions [53]	Συνεργατικό Φιλτράρισμα [72]	Προτείνει μαθήματα και δεξιότητες βάσει του προφίλ, των ενδιαφερόντων και της πορείας μάθησης του χρήστη.
Συστήματα Συστάσεων στην Ηλεκτρονική Μάθηση	Βαθιά Μάθηση [1], Ενισχυτική Μάθηση [70], Ασαφής Λογική [73]	Δημιουργούν εξατομικευμένα μαθησιακά μονοπάτια για κάθε μαθητευόμενο με την επιλογή κατάλληλων ασκήσεων και βελτιώνουν την προσαρμογή και τη διαφορετικότητα των προτεινόμενων δραστηριοτήτων.

Κεφάλαιο 4

Οι Αλγόριθμοι Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εκπαιδευτικά Συστήματα

4.1 Εισαγωγή

Ο πυρήνας των εκπαιδευτικών συστημάτων που βασίζονται στην ΤΝ είναι οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για την μοντελοποίηση, την κατανόηση των αναγκών των μαθητευόμενων και την παροχή εξατομικευμένων προτάσεων. Οι αλγόριθμοι Προσαρμοστικής Μάθησης εστιάζουν κυρίως στην παρακολούθηση και εκτίμηση της πορείας κάθε μαθητευόμενου, με στόχο να καθορίσουν ποια επόμενα βήματα είναι τα καταλληλότερα για κάθε χρήστη χωριστά. Από την άλλη πλευρά, τα συστήματα συστάσεων λειτουργούν ως μηχανισμοί καθοδήγησης, προτείνοντας δραστηριότητες, μαθήματα ή πόρους που με βάση τα ενδιαφέροντα, τις δεξιότητες και τους στόχους του εκάστοτε μαθητευόμενου [74].

Οι προσεγγίσεις των προσεγγίσεων ΤΝ ποικίλλουν από τις κλασικές μεθόδους, όπως οι κανόνες παραγωγής και η γνωστική μοντελοποίηση, κ.ά. μέχρι σύγχρονες τεχνικές όπως η Βαθιά Μάθηση, τα γραφήματα γνώσης (knowledge graphs), κ.ά. αλλά και τις υβριδικές μέθοδοι που συνδυάζουν την ανάλυση των δεδομένων, την επεξεργασία φυσικής γλώσσας και την ενισχυτική μάθηση.

Στη συνέχεια του Κεφαλαίου, παρουσιάζονται αναλυτικά ενδεικτικοί αλγόριθμοι και τεχνικές που έχουν εφαρμοστεί σε εκπαιδευτικά συστήματα Προσαρμοστικής Μάθησης και Συστήματα Συστάσεων.

4.2 Αλγόριθμοι Προσαρμοστική Μάθησης

Οι αλγόριθμοι ΤΝ στην Προσαρμοστική Μάθηση αποτελούν τον πυρήνα των συστημάτων που στοχεύουν στην εξατομίκευση της μαθησιακής πορείας. Η βασική τους λειτουργία είναι η συ-

νεχής ανάλυση της απόδοσης του μαθητευόμενου ατόμου, η πρόβλεψη των μελλοντικών του αναγκών και η δυναμική προσαρμογή του περιεχομένου. Τεχνικά, οι αλγόριθμοι αυτοί συνδυάζουν στοιχεία από μοντέλα γνώσης και από σύγχρονες μεθόδους μηχανικής μάθησης. Έτσι, επιτυγχάνεται ένα μαθησιακό περιβάλλον που ανανεώνεται σε πραγματικό χρόνο, αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα του χρήστη [1].

Στον ακόλουθο Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται ενδεικτικά οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι αλγόριθμοι TN στα συστήματα Προσαρμοστικής Μάθησης. Οι εν λόγω αλγόριθμοι καταδεικνύουν τη σταδιακή μετάβαση από τα στατιστικά μοντέλα, π.χ. Ιχνηλάτηση Γνώσης με Μπεϋζιανή Προσέγγιση [75], σε πιο σύνθετες νευρωνικές προσεγγίσεις, όπως η Ιχνηλάτηση Γνώσης με Βαθιά Μάθηση [76]. Αυτή η εξέλιξη επιτρέπει την ακριβέστερη παρακολούθηση της προόδου των μαθητευόμενων ατόμων και την παροχή δυναμικών μονοπατιών μάθησης, βελτιώνοντας την εκπαίδευσή τους.

4.3 Αλγόριθμοι Συστημάτων Συστάσεων

Τα Συστήματα Συστάσεων στην εκπαιδευτική διαδικασία έχουν στόχο να καθοδηγήσουν το μαθητευόμενο άτομο μέσα σε μεγάλες βάσεις μαθησιακού περιεχομένου, παρέχοντας στοχευμένες προτάσεις για δραστηριότητες, πόρους ή μαθήματα. Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται αντλούν τεχνικές από το συνεργατικό φιλτράρισμα (collaborative filtering) [72] και το φιλτράρισμα βάσει περιεχομένου (content-based filtering) [83], ενώ πιο πρόσφατες προσεγγίσεις αξιοποιούν τη Βαθιά Μάθηση, γραφήματα γνώσης (knowledge graphs) και υβριδικά μοντέλα [84]. Με αυτόν τον τρόπο, τα συστήματα συστάσεων δεν περιορίζονται στην απλή εύρεση σχετικού περιεχομένου, αλλά προσαρμόζονται δυναμικά στις ανάγκες, τα ενδιαφέροντα και το επίπεδο του κάθε μαθητευόμενου.

Στον ακόλουθο Πίνακα 4.2 παρουσιάζονται ενδεικτικά οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι αλγόριθμοι TN στα Συστημάτων Συστάσεων. Οι αλγόριθμοι των Συστημάτων Συστάσεων που παρουσιάζονται στον πίνακα επιβεβαιώνουν την πρόοδο από τις κλασικές μεθόδους συνεργατικού και βασισμένου στο περιεχόμενο φιλτραρίσματος σε πιο προχωρημένες τεχνικές, όπως τα γραφήματα γνώσης, η Βαθιά Μάθηση και τα υβριδικά μοντέλα. Η μετάβαση αυτή καθιστά δυνατή την αντιμετώπιση προκλήσεων, όπως η ψυχρή εκκίνηση και η υπερφόρτωση πληροφοριών, προσφέροντας πιο ακριβείς και ποικιλόμορφες προτάσεις στους χρήστες τους.

4.4 Μελέτη Περίπτωσης

Η ενότητα αυτή παρουσιάζει μια υποθετική μελέτη περίπτωσης για την εφαρμογή αλγορίθμων Προσαρμοστικής Μάθησης και Συστημάτων Συστάσεων σε ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον. Σκοπός είναι ναδειχθεί πως οι τεχνικές TN μπορούν να εξατομικεύσουν τη μαθησιακή εμπειρία, να βελτιώσουν την εμπλοκή των μαθητευόμενων και να υποστηρίξουν τους εκπαιδευτικούς στη λήψη αποφάσεων. Η μελέτη χρησιμοποιεί ψεύτικα δεδομένα για να απεικονίσει

Πίνακας 4.1: Βασικοί Αλγόριθμοι Τεχνητής Νοημοσύνης στην Προσαρμοστική Μάθηση.

Αλγόριθμος	Περιγραφή
Ιχνηλάτηση Γνώσης με Μπεϋζιανή Προσέγγιση [75]	Στοχαστικό μοντέλο πιθανοτήτων που εκτιμά την πιθανότητα κατάκτησης ενός skill, λαμβάνοντας υπόψη μεταβάσεις και πιθανότητες σφάλματος. Χρήση: μοντελοποίηση προόδου ανά γνώση.
Θεωρία Ανταπόκρισης Στοιχείου/Υπολογιστικά Προσαρμοστικά Τεστ [77]	Παραμετρικά μοντέλα για την εκτίμηση των δεξιοτήτων του μαθητευόμενου και την επιλογή των κατάλληλων ερωτήσεων σε προσαρμοστικές δοκιμασίες. Χρήση: αξιολόγηση και προσαρμοστική εξέταση (adaptive testing).
Ιχνηλάτηση Γνώσης με Βαθιά Μάθηση [76]	Χρήση επαναληπτικών νευρωνικών δικτύων για την πρόβλεψη της μελλοντικής απόδοσης του μαθητευόμενου με βάση τις αλληλεπιδράσεις του.
Δυναμικό Δίκτυο Μνήμης Κλειδιού–Τιμής [78]	Μοντέλο μνήμης που αποθηκεύει καταστάσεις γνώσης ανά δεξιότητα και επιτρέπει την ανάκληση/ενημέρωση. Χρήση: λεπτομερής ιχνηλάτηση πολλαπλών δεξιοτήτων.
Ιχνηλάτηση Γνώσης με Μετασχηματιστές [79]	Εφαρμογή μετασχηματιστών για τις αλληλεπιδράσεις του μαθητευόμενου. Βελτιώνει την απόδοση και συλλαμβάνει σε μακροπρόθεσμες εξαρτήσεις.
Μπεϋζιανές Επεκτάσεις [80]	Ιεραρχικά Μπεϋσιανά μοντέλα που ενσωματώνουν αβεβαιότητα, τη μεταβλητότητα των μαθητευόμενων ή προκαθορισμένες σχέσεις μεταξύ των δεξιοτήτων τους.
Συμφραζόμενοι Πολυοπλισμένοι Ληστές [81]	Μέθοδοι για το exploitation–exploration πρόβλημα στην επιλογή δράσης (π.χ. ποια άσκηση να εμφανιστεί), με τη χρήση πλαισίου/περιβάλλοντος. Χρήση: online προσαρμογή.
Ενισχυτική Μάθηση [82]	Εκπαίδευση μέσω πράκτορα που επιλέγει ακολουθίες ασκήσεων/μονοπατιών μάθησης ώστε να μεγιστοποιήσει τη μακροπρόθεσμη επίδοση των μαθητευόμενων.

Πίνακας 4.2: Βασικοί Αλγόριθμοι Τεχνητής Νοημοσύνης στα Συστήματα Συστάσεων στην Εκπαίδευση.

Αλγόριθμος	Περιγραφή
Αποσύνθεση Μήτρας [85]	Κλασική μέθοδος συνεργατικού φιλτραρίσματος. Χρησιμοποιείται για πρόβλεψη βαθμολογιών ή συστάσεων πόρων (μαθήματα, βίντεο, κ.ά).
Νευρωνικό Συνεργατικό Φιλτράρισμα [81]	Συνεργατικό Φιλτράρισμα με επέκταση Βαθιάς Μάθησης που μοντελοποιεί μη-γραμμικές σχέσεις χρηστών και αντικειμένων με νευρωνικά δίκτυα. Κατάλληλο για μεγάλες πλατφόρμες μάθησης.
Συστήματα συστάσεων βασισμένα σε ακολουθίες [82]	Χρήση μοντέλων για την πρόβλεψη της επόμενης ερώτησης βάσει της πρόσφατης συμπεριφοράς του χρήστη.
Συστάσεις με επίγνωση ακολουθιών [86]	Αντιπροσωπεύουν χρήστες, πόρους, έννοιες ως κόμβους σε γράφο και χρησιμοποιούν νευρωνικά δίκτυα γράφου για συστάσεις που εκμεταλλεύονται πολύπλοκες σχέσεις (π.χ. προαπαιτούμενα, συσχετίσεις περιεχομένου).
Υβριδικές Προσεγγίσεις [84]	Συνδυασμός χαρακτηριστικών περιεχομένου, συνεργατικών πληροφοριών και σημασιολογικής/οντολογικής γνώσης για καλύτερη προσαρμογή και μετριασμό του προβλήματος αρχικής εκκίνησης/έλλειψης δεδομένων.
Εξηγήσιμα Συστήματα Συστάσεων [87]	Τεχνικές για παραγωγή εξηγήσεων (“γιατί προτάθηκε αυτό”) — είτε με αναλυτές εξηγήσεων μετα-ανάλυσης, είτε με σημασιολογικές/οντολογικές μεθόδους για πιο “ανθρώπινη” εξήγηση.

τη λειτουργία των αλγορίθμων και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μαθητευόμενων, των εκπαιδευτικών και της πλατφόρμας.

4.4.1 Σενάριο Περίπτωσης

Το σενάριο της μελέτης περίπτωσης αφορά μια πλατφόρμα ηλεκτρονικής μάθησης με ποικιλία μαθησιακών πόρων (βίντεο, κείμενα, ασκήσεις) και ένα σύνολο μαθητευόμενων με διαφορετικά επίπεδα γνώσης και προτιμήσεις. Εδώ καθορίζονται οι στόχοι της πλατφόρμας, οι βασικές μεταβλητές και οι συνθήκες υπό τις οποίες θα εφαρμοστούν τα αλγοριθμικά μοντέλα, ώστε να προσομοιωθεί η πραγματική λειτουργία ενός συστήματος εξατομικευμένης μάθησης.

Έστω ότι έχουμε 5 μαθητευόμενους ($M1, M2, M3, M4, M5$) και 4 ερωτήσεις ($E1, E2, E3, E4$). Οι προτιμήσεις για κάθε μαθητευόμενο άτομο αφορούν την προτίμησή του στη μορφή του περιεχομένου, δηλ. βίντεο ή κείμενο.

4.4.2 Δεδομένα Σεναρίου

Η υποενότητα αυτή περιγράφει τη φύση και τη δομή των δεδομένων που χρησιμοποιούνται στη μελέτη περίπτωσης. Τα δεδομένα περιλαμβάνουν τις αλληλεπιδράσεις των μαθητευόμενων με τα μαθήματα και τις ασκήσεις, το ιστορικό των επιδόσεων, τα χαρακτηριστικά του μαθησιακού υλικού, καθώς και το προφίλ των μαθητευόμενων.

Μαθητευόμενος	E1	E2	E3	E4	Προτιμήσεις	Ικανότητα
M1	σωστή	λάθος	λάθος	—	βίντεο	μέτρια
M2	λάθος	λάθος	σωστή	λάθος	κείμενο	χαμηλή
M3	σωστή	σωστή	σωστή	λάθος	βίντεο	υψηλή
M4	—	σωστή	λάθος	σωστή	κείμενο	μέτρια
M5	λάθος	λάθος	λάθος	λάθος	κείμενο	χαμηλή

4.4.3 Αλυσίδα Επεξεργασίας Δεδομένων Σεναρίου

Η αλυσίδα επεξεργασίας περιλαμβάνει τη συλλογή και την οργάνωση των δεδομένων, την εξαγωγή των χαρακτηριστικών, την εκπαίδευση και την αξιολόγηση των μοντέλων, καθώς και την παραγωγή εξατομικευμένων προτάσεων. Η σαφής απεικόνιση των σταδίων αυτής της αλυσίδας είναι κρίσιμη για τη διασφάλιση της ακρίβειας και της αξιοπιστίας των συστάσεων.

- **Ιχνηλάτηση της Γνώσης:** Εκτιμά την πιθανότητα ότι κάθε μαθητευόμενος έχει κατακτήσει κάθε ερώτημα βάσει του ιστορικού των απαντήσεών του.
- **Συστήματα Συστάσεων με Λήψη Αποφάσεων με Βάση το Πλαίσιο/Περιβάλλον:** Επιλέγει ποια δραστηριότητα να προτείνει στο μαθητευόμενο άτομο, με γνώμονα (α) την

εκτιμημένη δεξιότητα, (β) την προτίμηση μορφής (βίντεο ή κείμενο), και (γ) τη δυσκολία της ερώτησης.

- **Εξήγηση:** μετά από την πρόταση, το σύστημα εξηγεί γιατί επιλέχθηκε η συγκεκριμένη δραστηριότητα (π.χ. «επιλέχθηκε το Ε4 επειδή ο μαθητευόμενος δεν έχει κατακτήσει επαρκώς τη γνώση για το εν λόγω ερώτημα», ή «χρήση βίντεο επειδή προτιμά βίντεο»).
- **Ανατροφοδότηση/Επανάληψη:** το μαθητευόμενο άτομο απαντά, το σύστημα ενημερώνει το μοντέλο της Ιχνηλάτησης της Γνώσης, επαναπροσδιορίζεται το σκορ δεξιοτήτων και επιλέγεται επόμενο στοιχείο/βήμα της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

4.4.4 Διάγραμμα Ροής Δεδομένων του Σεναρίου

Το διάγραμμα ροής 4.1 απεικονίζει πως τα δεδομένα των μαθητευόμενων εισάγονται και επεξεργάζονται από τους αλγορίθμους προσαρμοστικής μάθησης και συστάσεων, και πως τελικά προκύπτουν οι προτάσεις ή οι δράσεις εξατομίκευσης. Η απεικόνιση αυτή βοηθά στην κατανόηση των διασυνδέσεων μεταξύ των επιμέρους στοιχείων του συστήματος.



Σχήμα 4.1: Διάγραμμα Ροής Δεδομένων του Σεναρίου.

4.4.5 Κριτήρια Αξιολόγησης

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των αλγορίθμων Προσαρμοστικής Μάθησης και των Συστημάτων Συστάσεων, χρησιμοποιούνται διάφορα κριτήρια που καλύπτουν τόσο την ακρίβεια των προβλέψεων, όσο και την εμπειρία του χρήστη. Τα βασικά κριτήρια περιλαμβάνουν μετρήσεις απόδοσης, αξιολόγηση της ποιότητας των συστάσεων, δυνατότητες

εξηγήσεων, καθώς και υπολογιστικό κόστος και ταχύτητα απόκρισης του συστήματος. Τα βασικότερα κριτήρια συνοψίζονται παρακάτω:

- **Ακρίβεια (Accuracy) [88]:** Μετρά πόσο σωστά προβλέπει ένας αλγόριθμος τις απαντήσεις ή την επίδοση ενός μαθητευόμενου σε μελλοντικές ερωτήσεις ή δραστηριότητες.
- **Ανάκτηση (Recall) [89]:** Μετρά πόσο καλά το σύστημα αναγνωρίζει όλες τις δραστηριότητες που θα ήταν χρήσιμες για την πρόοδο του κάθε μαθητευόμενου.
- **Εξηγησιμότητα (Interpretability) [90]:** Αναφέρεται στο πόσο κατανοητές είναι οι αποφάσεις και οι προτάσεις που παράγει ο αλγόριθμος. Στην εκπαίδευση, η υψηλή εξηγησιμότητα σημαίνει ότι οι εκπαιδευόμενοι και οι εκπαιδευτικοί μπορούν να κατανοήσουν γιατί το σύστημα προτείνει συγκεκριμένες δραστηριότητες ή πόρους.
- **Χρονική Απόκριση/Υπολογιστικό Κόστος [91]:** Αφορά την ταχύτητα με την οποία ο αλγόριθμος ενημερώνεται με νέα δεδομένα και παράγει συστάσεις ή προβλέψεις, καθώς και την απαιτούμενη υπολογιστική ισχύ.

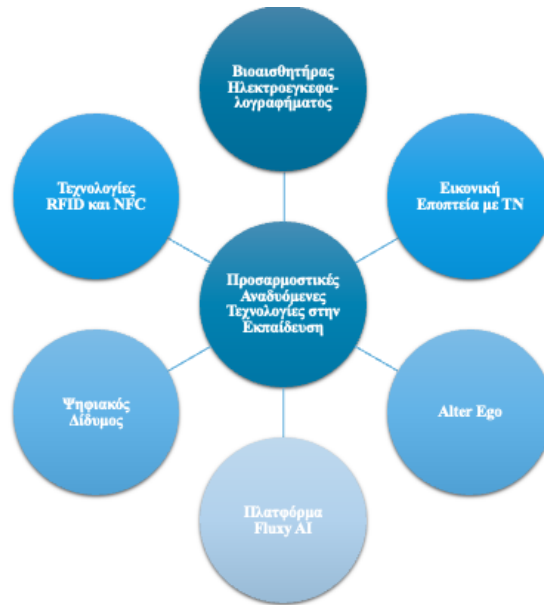
Κεφάλαιο 5

Αναδυόμενες Προσαρμοστικές Τεχνολογίες

Τα σύγχρονα εκπαιδευτικά συστήματα ΤΝ μπορούν να βελτιωθούν αρκετά αξιοποιώντας τις νέες προσαρμοστικές τεχνολογίες. Αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στην ενίσχυση των συμβατικών εκπαιδευτικών ιδρυμάτων μέσω των ψηφιακών εξελίξεων. Η ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών έχει την προοπτική να βελτιώσει σημαντικά τόσο τις γνώσεις των μαθητευόμενων, όσο και την καθοδήγηση των εκπαιδευτικών. Ενσωματώνοντας τις αναδυόμενες τεχνολογίες στο παραδοσιακό εξατομικευμένο σύστημα συστάσεων, μπορεί να επιτευχθεί η εισαγωγή ενός «νέου παραδείγματος» στα συμβατικά εκπαιδευτικά ιδρύματα.

Μερικές από τις μετασχηματιστικές τεχνολογίες που μπορούν να ενσωματωθούν στα εκπαιδευτικά συστήματα, είναι ο Βιοαισθητήρας Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος της NeuroSky [92], η Εικονική Εποπτεία με ΤΝ [65], οι κάμερες και οι αισθητήρες με δυνατότητα ΤΝ [93], η πλατφόρμα Fluxy AI [65], η τεχνολογία Alter Ego [65], ο Ψηφιακός Δίδυμος (Digital Twin) [65] για οργανωτική βελτίωση, η τεχνολογία RFID και η τεχνολογία NFC [65]. Αυτές οι καινοτομίες συμβάλλουν συλλογικά στη δημιουργία ζωντανής και διαδραστικής μάθησης που προσαρμόζεται στις ανάγκες του κάθε μαθητευόμενου ατόμου, ενώ παράλληλα υποστηρίζει τους εκπαιδευτικούς στις διδακτικές τους προσπάθειες, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.1.

Με αυτό τον τρόπο, οι μαθητευόμενοι μπορούν να επωφεληθούν από εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες που προσαρμόζονται στα μοναδικά στυλ και τον ρυθμό μάθησής τους. Από την άλλη πλευρά, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να αξιοποιήσουν αυτές τις τεχνολογίες για να αποκτήσουν γνώσεις σχετικά με την πρόοδο και τις προκλήσεις των μαθητευόμενων, επιτρέποντάς τους να παρέχουν στοχευμένη καθοδήγηση και υποστήριξη. Η ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών όχι μόνο εκσυγχρονίζει το εκπαιδευτικό τοπίο, αλλά και εξοπλίζει τους μαθητευόμενους και τους εκπαιδευτικούς με τα απαραίτητα εργαλεία για να διαπρέψουν σε έναν ολοένα και πιο τεχνολογικά καθοδηγούμενο κόσμο. Αυτές οι προσαρμοστικές νέες τεχνολογίες είναι χρήσιμες για τη βελτίωση των γνώσεων των μαθητευόμενων ατόμων, καθώς και χρήσιμες για τους εκπαιδευτικούς για την καθοδήγηση των μαθητευόμενων τους.

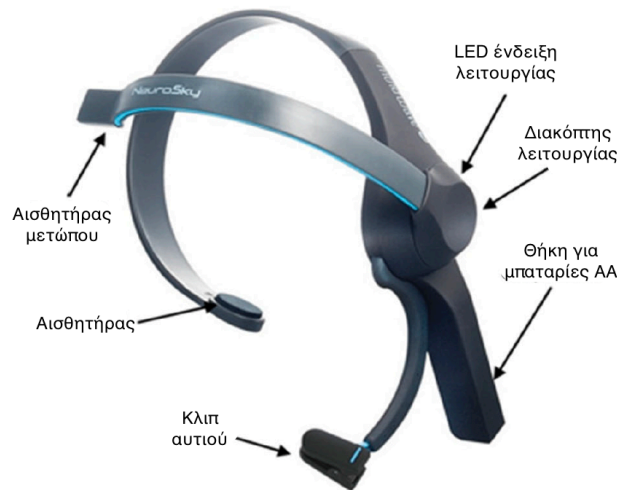


Σχήμα 5.1: Οι ψηφιακές αναδυόμενες τεχνολογίες για την ενίσχυση των εκπαιδευτικών συστημάτων [65].

5.1 Βιοαισθητήρας Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος

Στο τρέχον εκπαιδευτικό σύστημα, οι εκπαιδευτικοί παρακολουθούν μαθήματα διαδικτυακά/εκτός σύνδεσης και αντιμετωπίζουν το πρόβλημα του κατά πόσον οι μαθητευόμενοι τους κατανοούν τις έννοιες ή όχι. Όλοι οι εκπαιδευτικοί μπορούν να λάβουν μια επιβεβαίωση με τη μορφή εκφράσεων του προσώπου ή χειρονομιών των μαθητευόμενων για να γνωρίζουν εάν είναι προσεκτικοί ή όχι. Επίσης, στις ημέρες της πανδημίας του COVID-19, τα μαθήματα πραγματοποιούνταν διαδικτυακά. Ακόμα και οι μαθητευόμενοι αντιμετωπίζουν διάφορα προβλήματα όπως προβλήματα δικτύου, αναντιστοιχία στον ήχο (χρόνος καθυστέρησης), κ.ά. Δεδομένου ότι οι μαθητευόμενοι ή οι εκπαιδευόμενοι αντιμετωπίζουν αυτά τα προβλήματα, οι εκπαιδευτικοί μπορεί να μην γνωρίζουν τι συμβαίνει κατά τη διάρκεια των διαδικτυακά μαθημάτων. Κατά τη διάρκεια των μαθημάτων, ορισμένες έννοιες θα γίνουν κατανοητές από τους μαθητευόμενους και μερικές όχι. Έτσι, οι εκπαιδευτικοί μπορεί να μην γνωρίζουν ποια σημεία δεν είναι σαφή στους μαθητευόμενους τους ή ποιο μέρος της ύλης δεν έχει κατανοηθεί.

Ο Βιοαισθητήρας Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (EEG) [65] της NeuroSky είναι ουσιαστικά δυνατός για την ενίσχυση της εκπαίδευσης των μαθητευόμενων και εξατομικευμένων συστημάτων συστάσεων στον τομέα της εκπαίδευσης. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τον βιοαισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη εξατομικευμένων αλγορίθμων μάθησης που προσαρμόζονται σε πραγματικό χρόνο στις γνωστικές καταστάσεις των μαθητευόμενων ατόμων, παρέχοντάς τους εξατομικευμένες προκλήσεις και υποστήριξη. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να βοηθήσει στη βελτιστοποίηση της μαθησιακής διαδικασίας για κάθε μαθητευόμενο άτομο με βάση τα μοναδικά γνωστικά δυνατά σημεία και τις μαθησιακές προτιμήσεις του. Στην Εικόνα 3.9 απεικονίζεται ο Βιοαισθητήρας Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος



Σχήμα 5.2: Ο Βιοαισθητήρα Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης του Βιοαισθητήρα Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι τα εξής:

- Βελτίωση της μάθησης και της εμπλοκής των μαθητευόμενων.
- Εξατομικευμένες διαδρομές μάθησης.
- Αξιολόγηση γνωστικής απόδοσης.
- Ανατροφοδότηση και παρέμβαση σε πραγματικό χρόνο.
- Βελτίωση των συνηθειών μελέτης και διαχείρισης του άγχους.
- Εξατομικευμένες συστάσεις.

5.2 Εικονική Εποπτεία με Τεχνητή Νοημοσύνη

Η Εικονική Εποπτεία με την υποστήριξη της ΤΝ [65] προσφέρει πολλά οφέλη στους μαθητευόμενους στην εκπαίδευση, βελτιώνοντας την μαθησιακή εμπειρία και παρέχοντας εξατομικευμένη υποστήριξη, καθώς μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό της φυσικής παρουσίας ή μη των μαθητευόμενων όταν παρακολουθούν τα μαθήματα και γράφουν τις εξετάσεις. Η προσέγγιση ενσωματώνει διάφορες τεχνολογίες για να δημιουργήσει ένα ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης των εξετάσεων χωρίς την ανάγκη φυσικής εποπτείας. Χρησιμοποιώντας ένα πολυτροπικό σύστημα που συνδυάζει τη λήψη βίντεο από κάμερες web με ενεργή καταγραφή παραθύρου, έχει δημιουργηθεί μια μέθοδος για την παρατήρηση του περιβάλλοντος των εξετάσεων και των ενεργειών του εξεταζόμενου. Βασικά στοιχεία, όπως η αναγνώριση προσώπου

και η ανάλυση συναισθημάτων, παρέχουν πληροφορίες για την ψυχική κατάσταση του εξεταζόμενου, επιτρέποντας την πρόβλεψη συναισθημάτων που θα μπορούσαν να υποδηλώνουν πιθανή κακή πρακτική.

Τα εργαλεία και οι τεχνολογίες που βασίζονται στην ΤΝ έχουν τη δυνατότητα να αναδιαμορφώσουν το εκπαιδευτικό τοπίο, που εκτείνεται από εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες έως αυτοματοποιημένη βαθμολόγηση και αξιολόγηση. Μέσω της ανάλυσης των συμπεριφορών των μαθητευόμενων, των μαθησιακών προτιμήσεων και των μετρήσεων απόδοσης, η ΤΝ βοηθά τους εκπαιδευτικούς να παρέχουν διδασκαλία που δεν είναι μόνο πιο αποτελεσματική αλλά και πιο αποδοτική, με αποτέλεσμα βελτιωμένα μαθησιακά αποτελέσματα και αυξημένη ικανοποίηση των μαθητευόμενων. Επιπλέον, η ΤΝ μπορεί να φέρει επανάσταση στην εκπαιδευτική έρευνα και ανάλυση, επιτρέποντας στους ερευνητές να συλλέγουν και να αναλύουν γρήγορα και με ακρίβεια τεράστιες ποσότητες δεδομένων, ξεπερνώντας προηγούμενες δυνατότητες. Αυτό μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τη μάθηση των μαθητευόμενων, την αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών και τη συνολική μαθησιακή αποδοτικότητα.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης Εικονικής Εποπτείας με ΤΝ στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι τα ακόλουθα:

- Ασφαλείς και βολικές αξιολογήσεις.
- Ευελιξία και προσβασιμότητα.
- Μειωμένο άγχος.
- Ανατροφοδότηση και παρέμβαση σε πραγματικό χρόνο.
- Διατήρηση του απόρρητου και ασφάλεια των δεδομένων.
- Προσαρμοσμένες μαθησιακές διαδρομές.
- Εξατομικευμένη υποστήριξη.
- Προσαρμοστικές αξιολογήσεις.
- Αποτελεσματική βαθμολόγηση και ανατροφοδότηση.

5.3 Alter Ego

Το AlterEgo [65], μια νέα τεχνολογία που αναπτύχθηκε στο MIT Media Lab, η οποία έχει πολλά υποσχόμενες δυνατότητες για εξατομικευμένη μάθηση στην εκπαίδευση. Επιτρέποντας στους χρήστες να επικοινωνούν και να αλληλεπιδρούν με υπολογιστές χρησιμοποιώντας τους εσωτερικούς μηχανισμούς ομιλίας τους, αυτή η περιφερειακή νευρωνική διεπαφή επιτρέπει την επικοινωνία φυσικής γλώσσας μεταξύ ανθρώπων και μηχανών, βοηθών ΤΝ, υπηρεσιών, ακόμη και άλλων ανθρώπων, χωρίς την ανάγκη για ακουστική ομιλία ή παρατηρήσιμες κινήσεις. Η

συσκευή επιτρέπει στους χρήστες να αρθρώνουν λέξεις εσωτερικά και η ανατροφοδότηση παρέχεται μέσω ήχου χρησιμοποιώντας οστική αγωγιμότητα, δημιουργώντας μια διεπαφή κλειστού βρόχου που διατηρεί τη συνήθη ακουστική αντίληψη του χρήστη. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του AlterEgo είναι η ικανότητά του να καταγράφει και να ερμηνεύει νευρικά σήματα που παράγονται από εσωτερικούς αρθρωτές ομιλίας όταν ένας χρήστης εκφωνεί σιωπηλά λέξεις ή φράσεις. Αυτά τα σήματα, που προέρχονται από νευρομυϊκή δραστηριότητα στο κάτω μέρος του προσώπου και του λαιμού, υποβάλλονται σε επεξεργασία από τη συσκευή για να ανακατασκευάσουν την ομιλία που προτίθεται να κάνει ο χρήστης. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει μια διακριτική και απρόσκοπτη συνομιλία μεταξύ του χρήστη και μιας υπολογιστικής συσκευής, βοηθών TN ή άλλων στόχων επικοινωνίας.

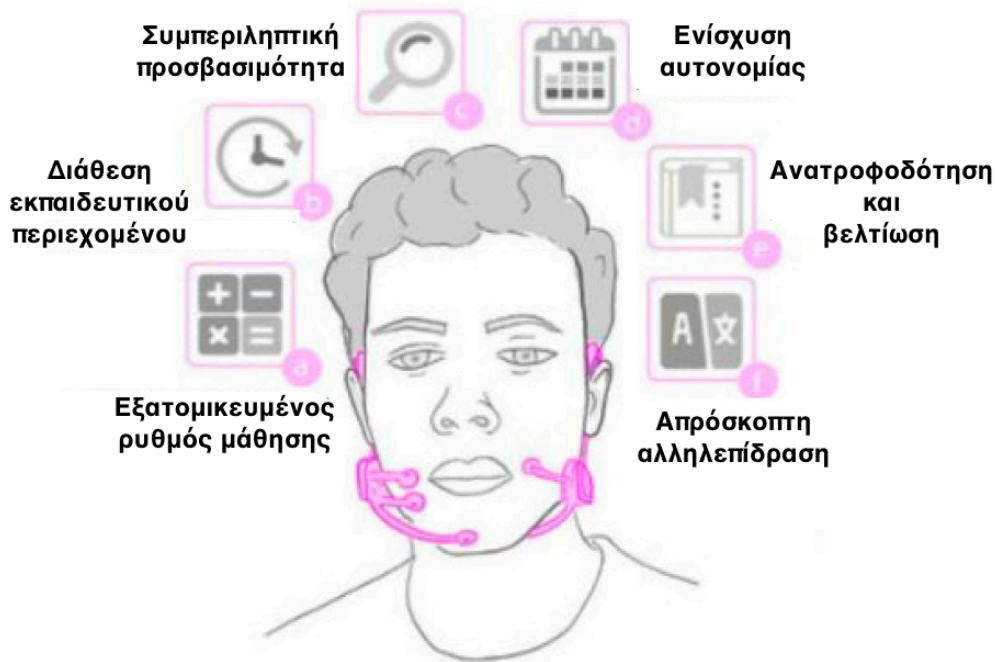
Ο πρωταρχικός στόχος του AlterEgo είναι η υποστήριξη της επικοινωνίας, ιδιαίτερα για άτομα με διαταραχές ομιλίας, όπως ατόμων που πάσχουν από αμυοτροφική πλευρική σκλήρυνση και σκλήρυνση κατά πλάκας. Πέρα από την υποστήριξη ατόμων με προβλήματα ομιλίας, το AlterEgo έχει τη δυνατότητα να μεταμορφώσει την αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή. Επιτρέποντας στους χρήστες να αλληλεπιδρούν φυσικά με τους υπολογιστές και την τεχνολογία, στοχεύει να καταστήσει την Πληροφορική, το Διαδίκτυο και την TN αναπόσπαστο μέρος της καθημερινής ζωής - έναν «δεύτερο εαυτό» που ενισχύει τη γνωστική λειτουργία και τις ικανότητες. Το AlterEgo λειτουργεί με βάση τη σιωπηλή ομιλία, η οποία περιλαμβάνει ανεπαίσθητες νευρομυϊκές κινήσεις των εσωτερικών οργάνων ομιλίας χωρίς να εκφωνεί στην πραγματικότητα λέξεις. Οι χρήστες μπορούν να επικοινωνούν με το σύστημα εσωτερικά, στέλνοντας και λαμβάνοντας πληροφορίες χωρίς εμφανείς ενέργειες ή παρατηρήσιμη συμπεριφορά. Στην Εικόνα 5.3 απεικονίζεται η συσκευή AlterEgo με τα βασικά χαρακτηριστικά της.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης της τεχνολογίας Alter Ego στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι τα:

- Απρόσκοπτη αλληλεπίδραση.
- Εξατομικευμένη παράδοση περιεχομένου.
- Προσαρμοστική μάθηση.
- Εξατομικευμένος ρυθμός μάθησης.
- Ανατροφοδότηση και βελτίωση.
- Συμπεριληπτική προσβασιμότητα.
- Ενδυνάμωση αυτονομίας.

5.4 Η πλατφόρμα Fluxy AI

Το Fluxy AI [65] είναι μια καινοτόμος πλατφόρμα που έχει σχεδιαστεί για να βελτιώνει τις μαθησιακές δυνατότητες, παρέχοντας στους μαθητευόμενους τα εργαλεία που θέλουν να δια-



Σχήμα 5.3: Η συσκευή AlterEgo.

πρέψουν στις σπουδές τους. Με το Fluxy AI, τα μαθητευόμενα άτομα μπορούν να έχουν πρόσβαση σε μια σειρά από λειτουργίες που κάνουν τη μάθηση πιο βολική, αποτελεσματική και ελκυστική. Η εν λόγω πλατφόρμα προσφέρει εξατομικευμένη μάθηση προσαρμοσμένη στις ανάγκες τους. Κατανοεί τους μαθητευόμενους, τα δυνατά και αδύνατα σημεία τους και στη συνέχεια παρέχει στοχευμένη βοήθεια για να τους βοηθήσει να ξεπεράσουν τις προκλήσεις και να αξιοποιήσουν τα δυνατά τους σημεία. Προσαρμόζει τις εξηγήσεις και τα παραδείγματα, ώστε να ταιριάζει με το στυλ μάθησης, διασφαλίζοντας ότι οι μαθητευόμενοι κατανοούν αποτελεσματικά τις έννοιες. Με την επιστημονικά αποδεδειγμένη εξατομικευμένη προσέγγιση μάθησης του FluxyAI, θα έχουν μια βαθύτερη κατανόηση των εννοιών. Η καλύτερη κατανόηση των εννοιών μεταφράζεται σε υψηλότερο ποσοστό διατήρησης, το οποίο με τη σειρά του οδηγεί σε βελτιωμένες συνολικές βαθμολογίες σε όλες τις εξετάσεις τους.

Η παιδαγωγική πρέπει να αλλάζει με κάθε νέα τεχνολογία. Η σύγχρονη τεχνολογία, όταν συνδυάζεται με νέες προσεγγίσεις, οδηγεί σε καινοτόμους τρόπους μάθησης. Ενσωματώνοντας την πλατφόρμα FluxyAI στις καθημερινές παραδοσιακές προσεγγίσεις μάθησης, ενισχύεται η δημιουργικότητα των μαθητευόμενων ατόμων, μέσω της διασταυρούμενης αναφοράς μάθησης από το ένα μάθημα στο άλλο. Βασικά χαρακτηριστικά και οφέλη της πλατφόρμας Fluxy AI περιλαμβάνουν:

- Πιο οικονομική μάθηση.
- Ευέλικτη μάθηση.
- Ολοκληρωμένα θέματα.

- Διαθεσιμότητα πλατφόρμας 24/7.
- Εξατομικευμένη μάθηση.
- Ασφαλές και μη επικριτικό περιβάλλον.
- Διαδραστικό περιβάλλον συνομιλίας.

5.5 Ψηφιακός Δίδυμος

Η τεχνολογία του Ψηφιακού Διδύμου [65] είναι πράγματι ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο για την ενίσχυση της εκπαίδευσης. Η εικονική αναπαράσταση φυσικών προϊόντων ή διαδικασιών μπορεί να προσφέρει καινοτόμες και ενδιαφέρουσες μαθησιακές εμπειρίες για τους μαθητευόμενους. Η χρήση του Ψηφιακού Διδύμου μπορεί να ξεκινήσει από τον σχεδιασμό του προγράμματος σπουδών και να επεκταθεί σε διάφορες πτυχές της διδασκαλίας και της μάθησης. Μπορεί να βοηθήσει στην ενημέρωση του περιεχομένου και στη δημιουργία χρήσιμων μοντέλων προσομοίωσης με βάση τις απαιτήσεις του μαθήματος. Η μάθηση που βασίζεται σε προσομοίωση έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει τα κίνητρα, την αυτοευθύνη για τη μάθηση, διευκολύνει τη μάθηση από ομοτίμους και βελτιώνει τη συνολική μαθησιακή δραστηριότητα. Από την οπτική γωνία του εκπαιδευτικού, ο Ψηφιακός Δίδυμος μπορεί να βελτιώσει την παροχή περιεχομένου, να βελτιώσει τη χρήση της τεχνολογίας για τη διδασκαλία, να διευκολύνει την επίδειξη και να βοηθήσει στην αξιολόγηση των μαθητευόμενων. Επιπλέον, μπορεί να βοηθήσει στην αναδημιουργία της εμπειρίας της κοινόχρηστης τάξης με περισσότερες αυτοσχέδιες δραστηριότητες στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Στο πλαίσιο της εκπαίδευσης, η τεχνολογία του Ψηφιακού Διδύμου μπορεί να φέρει επανάσταση στο μαθησιακό περιβάλλον με διάφορους τρόπους, όπως απεικονίζεται και στην Εικόνα 5.4.

5.6 Τεχνολογίες RFID και NFC

Οι τεχνολογίες αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων (Radio Frequency Identification - RFID) και Επικοινωνίας Κοντινού Πεδίου (Near-Field Communication - NFC) προσφέρουν πολλά οφέλη που μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την εκπαιδευτική εμπειρία για τους μαθητευόμενους [65]. Αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να υιοθετηθούν στα συστήματα και τις διαδικασίες των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων για να βελτιστοποιήσουν διάφορες εργασίες και να παρέχουν ένα πιο αποτελεσματικό και ασφαλές μαθησιακό περιβάλλον.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση των εν λόγω τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι τα εξής:



Σχήμα 5.4: Τα πλεονεκτήματα της χρήσης του Ψηφιακού Διδύμου στην εκπαίδευση.

- **Αυτοματοποιημένη παρακολούθηση παρουσίας.** Μπορεί να ενσωματωθεί στις ταυτότητες των μαθητευόμενων, επιτρέποντας την αυτοματοποιημένη παρακολούθηση της παρουσίας.
- **Βελτιωμένη ασφάλεια.** Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της κίνησης των μαθητευόμενων εντός της πανεπιστημιούπολης. Αυτό εξασφαλίζει μεγαλύτερη ασφάλεια και προστασία για τους μαθητευόμενων.
- **Αποδοτική διαχείριση της βιβλιοθήκης.** Οι μαθητευόμενοι μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις ταυτότητές τους ή τις συσκευές με δυνατότητα NFC για να διαβάσουν βιβλία απρόσκοπτα.
- **Διαδραστικό εκπαιδευτικό υλικό.** Για πρόσβαση σε πρόσθετο ψηφιακό περιεχόμενο, όπως βίντεο, διαδραστικά κουίζ και διαδικτυακούς πόρους.
- **Επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο με τους κηδεμόνες των εκπαιδευόμενων.** Για να διευκολυνθεί η επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ εκπαιδευτικών ιδρυμάτων και κηδεμόνων.
- **Βελτιστοποιημένες διοικητικές διαδικασίες.** Ενσωματωμένο με τα ERP των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων για την απλοποίηση των διοικητικών εργασιών.
- **Βελτιώσεις μάθησης μέσω κινητού τηλεφώνου.** Μπορεί να επιτρέψει την απρόσκοπτη κοινή χρήση περιεχομένου μεταξύ κινητών συσκευών και ψηφιακών οθονών εντός της τάξης.

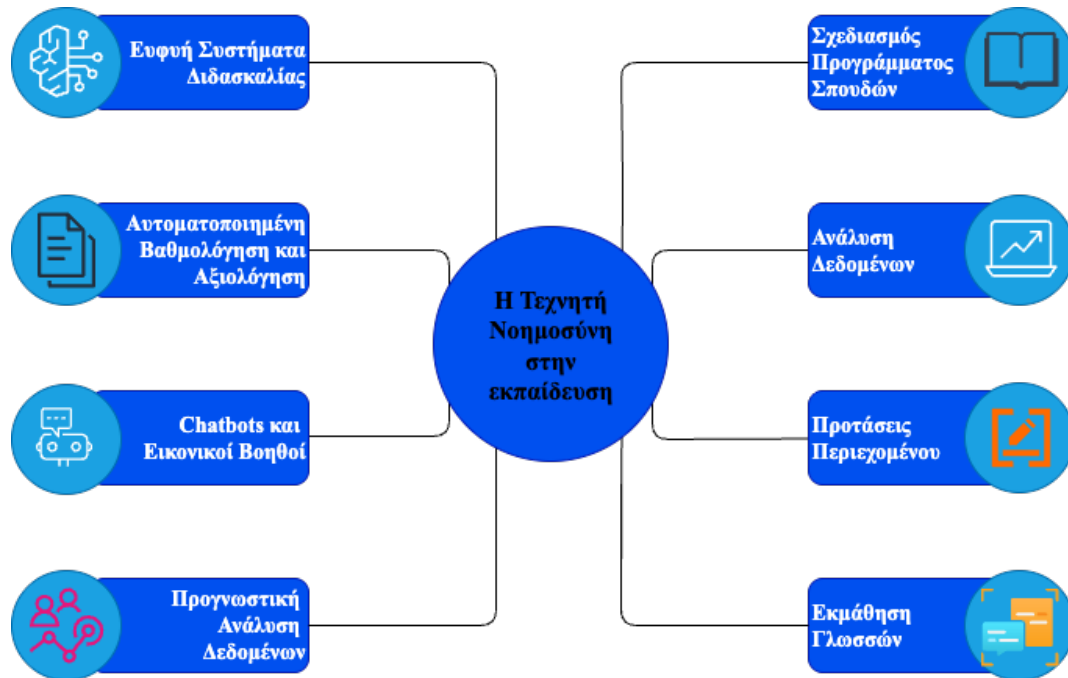
Κεφάλαιο 6

Πλεονεκτήματα από την ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εκπαίδευση

6.1 Εισαγωγή

Η ανάπτυξη τεχνολογιών ΤΝ έχει τη δυνατότητα να αναμορφώσει τον εκπαιδευτικό τομέα παρέχοντας εξατομικευμένες και προσαρμοστικές μαθησιακές εμπειρίες για τα μαθητευόμενα άτομα, αυτοματοποιώντας διοικητικές εργασίες και βελτιώνοντας τα εκπαιδευτικά αποτελέσματα. Καθώς η ανάπτυξη τεχνολογιών ΤΝ για την εκπαίδευση επεκτείνεται ραγδαία, είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι τα εν λόγω εργαλεία είναι κατασκευασμένα με προσοχή και για συγκεκριμένο σκοπό, προκειμένου η ΤΝ να έχει θετικό και χρήσιμο αντίκτυπο στη μάθηση και τη συμμετοχή των μαθητευόμενων στην εκπαιδευτική διαδικασία [94]. Η Εικόνα 6.1 δείχνει μερικές τις τεχνολογίες που βασίζεται στην ΤΝ και μπορούν να είναι σημαντική για την εκπαίδευση:

- **Ευφυή Συστήματα Διδασκαλίας:** Υπολογιστικά προγράμματα τα οποία παρέχουν εξατομικευμένη διδασκαλία ή ανατροφοδότηση στους μαθητευόμενους, με βάση τις ατομικές τους ανάγκες και την πρόοδό τους.
- **Αυτοματοποιημένη βαθμολόγηση και αξιολόγηση:** Ένα σύστημα βαθμολογεί και αξιολογεί αυτόματα την εργασία των μαθητευόμενων ατόμων, όπως εργασίες, κουίζ και τεστ/εξετάσεις. Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιήσει ορισμένες τεχνικές όπως η Μηχανική Μάθηση και η Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας για να αναλύσει τις απαντήσεις των μαθητευόμενων και να παρέχει ανατροφοδότηση.
- **Chatbots και εικονικοί βοηθοί:** Στο πλαίσιο ενός συστήματος συστάσεων για την εκπαίδευση των μαθητευόμενων, τα chatbots και οι εικονικοί βοηθοί μπορούν να τους παρέχουν εξατομικευμένη βοήθεια, όπως απάντηση σε ερωτήσεις, παροχή σχολίων και πρόταση εκπαιδευτικών πόρων.



Σχήμα 6.1: Τα πλεονεκτήματα της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εκπαίδευση.

- **Σχεδιασμός προγράμματος σπουδών:** Είναι η διαδικασία σχεδιασμού ενός μαθήματος σπουδών για τα μαθητευόμενα άτομα (κυρίως για φοιτητές). Στο πλαίσιο ενός συστήματος συστάσεων για την εκπαίδευση τους, ο σχεδιασμός του προγράμματος σπουδών μπορεί να αυτοματοποιηθεί με αλγόριθμους Μηχανικής Μάθησης που αναλύουν τα δεδομένα για να εντοπίσουν την πιο αποτελεσματική ακολουθία μαθησιακών δραστηριοτήτων.
- **Προτάσεις περιεχομένου:** Είναι ένα σύστημα που προτείνει μάθηση μιας ποικιλίας πόρων όπως βιβλία, βίντεο και άρθρα με βάση τις προτιμήσεις και τους μαθησιακούς στόχους των μαθητευόμενων. Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιήσει δύο τεχνικές, όπως το συνεργατικό φιλτράρισμα και το φιλτράρισμα βάσει περιεχομένου, για να προτείνει σχετικούς πόρους.
- **Εκμάθηση γλωσσών:** Είναι η διαδικασία απόκτησης μιας νέας γλώσσας. Στο πλαίσιο ενός συστήματος συστάσεων για την εκπαίδευση των μαθητευόμενων, η εκμάθηση γλωσσών μπορεί να διευκολυνθεί χρησιμοποιώντας εξατομικευμένη διδασκαλία, ανατροφοδότηση και πόρους προσαρμοσμένους στο επίπεδο, τα ενδιαφέροντα και τους στόχους του μαθητευόμενου ατόμου, όπως περιγράφεται και στην Εικόνα 6.1.

6.2 Οφέλη της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαίδευση

Η ΤΝ έχει συμβάλει σημαντικά στη βελτίωση της εκπαιδευτικής απόδοσης, ιδιαίτερα στην ανάλυση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητευόμενων. Μέσω αλγορίθμων ΤΝ, μπο-

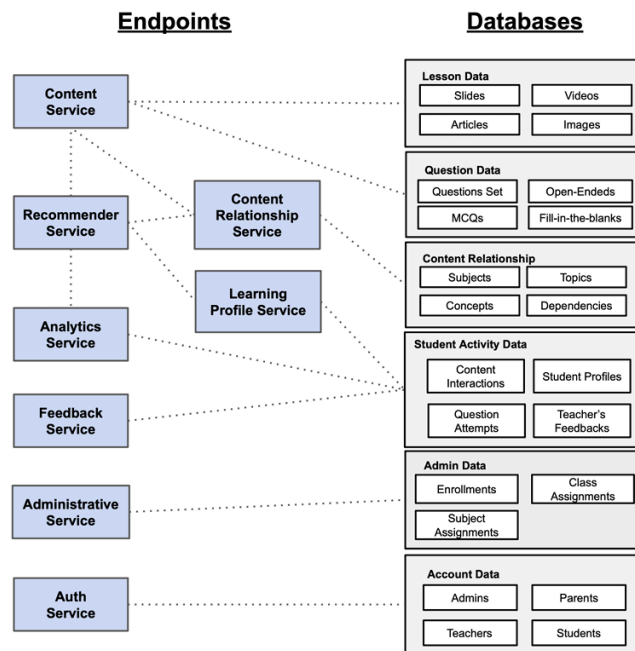
ρούν να συλλεχθούν δεδομένα σχετικά με τη συμπεριφορά των μαθητευόμενων, όπως η διάρκεια της εργασίας, οι απαιτητικοί τύποι ερωτήσεων, και οι αλληλεπιδράσεις εκπαιδευτικού υλικού. Αυτές οι πληροφορίες επιτρέπουν τον εντοπισμό προτύπων που καθορίζουν τη βελτίωση των μεθοδολογιών διδασκαλίας και του σχεδιασμού των προγραμμάτων σπουδών. Επιπλέον, η TN μπορεί να βελτιώσει την απόδοση των εκπαιδευτικών αναλύοντας τις αλληλεπιδράσεις εκπαιδευτικού-μαθητευόμενου και τα αποτελέσματα των μαθητευόμενων, προσφέροντας πληροφορίες για αποτελεσματικές μεθόδους διδασκαλίας και τομείς που απαιτούν περαιτέρω υποστήριξη. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στα εκπαιδευτικά ιδρύματα να προσαρμόζουν τα προγράμματα επαγγελματικής ανάπτυξης ώστε να καλύπτουν συγκεκριμένες ανάγκες των εκπαιδευτικών. Επιπροσθέτως, η TN βοηθά την εκπαιδευτική έρευνα αναλύοντας δεδομένα από διαδικτυακές πλατφόρμες μάθησης, αξιοποιώντας τον πλούτο των διαθέσιμων πληροφοριών σχετικά με τη εμπλοκή των μαθητευόμενων ατόμων και την αποτελεσματικότητα του διαδικτυακού υλικού. Αυτή η ανάλυση μπορεί να εντοπίσει τους πιο αποτελεσματικούς πόρους για τα ποικίλα προφίλ των μαθητευόμενων και να προτείνει βελτιστοποιήσεις για τη βελτίωση των συνολικών αποτελεσμάτων τους. Έτσι, τα κυριότερα πλεονεκτήματα από τη χρήση της TN στην εκπαιδευτική διαδικασία μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- **Ασφαλείς και βολικές αξιολογήσεις:** Η εικονική εποπτεία με τη χρήση TN διασφαλίζει την ακεραιότητα των διαδικτυακών αξιολογήσεων εντοπίζοντας και αποτρέποντας συμπεριφορές απάτης. Παρακολουθεί τους μαθητευόμενους κατά τη διάρκεια των εξετάσεων, χρησιμοποιώντας αναγνώριση προσώπου και ανάλυση συμπεριφοράς για τον εντοπισμό ύποπτων δραστηριοτήτων. Αυτό δημιουργεί ένα ασφαλές και ελεγχόμενο περιβάλλον εξετάσεων, επιτρέποντας παράλληλα στα μαθητευόμενα άτομα να δίνουν εξετάσεις εύκολα από τις δικές τους τοποθεσίες.
- **Ευελιξία και προσβασιμότητα:** Η TN επιτρέπει στους μαθητευόμενους να παρακολουθούν και να δίνουν εξετάσεις εξ αποστάσεως, παρέχοντας ευελιξία σε όσους ενδέχεται να έχουν περιορισμούς στο πρόγραμμα ή δεν μπορούν να παραστούν φυσικά σε έναν χώρο εξετάσεων. Αυτή η προσβασιμότητα προωθεί την συμπερίληψη και εξυπηρετεί τις ποικίλες ανάγκες των μαθητευόμενων ατόμων, καθώς μπορεί να αξιοποιηθεί από ομάδες μαθητευόμενων που αντιμετωπίζουν προβλήματα υγείας, οικογενειακά/εργασιακά ζητήματα, κ.ά.
- **Άμεση ανατροφοδότηση:** Ορισμένα συστήματα TN παρέχουν ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια των εξετάσεων, της παράδοσης, κλπ., ειδοποιώντας τους μαθητευόμενους εάν εμπλέκονται σε συμπεριφορές που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως αντιγραφή, απόσπαση της προσοχής, κ.ά. Αυτή η άμεση ανατροφοδότηση βοηθά τους μαθητευόμενους να διορθώνουν ακούσιες ενέργειες και να διατηρούν την ακεραιότητα των εξετάσεων, της διαδικασίας της παράδοσης της διάλεξης, κ.ο.κ.
- **Απόρρητο και ασφάλεια των δεδομένων:** Τα συστήματα TN συχνά δίνουν προτεραιότητα στο απόρρητο και την ασφάλεια των δεδομένων των μαθητευόμενων ατόμων. Έχουν σχεδιαστεί για να συμμορφώνονται με τους κανονισμούς προστασίας δεδομένων και να διασφαλίζουν ότι οι πληροφορίες των μαθητευόμενων παραμένουν εμπιστευτικές.

- **Προσαρμοσμένες διαδρομές μάθησης:** Τα συστήματα που υποστηρίζονται από ΤΝ μπορούν να αναλύσουν τα δεδομένα απόδοσης των μαθητευόμενων για να εντοπίσουν τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προτείνουν στοχευμένους μαθησιακούς πόρους και υλικό, βοηθώντας τους να εστιάσουν τις προσπάθειές τους σε τομείς που χρειάζονται βελτίωση.
- **Εξατομικευμένη υποστήριξη:** Η ενσωμάτωση ΤΝ σε εκπαιδευτικά συστήματα συμβάλλει στην παρακολούθηση των αλληλεπιδράσεων και της συμπεριφοράς των μαθητευόμενων κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, των εξετάσεων, κ.ά., επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να προσφέρουν εξατομικευμένη καθοδήγηση και υποστήριξη με βάση την απόδοσή τους. Αυτή η εξατομικευμένη ανατροφοδότηση βοηθά τους μαθητευόμενους να βελτιώσουν την κατανόηση και τις δεξιότητές τους.
- **Προσαρμοστικές αξιολογήσεις:** Τα συστήματα που υποστηρίζονται από την ΤΝ μπορούν να αναλύσουν τις απαντήσεις των μαθητευόμενων και να προσαρμόσουν τη δυσκολία των ερωτήσεων με βάση την απόδοσή τους. Αυτό διασφαλίζει ότι απαιτούνται κατάλληλες προκλήσεις και παρέχετε μια πιο ακριβή αξιολόγηση των γνώσεων και των δεξιοτήτων των μαθητευόμενων.
- **Αποτελεσματική βαθμολόγηση και ανατροφοδότηση:** Τα εκπαιδευτικά συστήματα που υποστηρίζονται από την ΤΝ μπορούν να αυτοματοποιήσουν τη διαδικασία βαθμολόγησης, παρέχοντας ταχύτερη και πιο συνεπή αξιολόγηση των εργασιών και των εξετάσεων. Αυτή η αποτελεσματικότητα επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να επικεντρωθούν στην παροχή λεπτομερούς ανατροφοδότησης για να υποστηρίξουν τη μάθηση των μαθητευόμενων [65].
- **Βελτίωση απόδοσης:** Η ΤΝ στην Προσαρμοστική Μάθηση περιλαμβάνει την ανάλυση των μαθησιακών προτύπων των μαθητευόμενων και την ανάπτυξη μιας εξατομικευμένης μαθησιακής διαδικασίας που θα βοηθήσει τους μαθητευόμενους να επιτύχουν την καλύτερη ακαδημαϊκή τους επίδοση. Μέσω αυτής της έξυπνης χρήσης της ΤΝ, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να εντοπίσουν τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία των μαθητευόμενων και στη συνέχεια να προσαρμόσουν τις διδακτικές τους στρατηγικές ώστε να ανταποκρίνονται στις ατομικές ανάγκες και να βελτιώνουν την απόδοσή τους [95], [96], [97].

6.3 Μελέτη Περίπτωσης: Σύστημα SEAL

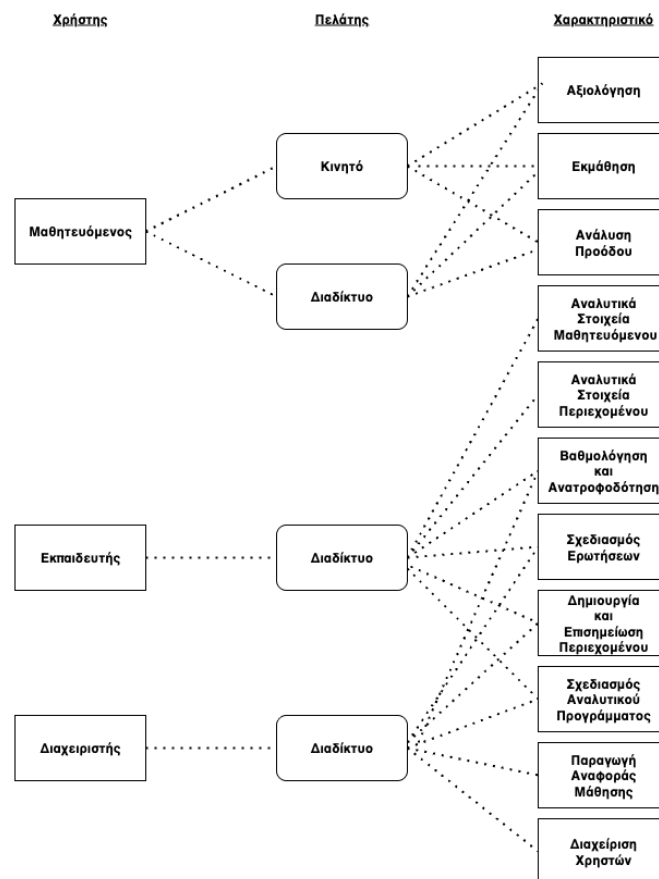
Η παρουσίαση των θεωρητικών πλεονεκτημάτων της ΤΝ στην Εκπαίδευση αποκτά διαφορετική αξία όταν συνοδεύεται από συγκεκριμένα παραδείγματα εφαρμογής. Για τον σκοπό αυτό, στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζεται μια μελέτη περίπτωσης που εστιάζει σύστημα SEAL (Self-Evolving Adaptive Learning) [98]. Το σύστημα SEAL επιτρέπει την εξατομικευμένη μάθηση σε κλίμακα, αξιοποιώντας την ΤΝ για την επίλυση του προβλήματος που σχετίζεται με την ανταλλαγή μεταξύ ποιότητας και επεκτασιμότητας. Το SEAL στοχεύει να ωφελήσει τους δύο πιο σημαντικούς ενδιαφερόμενους φορείς στο γενικό εκπαιδευτικό περιβάλλον, δηλαδή τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητευόμενους.



Σχήμα 6.2: Οι ενότητες των τελικών σημείων από την πλευρά του διακομιστή και τις βάσεις δεδομένων του SEAL [98].

Η αρχιτεκτονική του συστήματος μπορεί να χωριστεί σε δύο τμήματα (i) την πλευρά του διακομιστή (Εικόνα 3.6) και (ii) την πλευρά του πελάτη (Εικόνα 6.3). Υιοθετώντας μια αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις υπηρεσίες (service oriented architecture) ώστε να επιτρέπεται η αποσύνδεση διαφορετικών στοιχείων του συστήματος, ενώ παράλληλα επικοινωνούν αποκλειστικά μέσω διεπαφών προγραμματισμού εφαρμογών (API). Μια τέτοια χαλαρή σύνδεση επιτρέπει στο σύστημα να είναι εύκολα επεκτάσιμο σε διαφορετικές περιπτώσεις χρήσης, καθώς διαφορετικοί διαδικτυακοί πελάτες μπορούν να επιλέξουν να καταναλώσουν διαφορετικές υπηρεσίες και να αναπτυχθούν ανεξάρτητα από τον τρόπο με τον οποίο έχουν υλοποιηθεί οι υπηρεσίες backend ή το επίπεδο βάσης δεδομένων.

- **Ο διακομιστής SEALaaS:** Η αρχιτεκτονική από την πλευρά του διακομιστή ως υπηρεσία SEAL-as-a-service (SEALaaS), έχει υλοποιηθεί παρόμοια με τις συμβάσεις άλλων συστημάτων MLaaS [99], [100]. Η υλοποίηση και η υποδομή έχουν σχεδιαστεί για ένα ευρύ φάσμα χρηστών, ώστε να αξιοποιούν τους αλγόριθμους και το σύστημα με ποικίλη ευκολία και προσαρμοστικότητα. Το SEALaaS έχει σχεδιαστεί για να δίνει προτεραιότητα στις ακόλουθες παραμέτρους: (i) Επεκτασιμότητα της λύσης σε διαφορετικές περιπτώσεις χρήσης. (ii) Χρησιμότητα του συστήματος για το κοινό-στόχο. Οι υπηρεσίες από μόνες τους είναι χωρίς κατάσταση και χρησιμεύουν για την εφαρμογή υπολογισμών σε δεδομένα. Τέτοια δεδομένα, τα οποία θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν το ιστορικό των προσπαθειών απάντησης ερωτήσεων ενός μαθητευόμενου, καθώς και την αλληλεπίδρασή του με το εκπαιδευτικό περιεχόμενο, αναζητούνται από τις σχετικές βάσεις δεδομένων όταν υποβάλλεται ένα αίτημα.



Σχήμα 6.3: Οι χρήστες, οι πελάτες και βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος [98].

- **Πλευρά πελάτη: Βασικά χαρακτηριστικά**

- *Προσαρμοστική Αξιολόγηση.* Η λειτουργία της προσαρμοστικής αξιολόγησης αποτελεί τον πυρήνα του συστήματος SEAL. Το σύστημα προτείνει ερωτήσεις για την αξιολόγηση της κατανόησης και του μαθησιακού περιεχομένου του μαθητευόμενου με βάση το προφίλ του, τις μαθησιακές προτιμήσεις του και την κατάσταση των γνώσεών του. Ένα ολοκληρωμένο σύστημα καταγραφής ερωτήσεων και πολυδιάστατης σήμανσης εφαρμόζεται για να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να δημιουργήσουν προσαρμοστικό περιεχόμενο. Ανάλογα με το τι προσπαθεί να βελτιστοποιήσει το σύστημα ή ο χρήστης, το σύστημα θα προσαρμοστεί για να δώσει το πιο αποτελεσματικό σύνολο ερωτήσεων ή απαντήσεων. Μερικά παραδείγματα στόχων βελτιστοποίησης περιλαμβάνουν την εκμάθηση από τον μαθητευόμενο δύσκολων εννοιών σε ένα μάθημα ή τη βελτιστοποίηση της αυτοπεποίθησης των μαθητευόμενων στις δικές τους ικανότητες.
- *Αναλυτική Μάθηση.* Η υπηρεσία της Αναλυτικής Μάθησης συγκεντρώνει δεδομένα δραστηριότητας των μαθητευόμενων, όπως οι προσπάθειες απαντήσεων σε ερωτήσεις, οι αλληλεπιδράσεις περιεχομένου και τα σχόλια του εκπαιδευτικού, για να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την μαθησιακή πρόοδο ενός μαθητευόμενου, καθώς και την αποτελεσματικότητα διαφόρων περιεχομένων. Οι αναλυτικές αναφορές δημιουργούνται για κάθε σύνολο προβλημάτων και είναι προσβάσιμες τόσο στους εκπαιδευτικούς όσο και στους μαθητευόμενους. Οι μορφές των αναφορών είναι σε μεγάλο βαθμό γραφικές, σε συνδυασμό με σύντομες περιγραφές και προτάσεις που δημιουργούνται αυτόματα με πρότυπα. Η αναφορά περιλαμβάνει πληροφορίες όπως η απόδοση του μαθητευόμενου σε μεμονωμένα κουίζ, η ικανότητα να απαντά σε ερωτήσεις ποικίλης δυσκολίας, ο εντοπισμός θεμάτων στα οποία ο μαθητευόμενος είναι αδύναμος, μεταξύ άλλων πληροφοριών. Αυτό το στοιχείο θα επιτρέψει στους μαθητευόμενους να κατανοήσουν τη δική τους απόδοση και στους εκπαιδευτικούς να παρακολουθούν την πρόοδο των μαθητευόμενων τους.
- *Υπηρεσία Συστάσεων.* Η εξατομικευμένη και δυναμική σύσταση λαμβάνει υπόψη τις μαθησιακές προτιμήσεις του μαθητευόμενου (π.χ. μπορεί να προτιμά επεξηγήσεις σε μορφή βίντεο αντί για κείμενο), την τρέχουσα μαθησιακή του κατάσταση (π.χ. έχει κατακτήσει την παραγωγή της πρώτης τάξης αλλά όχι τη δεύτερης τάξης), καθώς και την ικανότητά του (π.χ. αποδίδει καλά σε απλές ερωτήσεις αλλά δυσκολεύεται σε ερωτήσεις υψηλότερης δυσκολίας). Η υπηρεσία συστάσεων δέχεται ως είσοδο τον στόχο βελτιστοποίησης (π.χ. τη συγκέντρωση, την απόδοση ή την κατανόηση του μαθητευόμενου) και προσαρμόζει ανάλογα τις προτάσεις.

Συνοψίζοντας, το σύστημα SEAL περιλαμβάνει: (i) ένα συνδεδεμένο SEALaaS που παρέχει τελικά σημεία χωρίς καταστάσεις, (ii) ένα στοιχείο συστάσεων που βασίζεται στην TN και μοντελοποιεί το προφίλ γνώσεων των μαθητευόμενων και στη συνέχεια προτείνει εξατομικευμένο περιεχόμενο για την επίτευξη συγκεκριμένων μαθησιακών αποτελεσμάτων, και (iii) πλούσιες σε χαρακτηριστικά τελικές εφαρμογές που διευκολύνουν τη διδασκαλία των εκπαιδευτικών και την ανεξάρτητη μάθηση των μαθητευόμενων ατόμων.

Κεφάλαιο 7

Προκλήσεις από την ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εκπαίδευση

Η ενσωμάτωση της ΤΝ στην εκπαίδευση ανοίγει νέους ορίζοντες για την αναβάθμιση της διδασκαλίας, της μάθησης και της πρόσβασης στη γνώση. Ωστόσο, η αξιοποίησή της συνοδεύεται από σημαντικές προκλήσεις που αφορούν την πολιτική, την ισότητα, την ηθική διάσταση και την επαρκή προετοιμασία όλων των εμπλεκομένων. Η κατανόηση και η αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων είναι απαραίτητη προκειμένου η ΤΝ να συμβάλει σε μια δίκαιη, διαφανή και βιώσιμη εκπαιδευτική ανάπτυξη. Στον ακόλουθα Πίνακα 7.1 παρουσιάζεται μια σύγκριση των κυριότερων προκλήσεων από την ενσωμάτωση της ΤΝ στην εκπαίδευση, ενώ στη συνέχεια του Κεφαλαίου, αναλύονται λεπτομερώς τα εν λόγω ζητήματα.

7.1 Ολοκληρωμένη δημόσια πολιτική για την Τεχνητή Νοημοσύνη για βιώσιμη ανάπτυξη

Ο εκπαιδευτικός τομέας είναι ταυτόχρονα πελάτης και δρώντα πρόσωπο απέναντι στις σαρωτικές εξελίξεις στην τεχνολογία που βασίζεται στην ΤΝ. Από αυτή την άποψη, η εκπαιδευτική συνιστώσα καθίσταται καίριας σημασίας όταν οι χώρες αναπτύσσουν εθνικές στρατηγικές για την ΤΝ. Από τη μία πλευρά, η ΤΝ έχει μεγάλες δυνατότητες για τη βελτίωση των εκπαιδευτικών συστημάτων, και από την άλλη πλευρά, τα εκπαιδευτικά συστήματα αναμένεται να διαμορφώσουν μαθητευόμενους που διαθέτουν τις δεξιότητες που απαιτούνται για να ευδοκμήσουν σε μια κοινωνία που περιβάλλεται από την ΤΝ. Επί του παρόντος, οι περισσότερες από τις εξελίξεις στον τομέα της ΤΝ στην εκπαίδευση προέρχονται από τον ιδιωτικό τομέα. Εταιρείες όπως οι Pearson, McGraw-Hill, IBM, Knewton, Cerego, Smart Parrow, Dreambox, LightSide ή Coursera προχωρούν στην εισαγωγή της Προσαρμοστικής Μάθησης μέσω έξυπνων αλγορίθμων που χρησιμοποιούν Μεγάλου Όγκου Δεδομένα για την εξατομίκευση της μάθησης. Ενώ, οι περισσότερες κυβερνήσεις αγωνίζονται να διαχειριστούν αυτό το εύρος της εμπλοκής του ιδιωτικού τομέα με την ΤΝ στην εκπαίδευση.

Πίνακας 7.1: Συγκριτική ανάλυση των προκλήσεων της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαίδευση.

Πρόκληση	Επηρεαζόμενοι	Προτεινόμενες Λύσεις	Περιορισμοί
Πρόσβαση & Ισότητα	Μαθητευόμενοι, Εκπαιδευτικά Ιδρύματα	Ανάπτυξη υποδομών, χαμηλού κόστους πρόσβαση σε δεδομένα.	Ψηφιακό χάσμα, ανεπάρκεια πόρων.
Κατάρτιση Εκπαιδευτικών	Εκπαιδευτικοί	Εξειδικευμένα προγράμματα TN, ενδοϋπηρεσιακή εκπαίδευση.	Έλλειψη δεξιοτήτων, αντίσταση σε νέα εργαλεία.
Ποιότητα Δεδομένων	Μαθητευόμενοι	Συλλογή πλήρων και αξιόπιστων δεδομένων.	Λανθασμένες προβλέψεις, ανακριβείς αναλύσεις.
Ηθικά & Νομικά Ζητήματα	Μαθητευόμενοι, Εκπαιδευτικοί, Πλατφόρμες	Διαφάνεια, συγκατάθεση, προστασία των δεδομένων.	Παραβίαση ιδιωτικότητας, αδιαφάνεια αλγορίθμων.
Επίδραση στην Εργασία	Εκπαιδευτικοί	Αυτοματοποίηση μηχανικών εργασιών, ενίσχυση δημιουργικών δεξιοτήτων.	Αλλαγή ρόλου, πιθανή απώλεια εργασιών.
Έρευνα & Αξιολόγηση	Εκπαιδευτικά Ιδρύματα	Τεκμηριωμένη έρευνα, αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων.	Περιορισμένη πρακτική εφαρμογή, έλλειψη δεδομένων.

Η TN λειτουργεί μέσα σε σύνθετα οικοσυστήματα γνώσης, καινοτομίας, επιχειρήσεων και νέων κανονισμών. Οι κρατικές πολιτικές θα πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίζουν ταυτόχρονα πολλαπλά ερωτήματα για να δημιουργούν λύσεις και κανονισμούς, και να δημιουργούν ή να υποστηρίζουν οικοσυστήματα καινοτομίας για να φέρνουν τις ευκαιρίες της TN στον τομέα της εκπαίδευσης. Η ανάπτυξη δημόσιων πολιτικών σχετικά με την TN στην εκπαίδευση βρίσκεται ακόμη σε αρχικό στάδιο, αλλά είναι ένας τομέας που πιθανότατα θα αναπτυχθεί εκθετικά τα επόμενα χρόνια. Είναι δύσκολο να βρεθούν ορισμένα κοινά στοιχεία σε τόσο πρώιμο στάδιο, αλλά ορισμένα ζητήματα αρχίζουν να αναδύονται ως βασικοί παράγοντες που δείχνουν οι μελέτες περιπτώσεων:

- Οι δημόσιες πολιτικές δεν θα είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν την ταχύτητα της καινοτομίας στον τομέα της TN με τους παραδοσιακούς της θεσμούς. Νέοι φορείς και θεσμοί εντός του δημόσιου τομέα είναι το κλειδί για τη δημιουργία του πνευματικού και υλικού πλαισίου της TN για βιώσιμη ανάπτυξη.
- Στο πλαίσιο αυτής της στρατηγικής, οι χώρες αναπτύσσουν εργαστήρια και θερμοκοιτίδες με δημόσια κεφάλαια για να αναπτύξουν πρωτοβουλίες στην TN που προωθούν τα δημόσια αγαθά.

- Το κράτος πρέπει να δημιουργήσει συνεργασίες με τον ιδιωτικό τομέα για τη διεύρυνση του οικοσυστήματος της ΤΝ, επειδή ο δημόσιος τομέας δεν θα είναι σε θέση να καινοτομήσει μόνος του σε ένα τόσο πολύπλοκο τεχνολογικό επίπεδο.
- Για την αντιμετώπιση ηθικών ζητημάτων, είναι απαραίτητο να συμβουλευτούμε ειδικούς και να σχηματίσουμε ομάδες για τη δημιουργία σχεδίων και οδικών χαρτών εν μέσω της αβεβαιότητας της εγγύς μελλοντικής ανάπτυξης της ΤΝ.
- Ως μέρος του οικοσυστήματος, είναι απαραίτητο να δημιουργηθούν νέες ευκαιρίες χρηματοδότησης για την ανάπτυξη ακαδημαϊκών και ερευνητικών εγκαταστάσεων για τη δημιουργία και την εκπαίδευση ειδικών στην ΤΝ.
- Οι πρωτοβουλίες από αυτές τις χώρες απελευθερώνουν τις δυνατότητες της ΤΝ στην εκπαίδευση με πειράματα προσαρμοστικών πλατφορμών μάθησης, διαδικτυακές αξιολογήσεις, αυτόματη διόρθωση δοκιμών, ειδικά σχεδιασμό στο πλαίσιο της τεχνολογικής διείσδυσης μεγάλης κλίμακας.
- Ορισμένες από αυτές τις χώρες ασχολούνται επίσης με τις ηθικές συνέπειες της ΤΝ στην εκπαίδευση. Συνεπώς, θεσπίζονται νέοι κανονισμοί για να διασφαλιστεί η χρήση της ΤΝ από ιδιωτικές εταιρείες όσον αφορά τις χρήσεις δεδομένων, την ιδιωτικότητα και τη διαφάνεια των τρόπων με τους οποίους σχεδιάζονται οι αλγόριθμοι.
- Στο πλαίσιο της δέσμευσης για την ανάπτυξη ενός σύνθετου οικοσυστήματος ΤΝ ως κοινού αγαθού, ορισμένες κυβερνήσεις αρχίζουν να διευρύνουν την δημόσια κατανόηση και τον δημόσιο διάλογο σχετικά με αυτά τα ζητήματα στο πλαίσιο ενός νέου δημοκρατικού ιδανικού.

Η συνεργασία δημόσιου και ιδιωτικού τομέα είναι μια άλλη σημαντική πτυχή της ενίσχυσης της εκπαίδευσης και της έρευνας στην ΤΝ. Οι συνεργασίες δεν θα πρέπει να περιορίζονται στη βιομηχανία και τον ακαδημαϊκό χώρο. Οι ενδοτομεακές συνεργασίες αποδεικνύονται εξίσου σημαντικές με τις συνεργασίες ακαδημαϊκού χώρου-βιομηχανίας. Οι συνεργασίες μεταξύ Πανεπιστημίων και ερευνητικών ιδρυμάτων ενθαρρύνουν τη συνεργατική έρευνα, η οποία μπορεί να επιταχύνει την ανάπτυξη εμπειρογνωμοσύνης στην ΤΝ.

7.2 Διασφάλιση της ένταξης και της ισότητας της Τεχνητής Νοημοσύνη στην εκπαίδευση

Ενώ η ΤΝ μπορεί να προσφέρει πολλές δυνατότητες, μπορεί επίσης να αποτελέσει μια ανατρεπτική τεχνολογία και μπορεί να ενισχύει τις υπάρχουσες ανισότητες και τα χάσματα, καθώς ο περιθωριοποιημένος πληθυσμός είναι πιο πιθανό να αποκλειστεί από την εκπαίδευση που βασίζεται στην ΤΝ. Το αποτέλεσμα είναι ένα νέο είδος ψηφιακού χάσματος: ένα χάσμα στη χρήση της γνώσης που βασίζεται σε δεδομένα για την ενημέρωση της έξυπνης λήψης αποφάσεων [101].

Η ισότητα και η ένταξη θα πρέπει να αποτελούν βασικές αξίες κατά τον σχεδιασμό πολιτικών για την ΤΝ στην εκπαίδευση. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής θα πρέπει επομένως να θέσουν πολλά ερωτήματα ένταξης και ισότητας κατά την ανάπτυξη των πολιτικών τους. Για παράδειγμα:

- Ποιες συνθήκες υποδομής είναι επείγουσες για να καταστεί δυνατή η ΤΝ στην εκπαίδευση;
- Τι έχουμε μάθει από προηγούμενες εμπειρίες για την οικοδόμηση βιώσιμων και δίκαιων συνθηκών για τα ψηφιακά δικαιώματα όσον αφορά την πρόσβαση στο Διαδίκτυο;
- Πώς μπορεί η ΤΝ να εξυπηρετήσει την εκπαίδευση που παρέχεται σε μειονεκτούσες ομάδες και πληθυσμούς;
- Πώς μπορεί η ψηφιακή εκπαίδευση και η ΤΝ να αναπτυχθούν ταχύτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες για να γεφυρωθεί το εκπαιδευτικό χάσμα μεταξύ πλούσιων και φτωχών μαθητευόμενων του κόσμου;
- Ποιες είναι οι καλές πρακτικές για την ΤΝ για τις γυναίκες και τα κορίτσια για να γεφυρωθούν τα χάσματα των φύλων;

Πρόσφατες μελέτες έχουν χαρτογραφήσει τα εμπόδια για την εισαγωγή της ΤΝ στην εκπαίδευση στις αναπτυσσόμενες χώρες. Τα κυριότερα περιλαμβάνουν α) τη διαθεσιμότητα του υλικού (hardware), β) τη διαθεσιμότητα του ηλεκτρικού ρεύματος, γ) την αξιοπιστία του Διαδικτύου, δ) το κόστος των δεδομένων, ε) τις βασικές δεξιότητες ΤΠΕ των μαθητευόμενων, στ) τη γλώσσα και ε) την έλλειψη πολιτισμικά κατάλληλου περιεχομένου [102]. Επιπλέον, περαιτέρω ανασκοπήσεις σχετικά με την εισαγωγή των Μεγάλων Δεδομένων στις αναπτυσσόμενες χώρες έχουν δείξει ότι η έλλειψη βασικών υποδομών δημιουργεί ένα νέο ψηφιακό χάσμα στη χρήση της γνώσης που βασίζεται σε δεδομένα για την τεκμηριωμένη και έξυπνη λήψη αποφάσεων [101].

7.3 Προετοιμασία των εκπαιδευτικών για την εκπαίδευση με τη χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης και προετοιμασία της Τεχνητής Νοημοσύνης για την κατανόηση της εκπαίδευσης

Δεν υπάρχουν ενδείξεις για υιοθέτηση σε ολόκληρο το σύστημα εφαρμογών που βασίζονται στην ΤΝ για τη διδασκαλία και τη μάθηση ή τη διαχείριση συστημάτων, παρόλο που η βιομηχανία εκπαιδευτικής τεχνολογίας δεν έχει ακόμη σταματήσει την παραγωγή νέων εξελίξεων. Το βασικό τους μειονέκτημα είναι ότι αντί να αντιμετωπίζουν τα υπάρχοντα προβλήματα και

ζητήματα που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί, προωθούν νέους τρόπους οργάνωσης της διδασκαλίας που συγκρούονται με τις κυρίαρχες παραδοσιακές πρακτικές, συχνά χωρίς αυστηρές αξιολογήσεις που να υποστηρίζουν τα υποτιθέμενα οφέλη των νέων λύσεων.

Επιπλέον, οι πλατφόρμες ανάλυσης μάθησης μπορούν να χρησιμοποιήσουν αλγόριθμους πρόβλεψης για να βοηθήσουν τους εκπαιδευτικούς να διαγνώσουν και να προβλέψουν τις μαθησιακές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητευόμενοί τους και, ως εκ τούτου, να εφαρμόσουν εξατομικευμένες παρεμβάσεις για να ανταποκριθούν σε αυτές τις δυσκολίες. Ωστόσο, ενώ οι αλγόριθμοι πρόβλεψης σίγουρα διευκολύνουν την ανάλυση και την ερμηνεία δεδομένων, αυτοί οι αλγόριθμοι δεν είναι αυτό που καθιστά τα συστήματα ανάλυσης μάθησης ισχυρά. Η αποτελεσματικότητα των συστημάτων ανάλυσης μάθησης έγκειται στη χρησιμότητα και τη συνάφειά τους με τους μαθητευόμενους και τους εκπαιδευτικούς. Η επεξεργασία των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο θα πρέπει να μεταφράζεται σε ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο, ταχύτερη παρέμβαση και εξατομικευμένη διδασκαλία. Ως εκ τούτου, οι εκπαιδευτικοί συνεχίζουν να διαδραματίζουν τον πρωταρχικό ρόλο. Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να έχουν επαρκή αυτονομία για να διαχειρίζονται τις αντίστοιχες ομάδες μαθητευόμενων (τάξεις) τους, βασισμένη στην ιδέα ότι είναι πιο εξοικειωμένοι με τις ανάγκες των μαθητευόμενων τους. Οι αυτοματοποιημένες αναλύσεις εξυπηρετούν αυτήν την αυτονομία μόνο εάν οι εκπαιδευτικοί έχουν την εξουσία να διαχειρίζονται την παροχή μάθησης. Εάν όχι, η εφαρμογή οποιουδήποτε εργαλείου που βασίζεται στην ΤΝ μπορεί να κάνει μόνο ένα όριο.

Επομένως, οι εκπαιδευτικοί θα παραμείνουν στην πρώτη γραμμή της εκπαίδευσης. Είναι λανθασμένο να λέγεται ότι η ΤΝ μπορεί να αντικαταστήσει τους εκπαιδευτικούς. Τα επιχειρήματα περί του αντιθέτου υποβιβάζουν το επάγγελμα του εκπαιδευτικού στην εκτέλεση αποκλειστικά γνωστικών και καθημερινών εργασιών, αγνοούν την έρευνα που τονίζει τη σημασία ενός ανθρώπινου μέντορα για την υποστήριξη της μαθησιακής διαδικασίας και παραμελούν τις δημιουργικές και κοινωνικο-συναισθηματικές πτυχές της διδασκαλίας, οι οποίες υπερβαίνουν την απλή μετάδοση γνώσης. Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί θα αποφασίσουν πώς και πότε θα ήταν σκόπιμο να χρησιμοποιούν εργαλεία με δυνατότητα ΤΝ. Ως εκ τούτου, η ανάπτυξη αυτών των εργαλείων που βασίζονται στην ΤΝ και η ενσωμάτωσή τους στην παροχή εκπαιδευτικών προγραμμάτων πρέπει να είναι μια συμμετοχική διαδικασία, σχεδιασμένη να «παρέχει την υποστήριξη που χρειάζονται οι εκπαιδευτικοί - όχι την υποστήριξη που οι τεχνολόγοι ή οι σχεδιαστές πιστεύουν ότι χρειάζονται» [103]. Ωστόσο, οι τεχνολογίες που βασίζονται στην ΤΝ παρέχουν ευκαιρίες για την αυτοματοποίηση ορισμένων καθημερινών και διοικητικών εργασιών, όπως η βαθμολόγηση και η τήρηση των αρχείων, τις οποίες εκτελούν επί του παρόντος οι εκπαιδευτικοί. Η αυτοματοποίηση τέτοιων εργασιών μπορεί να απελευθερώσει χρόνο των εκπαιδευτικών, επιτρέποντας ουσιαστικά στους εκπαιδευτικούς να αφιερώσουν περισσότερη ενέργεια στις δημιουργικές, ενσυναισθητικές και εμπνευσμένες πτυχές του επαγγέλματός τους.

Δεδομένης της ενδεχόμενης ευρείας χρήσης της ΤΝ, η εκπαίδευση των εκπαιδευτικών είναι επομένως μια κρίσιμη πτυχή της ενδυνάμωσης των εκπαιδευτικών ώστε να χρησιμοποιούν εκπαιδευτικά δεδομένα για τη βελτίωση της παιδαγωγικής. Για να είναι σε θέση να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά τις τεχνολογίες που βασίζονται στην ΤΝ, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει επίσης να αφομοιώσουν νέες ικανότητες, συγκεκριμένα [103]:

- Μια σαφής κατανόηση του πώς τα συστήματα με TN μπορούν να διευκολύνουν την παροχή μάθησης, ώστε να μπορούν να κάνουν ορθές αξιολογικές κρίσεις σχετικά με νέα εκπαιδευτικά προϊόντα TN.
- Δεξιότητες έρευνας και ανάλυσης δεδομένων, ώστε να μπορούν να ερμηνεύουν δεδομένα που παρέχονται από συστήματα με TN, να θέτουν χρήσιμες ερωτήσεις σχετικά με τα δεδομένα και να παρέχουν στους μαθητευόμενους ανατροφοδότηση με βάση τις γνώσεις που προκύπτουν από τα δεδομένα.
- Νέες δεξιότητες διαχείρισης, ώστε να μπορούν να διαχειρίζονται αποτελεσματικά τόσο τους ανθρώπινους όσο και τους πόρους TN που έχουν στη διάθεσή τους. Μια κριτική προοπτική στους τρόπους με τους οποίους η TN και οι ψηφιακές τεχνολογίες επηρεάζουν τις ανθρώπινες ζωές και τα νέα πλαίσια υπολογιστικής σκέψης και ψηφιακών δεξιοτήτων μπορούν να αυξήσουν τις ικανότητες των μαθητευόμενων να κατανοήσουν τη δύναμη, τους κινδύνους και τις δυνατότητες της TN.
- Να επιτρέψουν στους εκπαιδευτικούς να επωφεληθούν από την ανάληψη επαναλαμβανόμενων εργασιών από την TN για να φέρουν περισσότερες ανθρώπινες δυνατότητες για τις οποίες μπορεί να μην είχαν χρόνο πριν: καθοδήγηση, συναισθηματική υποστήριξη, διαπροσωπικές δεξιότητες, κλπ.
- Να βοηθήσουν τους μαθητευόμενους να αποκτήσουν εκείνες τις δεξιότητες και ικανότητες που είναι πιθανό να μην αντικατασταθούν από μηχανές.

Επομένως, τα προγράμματα κατάρτισης εκπαιδευτικών θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη αυτές τις νέες ικανότητες, τόσο σε ενδοϋπηρεσιακό όσο και σε προϋπηρεσιακό επίπεδο. Δεν πρέπει μόνο οι εκπαιδευτικοί να προετοιμαστούν για να κατανοήσουν και να αδράξουν τις νέες τεχνολογικές δυνατότητες που αναπτύσσει η ψηφιακή εκπαίδευση και η εκπαίδευση με τη χρήση TN. Η ιστορία των καινοτομιών στην εκπαίδευση είναι γεμάτη από χαμένες υποσχέσεις που δεν κατανοούν τον τρόπο εργασίας των εκπαιδευτικών και την κουλτούρα των σχολείων. Για να δημιουργήσουν νέες εκπαιδευτικές δυνατότητες, οι ειδικοί TN πρέπει να συμμετέχουν σε νέους διαλόγους με εκπαιδευτικούς, σχεδιαστές περιεχομένου και διεπιστημονικούς ειδικούς.

7.4 Ανάπτυξη ποιοτικών και χωρίς αποκλεισμούς συστημάτων δεδομένων

Δεδομένου ότι τα δεδομένα τροφοδοτούν την TN, τα πλήρη, αξιόπιστα και έγκαιρα δεδομένα αποτελούν σημαντική προϋπόθεση για την εγκατάσταση συστημάτων ανάλυσης δεδομένων με βελτιωμένη TN. Ένα πλήρως λειτουργικό σύστημα ανάλυσης δεδομένων με ολοκληρωμένα και ενημερωμένα δεδομένα ανοίγει δυνατότητες για αλγόριθμους πρόβλεψης και Μηχανικής Μάθησης με δυνατότητα TN. Τα δεδομένα επιτρέπουν την ανάπτυξη ευφυών συστημάτων. Χωρίς τα απαραίτητα δεδομένα, κανένα είδος αλγορίθμου, όσο εξελιγμένος κι αν είναι, δεν

μπορεί να λειτουργήσει σωστά. Ως εκ τούτου, ένα περιβάλλον πλούσιο σε δεδομένα αποτελεί προϋπόθεση για συστήματα με δυνατότητα TN.

Ωστόσο, η διαθεσιμότητα των δεδομένων είναι μια απαραίτητη αλλά ανεπαρκής συνθήκη. Συνεπώς, οποιοδήποτε σύστημα με δυνατότητα TN είναι τόσο καλό όσο τα δεδομένα που περιέχει. Άλλωστε, τα ανακριβή δεδομένα είναι πιθανό να κάνουν τους αλγόριθμους Μηχανικής Μάθησης να παράγουν λανθασμένα αποτελέσματα. Πράγματι, οι αλγόριθμοι πρόβλεψης μπορούν να κάνουν πλήρεις και ακριβείς προβλέψεις μόνο εάν τα δεδομένα που χειρίζονται είναι τα ίδια πλήρη και ακριβή. Επιπλέον, τα δεδομένα πρέπει επίσης να λαμβάνουν υπόψη τις ανισότητες, παρέχοντας πληροφορίες, για παράδειγμα, σχετικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα που αναλύονται ανάλογα με δημογραφικούς παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο και το κοινωνικοοικονομικό υπόβαθρο. Η δυνατότητα παραγωγής τέτοιων αναλύσεων επιτρέπει στα εκπαιδευτικά συστήματα να προσδιορίζουν το εκπαιδευτικό μειονέκτημα που βιώνουν συγκεκριμένοι περιθωριοποιημένοι ή ευάλωτοι πληθυσμοί.

Οι τεχνολογίες που βασίζονται στην TN παρέχουν ευκαιρίες για να καταστούν τα εκπαιδευτικά δεδομένα πιο χρήσιμα σε κάθε επίπεδο του εκπαιδευτικού συστήματος. Η μαθησιακή ανάλυση, για παράδειγμα, παρέχει στους εκπαιδευτικούς πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την ατομική πρόοδο και τα μαθησιακά πρότυπα των μαθητευόμενων ατόμων, επιτρέποντας έτσι στους πρώτους να κάνουν προσαρμογές σε πραγματικό χρόνο στην διδακτική τους προσέγγιση. Πρέπει, ωστόσο, να αναγνωριστεί ότι, ενώ οι τεχνολογίες για τη συλλογή δεδομένων πράγματι γίνονται ολοένα και πιο ισχυρές, το κόστος τους θα μπορούσε να είναι απαγορευτικά υψηλό. Ως εκ τούτου, το κόστος τέτοιων συστημάτων δεδομένων πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά και να σταθμιστεί έναντι των πιθανών οφελών.

7.5 Έρευνα για την Τεχνητή Νοημοσύνη στην εκπαίδευση

Ενώ μπορούμε εύλογα να αναμένουμε αυξημένη έρευνα για την TN στην εκπαίδευση τα επόμενα χρόνια, αξίζει επίσης να υπενθυμίσουμε τις δυσκολίες που αντιμετωπίζει ο εκπαιδευτικός τομέας στην αξιοποίηση της εκπαιδευτικής έρευνας με σημαντικό τρόπο για την πρακτική και τη χάραξη πολιτικής. Ο συγκεκριμένος τομέας της έρευνας για την εκπαιδευτική τεχνολογία καταδεικνύει σαφώς ότι αυτά που οι ερευνητές αναφέρουν ως βασικά ερευνητικά ερωτήματα, συχνά δεν σχετίζονται με τις ανάγκες των εκπαιδευτικών. Κατά την εξέταση του τρόπου με τον οποίο λαμβάνονται οι αποφάσεις σχετικά με τη χρήση της τεχνολογίας στην εκπαίδευση, είναι εντυπωσιακό το πόσο λίγα είναι γνωστά για τις επιπτώσεις της χρήσης της τεχνολογίας στην ποιότητα της σχολικής εκπαίδευσης και, πιο συγκεκριμένα, ποιες συγκεκριμένες χρήσεις της τεχνολογίας μπορούν να οδηγήσουν σε καλύτερη μάθηση.

Υπάρχει μεγάλη ανάγκη να υποστηριχθούν οι εφαρμογές TN στην εκπαίδευση με τρόπους που συμβάλλουν στην καλύτερη προσαρμογή των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων στις ανάγκες και τις δραστηριότητες μιας κοινωνίας με την TN. Για να γίνει αυτό αποτελεσματικά δεν είναι μόνο θέμα χρηματοδότησης, αλλά και παρακολούθησης και αξιολόγησης του τι λειτουργεί στην εκπαίδευση, διαδίδοντάς το με τρόπους που είναι ουσιαστικοί για τους εκπαιδευτικούς και κατάλληλοι για κλιμάκωση. Το εκκρεμές ζήτημα του πώς η χρήση της TN σχετίζεται με την

εκπαιδευτική απόδοση μπορεί να διερευνηθεί μέσω συσχετίσεων και θα γίνει ακόμη περισσότερο στο μέλλον, αλλά θα πρέπει να διεξαχθεί συνοδευτική εμπειρική έρευνα και πειράματα, ώστε να δημιουργηθεί μια χρήσιμη βάση γνώσεων. Αντί να ισχυριζόμαστε ότι πρέπει να γίνει περισσότερη έρευνα, το συμπέρασμα είναι ότι η έρευνα πρέπει να προσανατολιστεί διαφορετικά. Είναι γνωστό ότι η υιοθέτηση μιας καινοτομίας εξαρτάται ουσιαστικά από τις αντιλήψεις των τελικών χρηστών για τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής μιας νέας στρατηγικής σε σχέση με αυτό που χρησιμοποιούν αυτήν τη στιγμή. Εφαρμόζοντας αυτήν την αρχή στο συγκεκριμένο παράδειγμα τεχνολογίας στην εκπαίδευση, θα μπορούσε να αναμένεται ότι η ΤΝ μπορεί να υποστηρίξει τον σχεδιασμό νέων στρατηγικών για την επίτευξη των ακόλουθων:

- Μαθαίνουν καλύτερα, δηλ. με πιο εξατομικευμένο τρόπο,
- μαθαίνουν περισσότερα, δηλ. επιτυγχάνουν καλύτερα αποτελέσματα από τη μάθηση,
- μαθαίνουν διαφορετικά πράγματα, δηλ. επιτυγχάνουν μαθησιακούς στόχους που μόνο η τεχνολογία μπορεί να επιτρέψει.

7.6 Δεοντολογία και διαφάνεια στη συλλογή, τη χρήση και τη διάδοση των δεδομένων

Τα ηθικά διλήμματα που προκύπτουν από τη συλλογή, την παραγωγή, την ανάλυση και τη διάδοση των δεδομένων μεγάλης κλίμακας σχετικά με άτομα αποτελούν μια άλλη σημαντική παράμετρο στην ανάπτυξη οποιουδήποτε συντονισμένου πλαισίου πολιτικής για την ΤΝ. Πρέπει, ωστόσο, να σημειωθεί ότι η προσπάθεια κατανόησης των ηθικών επιπτώσεων των νέων τεχνολογιών δεν αποτελεί σε καμία περίπτωση νέα επιδίωξη. Τα τελευταία 30 χρόνια, μελετητές και επαγγελματίες έχουν επιδιώξει να ορίσουν κάποια μορφή ηθικής των υπολογιστών ή των πληροφοριών.

Ενώ η ΤΝ έχει πολλές θετικές εφαρμογές, υπάρχουν επίσης κοινωνικές και ηθικές ανησυχίες που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Οι περισσότεροι άνθρωποι έχουν τουλάχιστον διαβάσει κάτι για τα συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης που κάνουν άδικες διακρίσεις, λαμβάνουν αποφάσεις που επηρεάζουν τη ζωή με αδιαφανή τρόπο, είναι έτοιμα να πάρουν όλες τις δουλειές μας και είναι έτοιμα να αποσπάσουν τον έλεγχο από τους ανθρώπους. Ενώ δεν υπάρχει λόγος πανικού, όλες αυτές οι ανησυχίες θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όταν η ΤΝ εφαρμόζεται μαζικά στις κοινωνίες μας και ειδικά επειδή η τεχνολογία βελτιώνεται γρήγορα στο βαθμό που αυτό που είναι αδύνατο σήμερα θα μπορούσε να είναι δυνατό αύριο [104].

Πώς επηρεάζουν αυτές οι ανησυχίες για την ΤΝ την εκπαίδευση και ιδιαίτερα την ψηφιακή εκπαίδευση; Ακολουθεί μια εξήγηση για το πώς αυτές οι ανησυχίες μπορεί να προκύψουν από εκπαιδευτική άποψη.

- Πρόσβαση σε εκπαιδευτικά συστήματα. Όλο και περισσότερα εκπαιδευτικά ιδρύματα χρησιμοποιούν αλγόριθμους Μηχανικής Μάθησης για την αποδοχή ή την απόρριψη φοιτητών. Δύο πιθανά προβλήματα με αυτήν την προσέγγιση περιλαμβάνουν:

- Έλλειψη εξηγησιμότητας. Ορισμένες τεχνικές Μηχανικής Μάθησης (π.χ. Βαθιά Μάθηση) δεν μπορούν εύκολα να εξηγήσουν γιατί ορισμένοι μαθητευόμενοι γίνονται δεκτοί σε ένα πρόγραμμα σπουδών, ενώ άλλοι απορρίπτονται. Πρέπει ένας μαθητευόμενος που έχει απορριφθεί να έχει το δικαίωμα να κατανοήσει αυτούς τους λόγους;
- Άδικες διακρίσεις. Όταν οι αλγόριθμοι Μηχανικής Μάθησης εκπαιδεύονται σε ένα συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων, τότε το αποτέλεσμα μπορεί να μην είναι άμεσα εφαρμόσιμο σε άλλα μέρη του κόσμου. Το σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης μπορεί να είναι προκατειλημμένο προς μια συγκεκριμένη ομάδα και επομένως μπορεί να κάνει άδικες διακρίσεις όταν χρησιμοποιείται σε διαφορετική ομάδα.
- Συστάσεις προς μεμονωμένους μαθητευόμενους. Όπως και στο προηγούμενο σημείο, εάν οι συστάσεις είναι «Μηχανικής Μάθησης» με βάση ένα μεγάλο σύνολο προηγούμενων δεδομένων, η προκύπτουσα σύσταση μπορεί να μην είναι επαρκής για διαφορετική ομάδα-στόχο. Φυσικά, εάν οι συστάσεις βασίζονται στο ατομικό ιστορικό μάθησης του μαθητευόμενου ατόμου, τότε αυτό το πρόβλημα δεν υπάρχει.
- Συγκέντρωση προσωπικών δεδομένων. Σε περίπτωση που -όπως και στον ψηφιακό κόσμο- οι εκπαιδευτικές πλατφόρμες θα ανήκουν σε λίγους σημαντικούς παίκτες στον κόσμο, προκύπτουν δύο ανησυχίες:
 - Η συγκέντρωση προσωπικών πληροφοριών (μαθητευόμενων και εκπαιδευτικών), η οποία μπορεί να δημιουργήσει κίνδυνο για την ιδιωτικότητα. Οι μεγάλες συγκεντρώσεις προσωπικών δεδομένων αποτελούν ελκυστικό στόχο για τους εγκληματίες του κυβερνοχώρου
 - Οι κυρίαρχες πλατφόρμες θα μπορούσαν να δημιουργήσουν μονοπώλια δεδομένων, περιορίζοντας την αγορά στην ικανότητα ανάπτυξης των καλύτερων αλγορίθμων. Αυτό θα τους έδινε μεγάλο βαθμό ισχύος και θα αύξανε επίσης την ανησυχία για την «εξηγησιμότητα» όταν αυτοί οι «καλύτεροι» αλγόριθμοι λαμβάνουν την πλειονότητα των εκπαιδευτικών αποφάσεων για τις μαθησιακές πορείες των μαθητευόμενων.
- Ευθύνη. Τι συμβαίνει εάν οι αυτοματοποιημένες αποφάσεις που καθοδηγούν τους μαθητευόμενους στη μαθησιακή τους διαδικασία αποδειχθούν λανθασμένες; Ποιος ή τι είναι υπεύθυνο και υπόλογο; Ο ιδιοκτήτης της πλατφόρμας; Ο εκπαιδευτικός που έχει ανατεθεί; Ο αλγόριθμος;
- Επιπτώσεις στην εργασία. Εάν τα συστήματα ΤΝ αυτοματοποιήσουν ολοένα και περισσότερες εργασίες που εκτελούνται κανονικά από εκπαιδευτικούς, τι συμβαίνει με τις εργασίες τους; Τα συστήματα ΤΝ μπορούν να αξιολογήσουν το αρχικό επίπεδο του μαθητευόμενου, να τον καθοδηγήσουν στο μάθημα με βάση τη συλλογική νοημοσύνη σε συνδυασμό με την ατομική εμπειρία, να αξιολογήσουν αυτόματα τα αποτελέσματα των εξετάσεων, ακόμη και να αυτοματοποιήσουν την αλληλεπίδραση μαθητευόμενου-εκπαιδευτικού χρησιμοποιώντας chatbots και τεχνικές Επεξεργασίας Φυσικής Γλώσσας.

Ενώ αυτές οι ανησυχίες πρέπει να αντιμετωπιστούν, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι χωρίς τη χρήση της ΤΝ στην εκπαίδευση, το αποτέλεσμα μπορεί να είναι πολύ χειρότερο. Καταρχάς, η ΤΝ μπορεί να αυτοματοποιήσει πολλές μηχανικές, επαναλαμβανόμενες και βαρετές εργασίες και αυτό δίνει στους ανθρώπινους εκπαιδευτικούς περισσότερο χρόνο για πιο σύνθετες υποθέσεις, αξιοποιώντας την ανθρώπινη αλληλεπίδραση και διασφαλίζοντας ότι περισσότεροι μαθητευόμενοι θα επιτύχουν. Μια άλλη θετική πτυχή είναι ότι η ΤΝ στην Εκπαίδευση μπορεί να βοηθήσει στην αναβάθμιση των δεξιοτήτων του εργατικού δυναμικού ώστε να γίνει έτοιμο για την ΤΝ. Οι εργαζόμενοι των οποίων οι θέσεις εργασίας θα επηρεαστούν περισσότερο από τον αυτοματισμό της ΤΝ έχουν την ευκαιρία να εκπαιδευτούν στις δεξιότητες που απαιτούνται για να εργάζονται παράλληλα με συστήματα ΤΝ.

Το απόρρητο και η ασφάλεια των δεδομένων εμφανίζονται σχεδόν αμέσως στις συζητήσεις σχετικά με την ηθική των δεδομένων. Η κύρια πρόκληση έγκειται στη δυνατότητα χρήσης των προσωπικών δεδομένων, διασφαλίζοντας παράλληλα ότι προστατεύονται οι προσωπικά αναγνωρίσιμες πληροφορίες και οι ατομικές προτιμήσεις απορρήτου. Η εγκατάσταση των απαραίτητων διασφαλίσεων για την αποτροπή της κλοπής δεδομένων είναι επίσης κρίσιμη. Στην εκπαίδευση, αυτό καθίσταται ακόμη πιο δύσκολο στο πλαίσιο των νέων μαθητευόμενων, οι οποίοι, από νομικής άποψης, δεν μπορούν ακόμη να δώσουν ρητή συγκατάθεση σχετικά με τη συλλογή και χρήση των προσωπικών τους δεδομένων.

Συνοψίζοντας, τα ηθικά ζητήματα που συζητήθηκαν παραπάνω υποδηλώνουν μια σαφή ανάγκη για πλαίσια πολιτικής για τη χρήση της ΤΝ στην εκπαίδευση που να ενσωματώνουν έναν ηθικό προσανατολισμό. Η συλλογή και χρήση ατομικών δεδομένων, ακόμη και όταν χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της μάθησης, θα πρέπει πάντα να βασίζεται στη ρητή και ενημερωμένη συναίνεση, τη διαφάνεια, την ισότητα και την αμεροληψία [105].

Κεφάλαιο 8

Συμπεράσματα

Με την παρούσα πτυχιακή εργασία αναδείχθηκε το πόσο σημαντική είναι η συμβολή της ΤΝ στη διαμόρφωση της σύγχρονης εκπαιδευτικής διαδικασίας. Πλέον η εκπαίδευση δεν περιορίζεται σε ένα ενιαίο, στατικό μοντέλο διδασκαλίας, αλλά έχει τη δυνατότητα να προσαρμόζεται στις ανάγκες, τις δυνατότητες και τα ενδιαφέροντα του κάθε μαθητευόμενου ξεχωριστά. Η εξατομικευμένη μάθηση, που μέχρι πριν από λίγα χρόνια θεωρούνταν δύσκολο να εφαρμοστεί σε μαζικό επίπεδο, σήμερα γίνεται εφικτή χάρη στις τεχνικές και τις εφαρμογές που προσφέρει η χρήση της ΤΝ.

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκαν παραδείγματα εκπαιδευτικών πλατφορμών, όπως τα ALEKS, Realizeit, Smart Sparrow, αλλά και εφαρμογών ευρείας χρήσης όπως τα Duolingo, Socratic, ChatGPT Edu και Khanmigo αποδεικνύοντας ότι η τεχνολογία αυτή δεν είναι απλώς ένα εργαλείο του μέλλοντος, αλλά ήδη χρησιμοποιείται με αρκετά μεγάλη επιτυχία. Μέσα από τέτοιου είδους εφαρμογές, τα μαθητευόμενα άτομα μπορούν να μαθαίνουν με τον δικό τους ρυθμό, να λαμβάνουν άμεση ανατροφοδότηση και να ενισχύουν την αυτοπεποίθησή τους. Έτσι, η μάθηση γίνεται πιο άμεση, ζωντανή, αποτελεσματική και προσιτή.

Επιπλέον, στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν και αναδυόμενες τεχνολογίες στον κλάδο της ΤΝ στην εκπαίδευση, όπως ο βιοαισθητήρας ηλεκτροεγκαταγραφής, η εικονική εποπτεία, ο ψηφιακός δίδυμος, κ.ά. Αυτές οι καινοτόμες τεχνολογίες δείχνουν την κατεύθυνση προς μια εκπαίδευση που δεν θα περιορίζεται μόνο στο περιεχόμενο, αλλά θα λαμβάνει υπόψη της ακόμη και τα συναισθήματα, τη συγκέντρωση και την αλληλεπίδραση των μαθητευόμενων με το περιβάλλον του. Αν και αρκετές από αυτές τις τεχνολογίες βρίσκονται ακόμα σε πειραματικό στάδιο, δεν υπάρχει αμφιβολία ότι στο μέλλον θα παίξουν καθοριστικό και κρίσιμο ρόλο στον κλάδο της εκπαίδευσης.

Ωστόσο, ο δρόμος για μια εκπαίδευση βασισμένη στην ΤΝ δεν είναι στρωμένος με ροδοπέταλα, καθώς συνοδεύεται από σοβαρές προκλήσεις. Η προστασία των προσωπικών δεδομένων των μαθητευόμενων, η ισότιμη πρόσβαση σε ψηφιακά εργαλεία, η αποφυγή κοινωνικών ανισοτήτων, αλλά και η σωστή προετοιμασία των εκπαιδευτικών αποτελούν παράγοντες που πρέπει να αντιμετωπιστούν με υπευθυνότητα. Αν δεν υπάρξει προσοχή σε αυτά τα ζητήματα, υπάρχει σοβαρός κίνδυνος η ΤΝ να ενισχύσει τις ανισότητες αντί να τις μειώσει.

Παρόλα αυτά, παρά τις δυσκολίες, τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την ενσωμάτωση της ΤΝ στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι σημαντικά, όπως η εξατομίκευση της μάθησης, η ενίσχυση της συμμετοχής των μαθητευόμενων, η δυνατότητα συνεχούς παρακολούθησης της προόδου και η βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων. Η ΤΝ δεν μπορεί και δεν πρέπει να αντικαταστήσει τον ρόλο του εκπαιδευτικού, μπορεί όμως να τον ενισχύσει ουσιαστικά, παρέχοντάς του εργαλεία που θα του επιτρέψουν να αφιερώσει περισσότερο χρόνο στη δημιουργική και ουσιαστική πλευρά της διδασκαλίας, αποδεσμεύοντας παράλληλα από γραφειοκρατικές δουλειές.

Κλείνοντας, η παρούσα πτυχιακή εργασία κατέδειξε ότι η ΤΝ είναι ήδη ένας βασικός μοχλός αλλαγής στον κλάδο της εκπαίδευσης. Η εξατομικευμένη μάθηση, που αποτελεί και τον πυρήνα της μελέτης, δεν είναι απλώς μια θεωρητική προσέγγιση, αλλά μια πρακτική δυνατότητα που έχει αρχίσει να υλοποιείται σε διάφορες μορφές και βαθμίδες εκπαίδευσης. Το μέλλον της εκπαίδευσης φαίνεται πως θα βασίζεται σε μια συνεργασία ανθρώπου και τεχνολογίας. Ο εκπαιδευτικός θα παραμένει καθοδηγητής, μέντορας και υποστηρικτής, ενώ η ΤΝ θα προσφέρει τα μέσα για να εξατομικεύεται η εμπειρία μάθησης και να γίνεται πιο αποτελεσματική για όλους, μαθητευόμενους και εκπαιδευτικούς.

Πράγματι, έχουν υπάρξει πολλαπλές αντιδράσεις στις αλλαγές που συνοδεύουν την άνοδο της ΤΝ σε διάφορους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, όπως και στην εκπαίδευση. Ωστόσο, η ΤΝ δεν θα πρέπει να θεωρηθεί ως απειλή αλλά ως ευκαιρία. Αν αξιοποιηθεί με σωστό τρόπο και με σεβασμό στις αξίες της εκπαίδευσης, μπορεί να συμβάλει θετικά τόσο στην εκπαιδευτική διαδικασία, όσο και σε ολόκληρη την κοινωνία, κάνοντάς την πιο δίκαιη και πιο δημιουργική. Το στοίχημα του μέλλοντος δεν είναι απλώς να χρησιμοποιούμε την τεχνολογία, αλλά να τη χρησιμοποιούμε με τρόπο που να υπηρετεί τον άνθρωπο και να κάνει τη μάθηση πραγματικά προσιτή σε όλους τους ανθρώπους, ανεξαιρέτως φύλου, ηλικίας, καταγωγής, κ.ά.

Βιβλιογραφία

- [1] F. Zhang, X. Wang και X. Zhang, “Applications of deep learning method of artificial intelligence in education”, *Education and Information Technologies*, τόμ. 30, αρθμ. 2, σσ. 1563–1587, 2025.
- [2] M. M. Akter Semi, M. B. Uddin, S. Sultana, M. Tamanna, A. Uddin και K. R. Ahmed, “AI-Driven Education: Integrating Machine Learning and NLP to Transform Child Learning Systems.”, *International Journal of Advanced Computer Science & Applications*, τόμ. 16, αρθμ. 6, 2025.
- [3] C. D. Dziuban, P. D. Moskal, J. Cassisi και A. Fawcett, “Adaptive learning in psychology: Wayfinding in the Digital age.”, *Online Learning*, τόμ. 20, αρθμ. 3, σσ. 74–96, 2016.
- [4] D. L. Taylor, M. Yeung και A. Bashet, “Personalized and adaptive learning”, στο *Innovative learning environments in STEM higher education: Opportunities, Challenges, and Looking Forward*, Springer International Publishing Cham, 2021, σσ. 17–34.
- [5] A. Oni, “AI-Powered Intelligent Tutoring Systems: A Review of Effectiveness and Challenges”, *Role of AI in Enhancing Teaching/Learning, Research and Community Service in Higher Education*,
- [6] J. S. Groff, “Personalized learning: The state of the field & future directions”, *Center for Curriculum Redesign*, τόμ. 47, σσ. 1–44, 2017.
- [7] T. Cavanagh, B. Chen, R. A. M. Lahcen και J. R. Paradiso, “Constructing a design framework and pedagogical approach for adaptive learning in higher education: A practitioner’s perspective”, *International review of research in open and distributed learning*, τόμ. 21, αρθμ. 1, σσ. 173–197, 2020.
- [8] Educause Learning Initiative (2017), *7 things you should know about Adaptive Learning*. επίσκεψη 6 Αύγ. 2025. διεύθν.: <https://library.educause.edu/resources/2017/1/7-things-you-should-know-about-adaptive-learning>
- [9] New Media Consortium (2018) NMC, *Horizon Report: 2018 Higher Education Edition*. επίσκεψη 6 Αύγ. 2025. διεύθν.: <https://library.educause.edu/resources/2018/8/2018-nmc-horizon-report>
- [10] L. Pugliese, “Adaptive learning systems: Surviving the storm”, *EDUCAUSE Review (Online)*, 2016.
- [11] A. Mavroudi, M. Giannakos και J. Krogstie, “Supporting adaptive learning pathways through the use of learning analytics: developments, challenges and future opportunities”, *Interactive Learning Environments*, τόμ. 26, αρθμ. 2, σσ. 206–220, 2018.

- [12] A. Paramythis και S. Loidl-Reisinger, “Adaptive learning environments and e-learning standards”, *Electronic Journal of E-learning*, τόμ. 2, αρθμ. 1, pp174–187, 2004.
- [13] M. C. Murray και J. Pérez, “Informing and performing: A study comparing adaptive learning to traditional learning”, *Informing Science: The International Journal of an Emerging Transdiscipline*, τόμ. 18, σ. 111, 2015.
- [14] C.-J. Lin και H. Mubarak, “Learning analytics for investigating the mind map-guided AI chatbot approach in an EFL flipped speaking classroom”, *Educational Technology & Society*, τόμ. 24, αρθμ. 4, σσ. 16–35, 2021.
- [15] E. Elbasi, M. Nadeem, Y. I. Alzoubi, A. E. Topcu και G. Varghese, “Machine Learning in Education: Innovations, Impacts, and Ethical Considerations”, *IEEE Access*, 2025.
- [16] Y. Choi και C. McClenen, “Development of adaptive formative assessment system using computerized adaptive testing and dynamic bayesian networks”, *Applied Sciences*, τόμ. 10, αρθμ. 22, σ. 8196, 2020.
- [17] N. Singh, V. K. Gunjan, A. K. Mishra, R. K. Mishra και N. Nawaz, “SeisTutor: a custom-tailored intelligent tutoring system and sustainable education”, *Sustainability*, τόμ. 14, αρθμ. 7, σ. 4167, 2022.
- [18] A. Robert, K. Potter και L. Frank, “The impact of artificial intelligence on students’ learning experience”, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, τόμ. 2, αρθμ. 01, σσ. 75–84, 2024.
- [19] S. Banjade, H. Patel, S. Pokhrel κ.ά., “Empowering education by developing and evaluating generative AI-Powered tutoring system for enhanced student learning”, *Journal of Artificial Intelligence and Capsule Networks*, τόμ. 6, αρθμ. 3, σσ. 278–298, 2024.
- [20] S. Feuerriegel, J. Hartmann, C. Janiesch και P. Zschech, “Generative ai”, *Business & Information Systems Engineering*, τόμ. 66, αρθμ. 1, σσ. 111–126, 2024.
- [21] OpenAI, *ChatGPT*. επίσκεψη 7 Αύγ. 2025. διεύθν.: <https://chatgpt.com/>
- [22] Microsoft, *Copilot*. επίσκεψη 7 Αύγ. 2025. διεύθν.: <https://copilot.microsoft.com/chats/SLk7KS5ek3wyE4aEgDzYt>
- [23] A. Alam, “Should robots replace teachers? Mobilisation of AI and learning analytics in education”, στο *2021 International conference on advances in computing, communication, and control (ICAC3)*, IEEE, 2021, σσ. 1–12.
- [24] K. Chowdhary, “Natural language processing”, *Fundamentals of artificial intelligence*, σσ. 603–649, 2020.
- [25] Y. Chang κ.ά., “A survey on evaluation of large language models”, *ACM transactions on intelligent systems and technology*, τόμ. 15, αρθμ. 3, σσ. 1–45, 2024.
- [26] I. Gligorea, M. Cioca, R. Oancea, A.-T. Gorski, H. Gorski και P. Tudorache, “Adaptive learning using artificial intelligence in e-learning: A literature review”, *Education Sciences*, τόμ. 13, αρθμ. 12, σ. 1216, 2023.
- [27] P. D. Simon και L. M. Zeng, “Behind the scenes of adaptive learning: A scoping review of teachers’ perspectives on the use of adaptive learning technologies”, *Education Sciences*, τόμ. 14, αρθμ. 12, σ. 1413, 2024.

- [28] Adams Becker SA, Cummins M, Davis A, Freeman A, Hall C, Ananthanarayanan V (2017) NMC, *Horizon Report: 2017 Higher Education Edition*. επίσκεψη 6 Αύγ. 2025. διεύθν.: <https://library.educause.edu/resources/2017/2/2017-horizon-report>
- [29] B. Alexander κ.ά., “Horizon report 2019 higher education edition”, EDU19, αδημοσίευτη ερευνητική εργασία, 2019.
- [30] P. C. d. Oliveira, C. J. C. d. A. Cunha και M. K. Nakayama, “Learning Management Systems (LMS) and e-learning management: an integrative review and research agenda”, *JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management*, τόμ. 13, αρθμ. 2, σσ. 157–180, 2016.
- [31] W. Strielkowski, V. Grebennikova, A. Lisovskiy, G. Rakhimova και T. Vasileva, “AI-driven adaptive learning for sustainable educational transformation”, *Sustainable Development*, τόμ. 33, αρθμ. 2, σσ. 1921–1947, 2025.
- [32] O. Ogunkunle και Y. Qu, “A data mining based optimization of selecting learning material in an intelligent tutoring system for advancing STEM education”, στο *2020 International conference on computational science and computational intelligence (CSCI)*, IEEE, 2020, σσ. 904–909.
- [33] K. Silva, R. Induwara, M. Wimukthi, S. Poornika, U. S. S. S. Arachchillage και T. Jayalath, “E-tutor: Comprehensive student productivity management system for education”, στο *2022 4th International conference on advancements in computing (ICAC)*, IEEE, 2022, σσ. 108–113.
- [34] T. Atapattu και K. Falkner, “A framework for topic generation and labeling from MOOC discussions”, στο *Proceedings of the third (2016) ACM conference on learning@ scale*, 2016, σσ. 201–204.
- [35] L. Tobarra, A. Utrilla, A. Robles-Gomez, R. Pastor-Vargas και R. Hernandez, “A cloud game-based educative platform architecture: The cyberscratch project”, *Applied Sciences*, τόμ. 11, αρθμ. 2, σ. 807, 2021.
- [36] F. Ouyang, M. Wu, L. Zheng, L. Zhang και P. Jiao, “Integration of artificial intelligence performance prediction and learning analytics to improve student learning in online engineering course”, *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, τόμ. 20, αρθμ. 1, σ. 4, 2023.
- [37] J.-X. Weng, A. Y. Huang, O. H. Lu, I. Y. Chen και S. J. Yang, “The implementation of precision education for learning analytics”, στο *2020 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, IEEE, 2020, σσ. 327–332.
- [38] M. Afzaal κ.ά., “Automatic and intelligent recommendations to support students’ self-regulation”, στο *2021 International conference on advanced learning technologies (ICALT)*, IEEE, 2021, σσ. 336–338.
- [39] F. D. Pereira κ.ά., “Early dropout prediction for programming courses supported by online judges”, στο *International conference on artificial intelligence in education*, Springer, 2019, σσ. 67–72.
- [40] McGraw Hill ALEKS, *ALEKS*. επίσκεψη 7 Αύγ. 2025. διεύθν.: https://www.aleks.com/?_s=1756482149761604

- [41] Realizeit, *Realizeit*. επίσκεψη 7 Αύγ. 2025. διεύθυν.: <https://www.realizeitlearning.com/>
- [42] Smart Sparrow, *Smart Sparrow*. επίσκεψη 7 Αύγ. 2025. διεύθυν.: <https://www.smartsparrow.com/>
- [43] J.-P. Doignon και J.-C. Falmagne, “Knowledge spaces and learning spaces”, *arXiv preprint arXiv:1511.06757*, τόμ. 54, 2015.
- [44] J. R. Anderson και B. J. Reiser, “The LISP tutor”, *Byte*, τόμ. 10, αρθμ. 4, σσ. 159–175, 1985.
- [45] Cognitive Tutor, *Cognitive Tutor*. επίσκεψη 7 Αύγ. 2025. διεύθυν.: <https://www.carnegielearning.com/pages/whitepaper-report/the-cognitive-tutor-applying-cognitive-science-to-education/>
- [46] AutoTutor, *AutoTutor*. επίσκεψη 7 Αύγ. 2025. διεύθυν.: <https://autotutor.org/>
- [47] Codementor, *LISP Tutor*. επίσκεψη 16 Σεπτ. 2025. διεύθυν.: <https://www.codementor.io/tutors/lisp>
- [48] Google, *Socratic*. επίσκεψη 7 Αύγ. 2025. διεύθυν.: <https://lens.google/#cta-section>
- [49] Khan Academy, *Khanmigo*. επίσκεψη 7 Αύγ. 2025. διεύθυν.: <https://www.khanmigo.ai/>
- [50] Duolingo, *Duolingo*. επίσκεψη 7 Αύγ. 2025. διεύθυν.: <https://www.duolingo.com/>
- [51] OpenAI, *ChatGPT Edu*. επίσκεψη 7 Αύγ. 2025. διεύθυν.: <https://openai.com/index/introducing-chatgpt-edu/>
- [52] Quizlet, *Quizlet*. επίσκεψη 7 Αύγ. 2025. διεύθυν.: <https://quizlet.com/mission/>
- [53] Coursera, *Coursera*. επίσκεψη 7 Αύγ. 2025. διεύθυν.: <https://www.coursera.org/>
- [54] A. M. Alshamsi, H. El-Kassabi, M. A. Serhani και C. Bouhaddioui, “A multi-criteria decision-making (MCDM) approach for data-driven distance learning recommendations”, *Education and Information Technologies*, τόμ. 28, αρθμ. 8, σσ. 10 421–10 458, 2023.
- [55] X. Zhang, Y. Shang, Y. Ren και K. Liang, “Dynamic multi-objective sequence-wise recommendation framework via deep reinforcement learning”, *Complex & Intelligent Systems*, τόμ. 9, αρθμ. 2, σσ. 1891–1911, 2023.
- [56] B. Li κ.ά., “A personalized recommendation framework based on MOOC system integrating deep learning and big data”, *Computers and Electrical Engineering*, τόμ. 106, σ. 108 571, 2023.
- [57] H. Ezaldeen, S. K. Bisoy, R. Misra και R. Alatrash, “Semantics aware intelligent framework for content-based e-learning recommendation”, *Natural Language Processing Journal*, τόμ. 3, σ. 100 008, 2023.
- [58] T. Ingkavara, P. Panjaburee, N. Srisawasdi και S. Sajjapanroj, “The use of a personalized learning approach to implementing self-regulated online learning”, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, τόμ. 3, σ. 100 086, 2022.
- [59] Q. Li και J. Kim, “A deep learning-based course recommender system for sustainable development in education”, *Applied Sciences*, τόμ. 11, αρθμ. 19, σ. 8993, 2021.

- [60] S. Wan και Z. Niu, “A hybrid e-learning recommendation approach based on learners’ influence propagation”, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, τόμ. 32, αρθμ. 5, σσ. 827–840, 2019.
- [61] M. E. Ibrahim, Y. Yang, D. L. Ndzi, G. Yang και M. Al-Maliki, “Ontology-based personalized course recommendation framework”, *IEEE Access*, τόμ. 7, σσ. 5180–5199, 2018.
- [62] S. Wan και Z. Niu, “An e-learning recommendation approach based on the self-organization of learning resource”, *Knowledge-Based Systems*, τόμ. 160, σσ. 71–87, 2018.
- [63] H. Zhu, Y. Ni, F. Tian, P. Feng, Y. Chen και Q. Zheng, “A group-oriented recommendation algorithm based on similarities of personal learning generative networks”, *IEEE Access*, τόμ. 6, σσ. 42 729–42 739, 2018.
- [64] S. Guha, R. Rastogi και K. Shim, “CURE: An efficient clustering algorithm for large databases”, *ACM Sigmod record*, τόμ. 27, αρθμ. 2, σσ. 73–84, 1998.
- [65] D. Gm, R. Goudar, A. A. Kulkarni, V. N. Rathod και G. S. Hukkeri, “A digital recommendation system for personalized learning to enhance online education: A review”, *IEEE Access*, τόμ. 12, σσ. 34 019–34 041, 2024.
- [66] F. Fages, “On Teaching Constraint-based Modeling and Algorithms for Decision Support in Prolog”, στο *PEG 2024-The Second Prolog Education Workshop at ICLP 2024*, 2024.
- [67] Y. Cho, R. E. AlMamlook και T. Gharaibeh, “A Systematic Review of Knowledge Tracing and Large Language Models in Education: Opportunities, Issues, and Future Research”, *arXiv preprint arXiv:2412.09248*, 2024.
- [68] F. Reinhold, T. Leuders, K. Loibl, M. Nückles, M. Beege και J. M. Boelmann, “Learning mechanisms explaining learning with digital tools in educational settings: A cognitive process framework”, *Educational Psychology Review*, τόμ. 36, αρθμ. 1, σ. 14, 2024.
- [69] B. Wu, Y.-N. He, Y. Song και H.-H. Li, “Fostering critical thinking in higher education: an intelligent dialogue-based approach empowered by conversational AI”, *Interactive Learning Environments*, σσ. 1–18, 2025.
- [70] B. Memarian και T. Doleck, “A scoping review of reinforcement learning in education”, *Computers and Education Open*, τόμ. 6, σ. 100 175, 2024.
- [71] C. G. Demartini, L. Sciascia, A. Bosso και F. Manuri, “Artificial intelligence bringing improvements to adaptive learning in education: A case study”, *Sustainability*, τόμ. 16, αρθμ. 3, σ. 1347, 2024.
- [72] X. Feixiang, “Intelligent personalized recommendation method based on optimized collaborative filtering algorithm in primary and secondary education resource system”, *IEEE Access*, τόμ. 12, σσ. 28 860–28 872, 2024.
- [73] P. K. Bansal και M. Ahmed, “Fuzzy logic-based analysis of student behavior patterns in educational environments”, στο *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing LLC, τόμ. 3224, 2025, σ. 020 047.
- [74] W. Holmes και I. Tuomi, “State of the art and practice in AI in education”, *European journal of education*, τόμ. 57, αρθμ. 4, σσ. 542–570, 2022.

- [75] O. Bulut, J. Shin, S. N. Yildirim-Erbasli, G. Gorgun και Z. A. Pardos, “An introduction to Bayesian knowledge tracing with pyBKT”, *Psych*, τόμ. 5, αρθμ. 3, σσ. 770–786, 2023.
- [76] Y. Shi, M. Chi, T. Barnes και T. Price, “Evaluating multi-knowledge component interpretability of deep knowledge tracing models in programming”, στο *Proceedings of the 17th International Conference on Educational Data Mining*, 2024, σσ. 288–295.
- [77] N. Ebenbeck, M. Bastian, A. Mühling και M. Gebhardt, “Duration versus accuracy—what matters for computerised adaptive testing in schools?”, *Journal of Computer Assisted Learning*, τόμ. 40, αρθμ. 6, σσ. 3443–3453, 2024.
- [78] F. Xu κ.ά., “DKVMN&MRI: A new deep knowledge tracing model based on DKVMN incorporating multi-relational information”, *PloS one*, τόμ. 19, αρθμ. 10, e0312022, 2024.
- [79] F. Ke κ.ά., “HiTSKT: A hierarchical transformer model for session-aware knowledge tracing”, *Knowledge-Based Systems*, τόμ. 284, σ. 111 300, 2024.
- [80] J. Zhang, R. Xia, Q. Miao και Q. Wang, “Explore Bayesian analysis in Cognitive-aware Key–Value Memory Networks for knowledge tracing in online learning”, *Expert Systems with Applications*, τόμ. 257, σ. 124 933, 2024.
- [81] Y. Ban, Y. Qi και J. He, “Neural contextual bandits for personalized recommendation”, στο *Companion Proceedings of the ACM Web Conference 2024*, 2024, σσ. 1246–1249.
- [82] X. Chen κ.ά., “Set-to-sequence ranking-based concept-aware learning path recommendation”, στο *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, τόμ. 37, 2023, σσ. 5027–5035.
- [83] S. R. Goudar και G. Shidaganti, “Multi-parameter based educational recommendation system for online courses: A content based filtering approach”, στο *2023 International Conference on Network, Multimedia and Information Technology (NMITCON)*, IEEE, 2023, σσ. 1–7.
- [84] S. Mhammedi, H. El Massari, N. Gherabi και M. Amnai, “CF recommender system based on ontology and nonnegative matrix factorization (NMF)”, στο *The International Conference on Artificial Intelligence and Smart Environment*, Springer, 2022, σσ. 313–318.
- [85] Y. Gao, “MOOCs video recommendation using low-rank and sparse matrix factorization with inter-entity relations and intra-entity affinity information”, *Information Processing & Management*, τόμ. 61, αρθμ. 6, σ. 103 861, 2024.
- [86] Z. Liang, R. Wu, Z. Liang, J. Yang, L. Wang και J. Su, “GELT: A graph embeddings based lite-transformer for knowledge tracing”, *Plos one*, τόμ. 19, αρθμ. 5, e0301714, 2024.
- [87] N. L. Le, M.-H. Abel και P. Gouspillou, “Combining embedding-based and semantic-based models for post-hoc explanations in recommender systems”, στο *2023 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, IEEE, 2023, σσ. 4619–4624.
- [88] A. Alghamdi, M. Nilashi, R. A. Abumalloh, H. Ahmadi, M. Alrizq και S. Alyami, “Analysis of social data for accuracy improvement of collaborative filtering in MOOCs using text mining and deep learning techniques”, *Discover Computing*, τόμ. 28, αρθμ. 1, σσ. 1–21, 2025.
- [89] N. Askarbekuly και I. Luković, “Learning Outcomes, Assessment, and Evaluation in Educational Recommender Systems: A Systematic Review”, *arXiv preprint arXiv:2407.09500*, 2024.

- [90] D. Zapata-Rivera και B. Arslan, “Learner Modeling Interpretability and Explainability in Intelligent Adaptive Systems”, στο *Mind, Body, and Digital Brains*, Springer, 2024, σσ. 95–109.
- [91] L. Y. Tan, S. Hu, D. J. Yeo και K. H. Cheong, “Artificial Intelligence-Enabled Adaptive Learning Platforms: A Review”, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, σ. 100 429, 2025.
- [92] Neurosky, *EEG Biosensor*. επίσκεψη 19 Σεπτ. 2025. διεύθυν.: <https://neurosky.com/>
- [93] S. C. Mukhopadhyay, S. K. S. Tyagi, N. K. Suryadevara, V. Piuri, F. Scotti και S. Zeadally, “Artificial intelligence-based sensors for next generation IoT applications: A review”, *IEEE Sensors Journal*, τόμ. 21, αρθμ. 22, σσ. 24 920–24 932, 2021.
- [94] K. Seo, J. Tang, I. Roll, S. Fels και D. Yoon, “The impact of artificial intelligence on learner–instructor interaction in online learning”, *International journal of educational technology in higher education*, τόμ. 18, αρθμ. 1, σ. 54, 2021.
- [95] C.-C. Lin, A. Y. Huang και O. H. Lu, “Artificial intelligence in intelligent tutoring systems toward sustainable education: a systematic review”, *Smart learning environments*, τόμ. 10, αρθμ. 1, σ. 41, 2023.
- [96] K. Hemachandran κ.ά., “Artificial intelligence: A universal virtual tool to augment tutoring in higher education”, *Computational Intelligence and Neuroscience*, τόμ. 2022, αρθμ. 1, σ. 1 410 448, 2022.
- [97] M. C. Maphalala, R. G. Mkhasebe και D. W. Mncube, “Exploring the roles of AI-powered e-tutors in enhancing self-directed learning in open distance e-learning courses”, *Interdisciplinary Journal of Education Research*, τόμ. 7, αρθμ. 1, a12–a12, 2025.
- [98] J. Liu, L. Loh, E. Ng, Y. Chen, K. L. Wood και K. H. Lim, “Self-evolving adaptive learning for personalized education”, στο *Companion Publication of the 2020 Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing*, 2020, σσ. 317–321.
- [99] M. P. Papazoglou και D. Georgakopoulos, “Introduction: Service-oriented computing”, *Communications of the ACM*, τόμ. 46, αρθμ. 10, σσ. 24–28, 2003.
- [100] M. Ribeiro, K. Grolinger και M. A. Capretz, “Mlaas: Machine learning as a service”, στο *2015 IEEE 14th international conference on machine learning and applications (ICMLA)*, IEEE, 2015, σσ. 896–902.
- [101] M. Hilbert, “Big data for development: A review of promises and challenges”, *Development Policy Review*, τόμ. 34, αρθμ. 1, σσ. 135–174, 2016.
- [102] B. D. Nye, “Intelligent tutoring systems by and for the developing world: A review of trends and approaches for educational technology in a global context”, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, τόμ. 25, αρθμ. 2, σσ. 177–203, 2015.
- [103] R. Luckin και W. Holmes, “Intelligence unleashed: An argument for AI in education”, 2016.
- [104] D. Reisman, J. Schultz, K. Crawford και M. Whittaker, “Algorithmic impact assessments: a practical Framework for Public Agency”, *AI Now*, τόμ. 9, 2018.

- [105] F. Pedro, M. Subosa, A. Rivas και P. Valverde, “Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development”, 2019.