



ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ, ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ  
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**Ρομποτική και τεχνητή νοημοσύνη στα σχολεία - Μέθοδοι αξιολόγησης  
εκπαιδευτικών σεναρίων STEAM**

της

**ΧΡΙΣΤΙΝΑΣ ΤΕΡΖΗ**

Υποβλήθηκε ως απαιτούμενο για την απόκτηση του μεταπτυχιακού  
διπλώματος στη Ρομποτική

Απρίλιος 2022



ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ, ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ  
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ

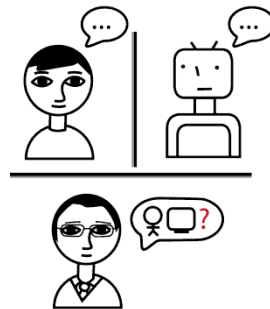
Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**Ρομποτική και τεχνητή νοημοσύνη στα σχολεία - Μέθοδοι αξιολόγησης**

**εκπαιδευτικών σεναρίων STEAM**

της

ΧΡΙΣΤΙΝΑΣ ΤΕΡΖΗ



**Επιβλέπων Καθηγητής:** Δρ. Βολογιαννίδης Σ.

Απρίλιος 2022

**Αφιερώνεται στα παιδιά μου  
Δέσποινα, Παρασκευή και Θεοδώρα**

## Ευχαριστίες

*Με την εργασία αυτή ολοκληρώνεται η φοίτησή μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Ρομποτική» στη Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος. Για το λόγο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω κάποια σημαντικά πρόσωπα που συνέβαλαν στο να διεκπεραιώσω τις σπουδές μου και να ολοκληρώσω τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, τον Επιβλέποντα Καθηγητή της μεταπτυχιακής εργασίας, Δρ. Βολογιαννίδη Σταύρο που απ' την πρώτη στιγμή στάθηκε κοντά μου για να με καθοδηγήσει και να με συμβουλέψει με τον καλύτερο τρόπο ώστε να ολοκληρώσω την εργασία. Ήταν πάντα διαθέσιμος και απαντούσε στα ερωτήματά μου άμεσα. Τον ευχαριστώ για την υπομονή του και για το χρόνο που μου αφιέρωσε.*

*Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Διευθυντή του Προγράμματος, Δρ. Καλόμοιρο Ιωάννη καθώς και τους Καθηγητές του προγράμματος για τις γνώσεις που μου μεταλαμπάδευσαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.*

*Τέλος, τους δικούς μου ανθρώπους, που αν δεν ήταν αυτοί, δε θα μπορούσα να πραγματοποιήσω τις σπουδές μου σ' αυτό το μεταπτυχιακό πρόγραμμα. Ευχαριστώ το σύζυγό μου Γιώργο, τα παιδιά μου Δέσποινα, Παρασκευή και Θεοδώρα για την πολύτιμη στήριξή τους και για το χρόνο που με στερήθηκαν και δεν αναπληρώνεται.*

## Περίληψη

Μέσα απ'την ένταξη καινοτομιών σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης προσελκύεται το ενδιαφέρον της εκπαιδευτικής κοινότητας και δημιουργούνται υψηλές προσδοκίες για τα επερχόμενα αποτελέσματα. Η Ρομποτική και η Τεχνητή Νοημοσύνη, ως καινοτόμες προσπάθειες, καλλιεργούν ένα ευέλικτο μαθησιακό περιβάλλον που υποστηρίζει την ανάπτυξη και τη μάθηση σύγχρονων δεξιοτήτων και ικανοτήτων για όλους τους μαθητές. Ακόμη, οι μαθητές μέσα απ'την εκπαίδευση STEAM εξοικειώνονται με τον προγραμματισμό, το σχεδιασμό κατασκευών και μηχανών, τη Φυσική, τις Τέχνες και εργάζονται σ'ένα απολαυστικό, δημιουργικό και ενεργό περιβάλλον.

Συγχρόνως, μέσα απ'την εκπαιδευτική αξιολόγηση των σεναρίων STEAM ελέγχεται όλη η διδακτική διαδικασία και η πορεία επίτευξης των επιδιωκόμενων στόχων. Η αξιολόγηση στην εκπαίδευση θα διερευνήσει την «αξία» ενός εκπαιδευτικού σεναρίου και θα συλλέξει πληροφορίες με βάση τις οποίες θα παρθούν σημαντικές αποφάσεις σε σχέση με το συνολικότερο εκπαιδευτικό πρόγραμμα.

Στόχος της παρούσας βιβλιογραφικής εργασίας είναι να παρουσιάσει τους λόγους για τους οποίους είναι σημαντική η εισαγωγή της ρομποτικής και της τεχνητής νοημοσύνης στα σχολεία αλλά και τη σημασία της αξιολόγησης των εκπαιδευτικών σεναρίων στη διδασκαλία των STEM.

**Λέξεις κλειδιά:** STEAM, Ρομποτική, Τεχνητή Νοημοσύνη, Αξιολόγηση, Εκπαιδευτικά Σενάρια

## **Abstract**

Through the integration of innovations at all levels of education, the interest of the educational community is attracted and high expectations are created for upcoming results. Robotics and artificial intelligence, as innovative efforts, cultivate a flexible learning environment that supports the development and learning environment that supports the development and learning of modern skills and competences for all students. In addition, students through Steam education are familiar with planning, design and machine design, physics, arts and working in a delicious, creative and active environment.

At the same time, through the educational assessment of Steam scenarios, the whole teaching process and the course of achieving the objectives pursued. The evaluation in education will investigate the «value» of an educational scenario and will collect information on which make important decisions in relation to the overall educational program.

The aim of this bibliographic work is to present the reasons why the introduction of robotics and artificial intelligence is important to schools and the importance of evaluating educational scenarios in STEM teaching.

**Key Words:** STEAM, Robotics, Artificial intelligence, Evaluation, Educational Scenarios

# Περιεχόμενα

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: STEM.....</b>	<b>10</b>
1.1 Προσέγγιση του όρου STEM.....	10
1.2 Σκοπός και Στόχοι της Εκπαίδευσης STEM.....	12
1.3 Ιστορική αναδρομή της εκπαίδευσης STEM στις ΗΠΑ.....	14
1.4 Ιστορική αναδρομή της εκπαίδευσης STEM στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	15
1.5 Ιστορική αναδρομή της εκπαίδευσης STEM στην Ελλάδα.....	16
1.6 STEM vs STEAM.....	18
1.7 Προϋποθέσεις εφαρμογής προσέγγισης STE(A)M.....	20
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ.....</b>	<b>22</b>
2.1 Ο ορισμός του ρομπότ.....	22
2.2 Ο ορισμός της Ρομποτικής.....	23
2.3 Ο ορισμός της Εκπαιδευτική Ρομποτικής.....	24
2.4 Λόγοι εισαγωγής της ρομποτικής στην εκπαίδευση.....	26
2.5 Τρόποι εισαγωγής της Ρομποτικής στην Εκπαίδευση.....	29
2.6 Ρομποτικές πλατφόρμες στην εκπαίδευση στην Ελλάδα.....	30
2.6.1 Η έξυπνη μέλισσα Bee-Bot.....	31
2.6.2 Thymio II.....	34
2.6.3 Lego Education WeDo 2.0.....	34
2.6.4 Lego Mindstorms RCX, NXT, EV3.....	35
2.6.5 Arduino.....	37
2.6.6 Raspberry Pi.....	38

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ.....</b>	<b>40</b>
3.1 Ορισμός Τεχνητής Νοημοσύνης.....	42
3.2 Ιστορική αναδρομή της Τεχνητής Νοημοσύνης.....	45
3.3 Υπολογιστική Νοημοσύνη.....	48
3.4 Η ερευνητική προσπάθεια στο χώρο της Τεχνητής Νοημοσύνης.....	49
3.5 Περιρρέουσα και Τεχνητή Νοημοσύνη.....	52
3.6 Σύγχρονες εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης.....	54
3.7 Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Εκπαίδευση.....	55
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> : ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ.....</b>	<b>59</b>
4.1 Τι είναι τα εκπαιδευτικά σενάρια.....	59
4.2 Δομή Εκπαιδευτικού σεναρίου.....	60
4.3 Θεωρίες προβληματισμού των εκπαιδευτικών σεναρίων STEM.....	62
4.4 Διδακτικές στρατηγικές για την ανάδειξη του ρόλου της Εκπαίδευσης STEM.....	63
4.5 Ανάπτυξη δεξιοτήτων απ΄τη χρήση των εκπαιδευτικών σεναρίων.....	64
4.6 Αξιολόγηση μαθητών και εκπαιδευτικά σενάρια.....	65
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>: ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.....</b>	<b>67</b>
5.1 Ο ρόλος της Αξιολόγησης στην Εκπαίδευση.....	67
5.2 Μέθοδοι αξιολόγησης εκπαιδευτικών σεναρίων στη Ρομποτική στην Ελλάδα.....	70
5.2.1 Μοντέλο Ανταποδοτικής Αξιολόγησης.....	70
5.2.2 Μοντέλο των Τεσσάρων Επιπέδων.....	72
5.2.3 Το μοντέλο CIPP.....	76



5.2.4 Μοντέλο Ενδυναμωτικής Αξιολόγησης.....	78
5.3 Μέθοδοι αξιολόγησης εκπαιδευτικών σεναρίων στη Ρομποτική σε διεθνές επίπεδο.....	79
5.3.1 Το Μοντέλο ADDIE.....	80
5.3.2 Το Δυναμικό Μοντέλο Creemers και Kyriakides.....	83
5.3.3 Το μοντέλο Guba.....	85
5.3.4 Το μοντέλο Scriven.....	86
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>87</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>89</b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: STEM

Τα τελευταία χρόνια, στην Ελλάδα αλλά και παγκοσμίως, αρκετοί μαθητές δείχνουν μεγάλο ενδιαφέρον για τον προγραμματισμό των Η/Υ. Από νεαρή ηλικία, τα παιδιά προσελκύνονται από την Τεχνολογία και στρέφονται προς τις θετικές επιστήμες, δηλαδή, στα γνωστικά πεδία που συνοπτικά αναφέρονται και ως STEM (Science, Technology, Engineering and Math). Επίσης, η αύξηση των θέσεων εργασίας στον τομέα των STEM προσελκύει όλο και περισσότερους φοιτητές προς τον τομέα αυτό.

Η εκπαίδευση του 21ου αιώνα ακολουθεί διαφορετική τροχιά σε σχέση με τον προηγούμενο παραδοσιακό τρόπο εκπαίδευσης. Συνδέεται άρρηκτα με τις πολιτιστικές, πολιτικές και οικονομικές εξελίξεις και ανάγκες που δημιουργούνται σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα προγράμματα σπουδών που βασίζονται στο STEM αποδεικνύονται πρωτοποριακά γιατί αναπτύσσουν και εξελίσσουν σημαντικές πτυχές της ζωής και της οικονομίας.

### 1.1 Προσέγγιση του όρου STEM

Ο όρος STEM πρωτοεμφανίστηκε το 2001 απ'τη βιολόγο Judith A. Ramaley (WRO, 2019). Το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (NSF), εισήγαγε το ακρωνύμιο STEM ως συντομογραφία για τις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά το 1990 (Bybee, 2010). Η προσέγγιση των αντικειμένων STEM γίνεται ως εξής:

**S (Science):** Οι Φυσικές Επιστήμες, επιδιώκουν και ασχολούνται με την αντίληψη για το φυσικό κόσμο και θεωρείται το θεμέλιο της Τεχνολογίας. Αρκετά απ'τα μαθήματα που έχουν να κάνουν με τη Χημεία, τη Βιολογία, τη Γεωλογία και την Αστρονομία αντικατοπτρίζουν το φυσικό κόσμο. Οι πιο σπουδαίες διαδικασίες που χρησιμοποιούνται στις Φυσικές Επιστήμες είναι η έρευνα, η χρήση και η εξερεύνηση της επιστημονικής μεθόδου.

**T (Technology):** Η Τεχνολογία είναι η τροποποίηση του φυσικού κόσμου με σκοπό να καλύψει τις ανθρώπινες απαιτήσεις και ανάγκες (International Technology and Engineering Educators Association, 2000). Η American

Association for the Advancement of Science's (AAAS), ορίζει ότι: «Με την ευρύτερη έννοια, η τεχνολογία επεκτείνει τις δυνατότητές μας να αλλάξουμε τον κόσμο. Να κόψουμε, να σχηματίσουμε ή να τοποθετήσουμε μαζί υλικά, να μετακινήσουμε πράγματα από το ένα μέρος στο άλλο, να φτάσουμε περαιτέρω με τα χέρια, τη φωνή, τις αισθήσεις μας (AAAS, 1993)».

Κάποιες απ' τις διεργασίες που αξιοποιούνται στην Τεχνολογία για να μεταβάλλουν και να αλλάξουν το φυσικό κόσμο, είναι η καινοτομία, η ανακάλυψη, ο σχεδιασμός και η πρακτική επίλυση διαφόρων προβλημάτων.

**E (Engineering):** Η Μηχανική συνθέτει την τμηματική και συστηματική στρατηγική του σχεδιασμού και της δημιουργίας διαδικασιών, συστημάτων και αντικειμένων που καλύπτουν τις εκάστοτε ανθρώπινες επιθυμίες και ανάγκες του κόσμου. Η Μηχανική συγκεντρώνει τις αρχές της Επιστήμης και των Μαθηματικών καθώς και της Τεχνολογίας, (National Research Council, 2009). Η εκπαίδευση στη Μηχανική δίνει την ευκαιρία στους εκπαιδευόμενους να διαμορφώσουν ικανότητες και δεξιότητες με σκοπό να κατασκευάσουν συσκευές και να επιλύσουν πραγματικά προβλήματα με αυτές τις συσκευές. Ακόμη, δίνει τη δυνατότητα στους εκπαιδευόμενους να εμβαθύνουν σε έννοιες, όπως της αποτελεσματικότητας, της διαδικασίας του σχεδιασμού και των περιορισμών, τις οποίες πρέπει να λάβουν υπόψη σε όλη τη διάρκεια της δημιουργίας και του σχεδιασμού (Shahali et al., 2017).

**M (Mathematics):** Σύμφωνα με την Καλφοπούλου (2016) «Ο μαθηματικός γραμματισμός, δηλαδή η ικανότητα του ανθρώπου να προσδιορίζει και να κατανοεί το ρόλο των Μαθηματικών στον κόσμο, να αναπτύσσει τεκμηριωμένες κρίσεις, να χρησιμοποιεί τη μαθηματική γνώση και τις δεξιότητες που σχετίζονται με αυτή, για να αντιμετωπίζει τις ανάγκες της καθημερινής του ζωής ως σκεπτόμενος, δημιουργικός και ενεργός πολίτης, αποτελεί εκ των ων ουκ άνευ εργαλείο διαβίωσης του ατόμου στο κοινωνικό, στο φυσικό και στο πολιτισμικό του περιβάλλον». Επομένως, ο γραμματισμός στα επιστημονικά πεδία του STEM περιέχει διαθεματικές προσεγγίσεις, οι οποίες είναι επικαλυπτόμενες, συσχετίζονται η μία με την άλλη και συγχρόνως προωθούνται.

Στην εκπαίδευση STEM κυρίαρχο ρόλο παίζει η ενεργή συμμετοχή των εκπαιδευομένων στην εξόρυξη της γνώσης και στην επίλυση διαφόρων προβλημάτων, με τη βοήθεια της διεπιστημονικότητας, δηλαδή

χρησιμοποιώντας γνώσεις από πολλούς επιστημονικούς τομείς της εκπαίδευσης, όπως της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών. Στα θετικά της εκπαίδευσης STEM είναι ότι μπορεί να διδαχθεί σ'όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, απ' την προσχολική αγωγή, την πρωτοβάθμια, τη δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση μέχρι και τη μεταδιδακτορική εκπαίδευση, τόσο στην τυπική όσο και στην άτυπη εκπαίδευση (Gonzalez & Kuenzi, 2012).

Είναι γνωστό ότι η εκπαίδευση STEM αποτελεί μια διεπιστημονική προσέγγιση της μάθησης και συνδυάζει αυστηρές έννοιες σε προβλήματα και μαθήματα του φυσικού κόσμου και οι εκπαιδευμένοι εφαρμόζουν τους κλάδους της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, τη Μηχανικής και των Μαθηματικών στο σχολείο αλλά και στο ευρύτερο περιβάλλον. Ακόμη, η εκπαίδευση STEM στοχεύει στον εγγραμματισμό, όπου μέσα από αυτή τη δυναμική διαδικασία, αλλάζει με το χρόνο και σα στόχο έχει το πέρασμα απ'την εκπαίδευση STEM, στην ικανότητα της διαχείρισης των γνώσεων που έχουν κατακτηθεί από μια αέναη διαδικασία μάθησης (Zollman, 2012).

Μέσα απ'την εκπαίδευση STEM οι μαθητές διδάσκονται την καινοτομία και τους δίνεται η δυνατότητα να εξερευνήσουν εκτενέστερα όλα τα μαθήματα, χρησιμοποιώντας τις δεξιότητες που πήραν μέσα από αυτήν.

Τα περισσότερα επαγγέλματα πλέον ζητούν απ'τους εργαζομένους να έχουν την ικανότητα να σκέφτονται κριτικά, να διαθέτουν δεξιότητες STEM και συγχρόνως να εργάζονται ως μέλη μιας ομάδας (Fioriello, 2015).

## **1.2 Σκοπός και Στόχοι της Εκπαίδευσης STEM**

Σκοπός της STEM εκπαίδευσης είναι να βελτιώνει και να προάγει τη γνώση των επιστημονικών πεδίων στα οποία αντιστοιχούν τα ακρωνύμιά του, δηλαδή, της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών. Επιπρόσθετα, στοχεύει στην αντιμετώπιση των διαφορετικών αυτών επιστημονικών πεδίων ως μια ενιαία οντότητα, η διδασκαλία της οποίας είναι ενσωματωμένη και καθορίζεται μέσα απ'τη λύση προβλημάτων του πραγματικού κόσμου που αντιμετωπίζουν οι μαθητές (Sanders, 2009).

Στόχος της STEM εκπαίδευσης είναι να εκπαιδεύσει τους μαθητές ώστε να μπορούν να εφαρμόζουν τις γνώσεις τους με σκοπό να κατανοούν τον

κόσμο γύρω τους. Βασική προϋπόθεση είναι η ενεργητική μάθηση μέσα σ'ένα μαθητοκεντρικό μαθησιακό περιβάλλον. Με την καθοδήγηση των εκπαιδευτικών, οι μαθητές συμμετέχουν στη διατύπωση ερωτημάτων, στην επίλυση προβλημάτων και σε δραστηριότητες που απαιτούν πρακτική εξάσκηση, αντιμετωπίζοντας πραγματικά προβλήματα της ζωής με ομαδοσυνεργατική προσέγγιση. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από:

- **Τον Επιστημονικό αλφαριθμητισμό.** *«Την ικανότητα του μαθητή να χρησιμοποιεί την επιστημονική γνώση αλλά και τις επιστημονικές μεθόδους και διαδικασίες για την κατανόηση του φυσικού κόσμου, τη συμμετοχή και τη λήψη αποφάσεων»*
- **Τον Τεχνολογικό αλφαριθμητισμό.** *«Την ικανότητα του μαθητή να χρησιμοποιεί, να κατανοεί να αξιολογεί και να διαχειρίζεται τα τεχνολογικά μέσα που διαθέτει»*
- **Τον Μηχανικό αλφαριθμητισμό.** *«Την ικανότητα του μαθητή να κατανοεί, να σχεδιάζει, να δημιουργεί μέσω επιστημονικών εφαρμογών και μεθόδων μηχανής, τεχνολογικά αντικείμενα»*
- **Τον Μαθηματικό αλφαριθμητισμό.** *«Την ικανότητα του μαθητή να αιτιολογεί, να ερμηνεύει, να επιλύει, να αναλύει και να επικοινωνεί τις ιδέες και σκέψεις, με μαθηματικό τρόπο σε διαφορετικές περιπτώσεις και καταστάσεις»* (National Governors Association, 2007)

Εν κατακλείδι, οι μαθητές μέσα απ'την εκπαίδευση STEM προετοιμάζονται και εκπαιδεύονται με όλες εκείνες τις δεξιότητες και τα εφόδια που είναι απαραίτητα στη σύγχρονη εποχή. Μέσα απ' αυτήν τη διαδικασία θα είναι:

- **Άριστοι επιλυτές προβλημάτων (problem solvers)** που θα είναι σε θέση να καθορίζουν τα προβλήματα και τις ερωτήσεις, να σχεδιάζουν έρευνες για την οργάνωση και τη συλλογή δεδομένων, την εξαγωγή συμπερασμάτων και να εφαρμόζουν τα συμπεράσματα σε νέες καταστάσεις.
- **Καινοτόμοι (innovators)** που θα χρησιμοποιούν δηλαδή δημιουργικά τις αρχές και τις έννοιες της Επιστήμης της Τεχνολογίας και των Μαθηματικών εφαρμόζοντας τες στον μηχανικό σχεδιασμό.

- **Αυτοδύναμοι (self reliant)** που θα είναι σε θέση να λαμβάνουν πρωτοβουλίες και να θέτουν κίνητρα (εσωτερικά) με σκοπό να προσδιορίζουν μια ατζέντα δράσης σε συγκεκριμένα χρονικά όρια.
- **Λογικοί στοχαστές (logical thinkers)** που θα είναι σε θέση να σκέφτονται λογικά και να δημιουργούν καινοτομίες στον τομέα των Μαθηματικών, του Τεχνολογικού σχεδιασμού και των Επιστημών γενικότερα.
- **Τεχνολογικά εγγράμματοι (technologically literate)** που θα είναι ικανοί να εξηγήσουν και να κατανοήσουν τη φύση της Τεχνολογίας, να εφαρμόζουν την Τεχνολογία κατάλληλα και να αναπτύσσουν τις δεξιότητες που απαιτούνται (Morrison, 2006).

### 1.3 Ιστορική αναδρομή της εκπαίδευσης STEM στις ΗΠΑ

Τη δεκαετία του 1990 στις ΗΠΑ αρκετά Συμβούλια εκπαίδευσης, όπως το Εθνικό Συμβούλιο Καθηγητών Μαθηματικών και το National Science Education Standards, βοήθησαν δίνοντας στους εκπαιδευτικούς τις κατευθυντήριες γραμμές και τα πρότυπα που τελικώς διαμόρφωσαν τα προγράμματα σπουδών τους με σκοπό να προετοιμάσουν τους μαθητές τους στην εκπαίδευση STEM. Για πρώτη φορά, χρησιμοποιήθηκε απ'το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών ο όρος «SMET», ένα αρκτικόλεξο για να καθορίσει το θέμα του STEM λίγο αργότερα. Το 2001 για πρωτοεμφανίστηκε ο όρος STEM απ'τη βιολόγο Judith A. Ramaley. Η βιολόγος εδραίωσε στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής μια ενοποιημένη διδασκαλία συμπεριλαμβάνοντας κλάδους των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Επιστήμης των Μηχανικών και των Μαθηματικών.

Το 2009 στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, ο Πρόεδρος τους, Ομπάμα, ανακοίνωσε την πρωτοβουλία «*Educate to Innovate*». Η πρωτοβουλία αυτή είχε ως στόχο να ωθήσει τους φοιτητές από τις ΗΠΑ στην κορυφή των Πανεπιστημίων τους. Κάποια απ'τα μέτρα που εφάρμοσε ήταν η αύξηση της ομοσπονδιακής επένδυσης STEM και η προετοιμασία εκατό χιλιάδων νέων καθηγητών έως το 2021. Η πρωτοβουλία του Προέδρου Ομπάμα συνδυάστηκε και με την ανάδειξη της λεγόμενης «*Υπολογιστικής Επιστήμης*», η οποία αποτελεί μια νέα γνωστική περιοχή που αξιοποιεί τις

επιστήμες του STEM με ένα ολιστικό τρόπο για την επίλυση αυθεντικών προβλημάτων. Το National Science Foundation (NSF) των ΗΠΑ έδωσε ιδιαίτερη σημασία σε κάθε μια απ' τις τέσσερις συνιστώσες του και έθεσε δύο κύριους στόχους. Πρώτον, ήταν σε Εθνικό επίπεδο, καθώς θέλησε να ενισχύσει τις απαραίτητες Τεχνολογικές και Μηχανικές αλλαγές, ώστε η χώρα να παραμείνει ανταγωνιστική σε παγκόσμιο επίπεδο και ο δεύτερον, να μπορέσει ο κάθε σπουδαστής και μαθητής να γνωρίσει και να εμπεδώσει τις βασικές αρχές των μαθημάτων STEM και τη μεταξύ τους σύνδεση, ώστε να αποτελέσει εγγράμματο πολίτη, εξασφαλίζοντας με αυτό το τρόπο μία αξιοπρεπή θέση εργασίας στην ενήλικη ζωή του (Chesky & Wolfmeyer, 2015). Από τότε, μέχρι και σήμερα, η εκπαίδευση STEM κατέχει σημαντική θέση στην εκπαίδευση τόσο στην Αμερική, όσο και παγκόσμιο επίπεδο.

Το 2012 Αμερικάνοι εκπαιδευτικοί και ερευνητές, τόνιζαν ότι η φύση της πρακτικής STEM εστιάζει στην καθαυτή επίλυση προβλημάτων και είναι διαθεματική. Κάθε απομονωμένη και αποσπασματική προσπάθεια αποτυγχάνει να αποδώσει τη φύση του STEM σε σχέση με τον πραγματικό κόσμο. Τέλος, το Σεπτέμβριο του 2017 ο πρόεδρος των ΗΠΑ, Ντοναλντ Τραμπ, υπέγραψε προεδρικό μνημόνιο προκειμένου να επεκτείνει την πρόσβαση σε εκπαίδευση υψηλής ποιότητας STEM για την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Στόχος του ήταν να προσφέρει στους Αμερικάνους σπουδαστές την ευκαιρία να αποκτήσουν την απαραίτητη εκπαίδευση και τα εφόδια που θα τους οδηγήσουν σε δουλειές που θα τους προσφέρουν μεγαλύτερα εισοδήματα αλλά και κύρος.

#### **1.4 Ιστορική αναδρομή της εκπαίδευσης STEM στην Ευρωπαϊκή Ένωση**

Απ' το 2002 η Ευρώπη διακηρύσσει ότι οι εκπαιδευτικές πολιτικές των χωρών της, πρέπει μέσω των καινοτομιών, να στοχεύσουν στην ανάπτυξη και την καλλιέργεια της ομαδικής εργασίας και της κριτικής σκέψης, καθώς και στην κατασκευή της γνώσης, του τεχνολογικού αλφαριθμητισμού και των βασικών δεξιοτήτων που πρέπει να διαθέτουν οι σπουδαστές, με σκοπό να θωρακιστούν απέναντι στις σύγχρονες προκλήσεις.

Το Ηνωμένο Βασίλειο, το 2014, ίδρυσε το National STEM Centre, ένα κέντρο που προσφέρει εκπαίδευση σε μαθητές και εκπαιδευτικούς, όλων των

βαθμίδων εκπαίδευσης, όπου τους προσφέρονται δωρεάν διαδικτυακά εκπαιδευτικά εργαλεία και πηγές. Αυτή η εξέλιξη, έπαιξε σημαντικό ρόλο στη χάραξη πολιτικής και στην εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM στην Ευρώπη.

Τα τελευταία πέντε χρόνια στην Ευρωπαϊκή Ένωση, πραγματοποιήθηκαν έρευνες και αναδείχθηκαν αφενός οι αδύναμες επιδόσεις των μαθητών σε θέματα Επιστημών και Μαθηματικών και αφετέρου η έλλειψη καταρτισμένων εκπαιδευτικών σε πεδία των STEM. Έτσι, αναγκάστηκε η Ευρωπαϊκή Ένωση, να θέσει ως επίσημη προτεραιότητα την εκπαίδευση STEM και να την ενδυναμώσει (European Commission, European Parliament, 2015). Η εκπαίδευση σε διάφορους τομείς STEM τέθηκε στο κέντρο της εκπαιδευτικής πολιτικής ατζέντας. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, την εμφάνιση διαφόρων προσεγγίσεων (πολλές φορές αντίθετων) σε διαφορετικές εκπαιδευτικές δομές, συστήματα, ηλικίες κ.α. Για παράδειγμα, δημιουργήθηκαν, όμιλοι STEM, απογευματινά προγράμματα, σχολεία εντός σχολείων, μαθήματα εξ' αποστάσεως, διαδικτυακά σεμινάρια κ.α.

### **1.5 Ιστορική αναδρομή της εκπαίδευσης STEM στην Ελλάδα**

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα, άρχισαν να δημιουργούνται μεταπτυχιακά προγράμματα STEM και δράσεις με μεγάλη επιτυχία, καθώς και σεμινάρια για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών STEM με σκοπό την ένταξη τους σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης.

Μια ιδιωτική πρωτοβουλία υπήρξε το Σεπτέμβριο του 2014 από τα Εκπαιδευτήρια Κωστέα - Γείτονα (Costeas Geitonas School - CGS) όπου ίδρυσαν την πρώτη Ακαδημία STEM σε ελληνικό σχολείο, με στόχο να προσφέρουν στους σπουδαστές τους τη μάθηση στην πράξη (learn by doing) και να συνδέσουν τις συνιστώσες του STEM με την καθημερινή ζωή και τον πραγματικό κόσμο.

Την Άνοιξη του 2015 διεξήχθη η έκτη έρευνα PISA (Διεθνές Πρόγραμμα για την Αξιολόγηση των Μαθητών) και πήραν μέρος 212 ελληνικά σχολεία με περίπου 5.500 μαθητές. Η έρευνα διερεύνησε το γνωστικό επίπεδο και τις δεξιότητες των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες, όπου δόθηκε έμφαση και με συνοπτικότερο τρόπο στην Κατανόηση Κειμένου και στα Μαθηματικά. Η σύγκριση που έγινε αφορούσε στα γνωστικά πεδία



(μαθήματα) : α) Φυσικές επιστήμες και Φυσική-Χημεία-Βιολογία (ως μέσος όρος), β) Κατανόηση Κειμένου και γλωσσική διδασκαλία και γ) Μαθηματικά με Μαθηματικά. Απ'την έρευνα αυτή, παρουσιάστηκαν οι επιδόσεις της χώρας μας σε σύγκριση με τις μεσοπρόθεσμες και μέσες τάσεις του ΟΟΣΑ. Η έρευνα έδειξε ότι η χώρα μας υστερεί στα Μαθηματικά, στις Επιστήμες αλλά και στην Αναγνωστική Ικανότητα σε σχέση με το μέσο όρο. Το συμπέρασμα που διατυπώθηκε είναι ότι η υπήρξε πρόοδος σε χώρες που είχαν εντάξει προγράμματα STEM στην εκπαιδευτική πολιτική τους. Συνεπώς, αποφασίστηκε από το Υπουργείο Παιδείας, τα προγράμματα σπουδών να επικεντρωθούν στις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά που είναι άμεσα αλληλένδετα με την εκτεταμένη χρήση STEM.

Το 2017 ιδρύθηκε η Ελληνική Εκπαιδευτική Ένωση STEM (E3STEM), ένα μη κερδοσκοπικό επιστημονικό σωματείο του οποίου η ίδρυση, η δομή, και διαδικασίες λειτουργίας διέπονται από τις κείμενες διατάξεις των Ειδικών Νόμων και του Αστικού Κώδικα, καθώς και από τα άρθρα του Καταστατικού του και έχει εγκριθεί απ'το Πρωτοδικείο Αθηνών (5848/2017,20-12-2017). Η ίδρυση της Ένωσης ξεκίνησε αυθόρμητα από συζητήσεις που έγιναν κατά την διάρκεια του Π.Μ.Σ. S.T.E.M της ΑΣΠΑΙΤΕ, του οποίου τη διεύθυνση είχε ο Καθηγητής Ψυχάρης Σ. Βασικός σκοπός της Ένωσης είναι η διάδοση της μεθοδολογίας, της επιστημολογίας και της διδακτικής αναπλαισίωσης του S.T.E.M. Επίσης, στοχεύει στη διατύπωση έγκυρων προτάσεων σχετικά με την υλοποίηση διδακτικών μοντέλων S.T.E.M σε επίπεδο επιμορφώσεων, σεμιναρίων και προτάσεων για διδασκαλία γνωστικών αντικειμένων που σχετίζονται ή μπορούν να ενταχθούν στην επιστημολογία του STEM σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, με βασική αρχή την επιστημονική εγκυρότητα των προτάσεων και την αξιοπιστία τους.

Επίσης, στην Ελλάδα πέρα από πολλά ιδιωτικά εγχειρήματα κέντρων εκμάθησης ρομποτικής και STEM υπάρχουν και πολλά Πανεπιστημιακά Ιδρύματα που διεκδικούν δυναμική παρουσία στο χώρο της εκπαιδευτικής ρομποτικής και των STEM. Για παράδειγμα:

- Το Πανεπιστήμιο Πατρών,
- Το Πανεπιστήμιο Μακεδονίας,
- Το Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος,

- Το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής,
- Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο,
- ΕΚΠΑ

Τα τελευταία τρία χρόνια, περισσότερα από 200 σχολεία σε όλη την Ελλάδα εφάρμοσαν πιλοτικά το πρόγραμμα «Ρομποτικής & STEAM FLL – GAME CHANGERS» στο πλαίσιο της δράσης “Εργαστήρια Δεξιοτήτων”. Μέσα από αυτήν τη δράση το Υπουργείο Παιδείας επενδύει στην καλλιέργεια ψηφιακών δεξιοτήτων και δεξιοτήτων ζωής, γιατί οραματίζετε ένα δημόσιο σχολείο που θα εστιάζει στη μετάδοση της γνώσης και παράλληλα θα εφοδιάζει τα παιδιά με δεξιότητες του 21ου αιώνα. Μέσα απ’τη ρομποτική, θα ενδυναμωθεί η υπολογιστική και αναλυτική σκέψη, η δημιουργικότητα, η συνεργασία, η επίλυση προβλημάτων. Μέσω της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών στα προγράμματα ρομποτικής, θα εμπλουτίσουν οι γνώσεις τους, θα γνωρίσουν νέα εργαλεία και μεθόδους διδασκαλίας και θα καλλιεργήσουν σταδιακά με τη σειρά τους στους μαθητές νέες, πολύτιμες δεξιότητες.

## **1.6 STEM vs STEAM**

Αν στο ακρωνύμιο «STEM» προστεθεί και ο όρος «Art» (τέχνη) τότε το ακρωνύμιο STEM μετασχηματίζεται σε STEAM (Εικόνα 1). Αποτελεί την ολοκλήρωση της εκπαίδευσης STEM μέσω των τεχνών, της χρήσης προτύπων και της δημιουργικότητας που εμπεριέχει ο σχεδιασμός προϊόντος. Το κίνημα STEAM ξεκίνησε από το Rhode Island School of Design (RISD) και ευρέως υιοθετήθηκε από ιδιώτες, εταιρίες και οργανισμούς. Η (συμ)περίληψη της «Τέχνης» είχε ως σκοπό να ενισχύσει τη φαντασία, τη δημιουργικότητα και το σχεδιασμό των σπουδαστών.

<b>ΕΠΙΣΤΗΜΗ</b>	• Αντιπροσωπεύει ό,τι υπάρχει στον φυσικό κόσμο.
<b>ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ</b>	• Ό,τι έχει κατασκευαστεί από τον άνθρωπο προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες του (χρήση και μετατροπή φυσικών υλικών).
<b>ΜΗΧΑΝΙΚΗ</b>	• Ό,τι κατασκευάζεται από τον άνθρωπο ως αποτέλεσμα μιας συστηματικής και μεθοδευμένης διαδικασίας.
<b>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ</b>	• Η χρήση των αριθμών και των συμβόλων προκειμένου να αναπαρασταθούν, να εξηγηθούν και να υποστηριχθούν οι παραπάνω διαδικασίες.
<b>ΤΕΧΝΗ</b>	• Γλώσσα, Ιστορία, Πολιτική, Θεολογία, Κοινωνιολογία, Μουσική, Χορός, Εργονομία, Ψυχολογία, Καλές Τέχνες κ.ά.

**Εικόνα 1:** Οι τομείς STEAM και οι γνωστικές πηγές που αντιπροσωπεύουν  
(Πηγή: Λαμπριανάκου Μαρίνα )

Η προσέγγιση STEAM προωθεί την κριτική, την αποκλίνουσα και δημιουργική σκέψη στα επιστημονικά πεδία του STEM. Οι ραγδαίες οικονομικές εξελίξεις, σε παγκόσμιο επίπεδο, απαιτούν πολίτες με και ικανότητα έκφρασης νέων ιδεών, πρωτοτυπία και ευελιξία ώστε να εμπλουτιστούν και να εξελιχθούν οι διάφοροι τομείς των Επιστημών και της Τεχνολογίας. Οι τέχνες απαιτούν δεξιότητες, όπως, συνεργασία, κιναισθητική αντίληψη, ακριβής παρατήρηση που θα αποτελέσουν χρήσιμες επιστημονικές ικανότητες για όλα τα Επιστημονικά Πεδία, προωθώντας συγχρονως την καινοτομία, με τις νέες ιδέες που θα αναδυθούν (Robelen, 2011).

Σε μια σχολική τάξη, οι «Τέχνες» θα αποτελέσουν εκείνο το εργαλείο που θα αναπτύξει την πρωτοβουλία, την κριτική σκέψη, τη δημιουργικότητα και την ομαδικότητα. Ακόμη, μ'αυτό τον τρόπο αυξάνεται το ενδιαφέρον και για τις υπόλοιπες Επιστήμες που περιλαμβάνονται στο STEM (Radziwill, Benton, & Moellers, 2015). Για τους επιστήμονες, δυο εκπρόσωποι της λογικής που κρύβεται πίσω από την εκπαίδευση STEAM είναι ο Μιχαήλ Άγγελος και ο Λεονάρντο Ντα Βίντσι. Ο περισσότερος κόσμος τους θεωρεί ζωγράφους και γλύπτες, ωστόσο, θεωρούνται εξίσου πρωτοποριακές και σημαντικές οι ανακαλύψεις και οι δημιουργίες τους στη Μηχανική και την Αρχιτεκτονική.

## 1.7 Προϋποθέσεις εφαρμογής προσέγγισης STE(A)M

Στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες του κόσμου πραγματοποιούνται προγράμματα παιδαγωγικής προσέγγισης STE(A)M. Σε ασιατικές χώρες όπως η Σιγκαπούρη, η Ινδία και η Νότιος Κορέα η ενασχόληση με τις Τέχνες βρίσκεται στο επίκεντρο των Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών των σχολείων τους, όπου διευκολύνονται τέτοιες πρακτικές. Για να εφαρμοστεί η προσέγγιση STEAM πρέπει να υπάρχουν και προϋποθέσεις. Συγκεκριμένα, πρέπει να γίνουν τρεις βασικές αλλαγές. Πρώτον, να αλλάξει το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών από το Υπουργείο Παιδείας, δεύτερον, να γίνουν αλλαγές στο εκπαιδευτικό προσωπικό (επιμορφώσεις) και τρίτον, να αλλάξουν οι διδακτικές πρακτικές του κάθε σχολείου (καινοτομίες).

Αναλυτικά, όσο αναφορά το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών πρέπει να επικεντρωθεί στη μεθοδολογία, στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και στην επικέντρωση των σκοπών και όχι μόνο στη διδασκαλία διδακτικών αντικειμένων του. Το εκπαιδευτικό προσωπικό πρέπει να καταρτιστεί και να εκπαιδευτεί κατάλληλα για την STEAM εκπαίδευση και να αναπτύξει συνεργατικούς δεσμούς. Τέλος, οι διδακτικές πρακτικές του κάθε σχολείου πρέπει να αλλάξουν, πρέπει να αναπτυχθεί η συνεργασία, να αλλάξει ο τρόπος αξιολόγησης των μαθητών, να αναπτυχθούν καινοτομίες, να αξιοποιηθούν στρατηγικές διδασκαλίας με σχέδια εργασίας (projects) καθώς και χρήση τεχνολογικών μέσων και εργαλείων, να εμπλουτιστούν οι τάξεις με υλικά που ενεργοποιούν τους εμπλεκόμενους στη μαθησιακή διαδικασία.

Τα κοινά στοιχεία που εντοπίζονται τόσο στην ανάπτυξη προγραμμάτων και στο σχεδιασμό όσο και στα αποτελέσματά τους, είναι η επικοινωνία, η ενσυναίσθηση, η εφαρμογή γνώσεων-δεξιοτήτων, ο αναλυτικός και συνθετικός τρόπος σκέψης, η επίλυση προβλήματος, ο αναστοχασμός και η συνεργασία (Madden et al, 2013). Άλλα πλεονεκτήματα απ'την υιοθέτηση της προσέγγισης STE(A)M είναι η προσφορά ευκαιριών επιτυχίας σε όλους τους μαθησιακούς τύπους των παιδιών, η ενεργός εμπλοκή των εκπαιδευόμενων, η ολόπλευρη ανάπτυξη της προσωπικότητας, η συνειδητοποίηση της ιστορικής εξέλιξης των επιτευγμάτων και των επιρροών που άσκησαν στις κοινωνίες, η διευκόλυνση της επικοινωνίας, η

ενεργοποίηση του δεξιού ημισφαιρίου του εγκεφάλου (δημιουργικότητα, καινοτομία).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ

### 2.1 Ο ορισμός του ρομπότ

Σύμφωνα με τη Βικιπαίδεια η λέξη ρομπότ προέρχεται από την τσέχικη λέξη *robota* (ρομπότα) που σημαίνει εργασία. Καθιερώθηκε ως όρος με την σημερινή του έννοια το 1920 από τον Τσέχο θεατρικό συγγραφέα Κάρελ Τσάπεκ στο έργο του "R.U.R." (Rossum's Universal Robots), όπου σατιρίζει την εξάρτηση της κοινωνίας από τους μηχανικούς εργάτες (ρομπότ) της τεχνολογικής εξέλιξης και που τελικά εξοντώνουν τους δημιουργούς τους. Σε πολλές σύγχρονες σλαβικές γλώσσες (π.χ. την πολωνική) χρησιμοποιείται σαν έκφραση της καθημερινότητας με την έννοια της σκληρής δουλειάς.

Το ρομπότ είναι ένας αυτόνομος μηχανισμός ή συσκευή που εκτελεί λειτουργίες που προηγουμένως τις έκαναν άνθρωποι. Οι λειτουργίες του αναθέτονται μέσω προγραμματισμού και εν αντιθέσει με τις απλές μηχανές 'αντιλαμβάνεται', 'σκέπτεται' και 'ενεργεί'. Τα ρομπότ καθοδηγούνται από ηλεκτρικά κυκλώματα και κάποιο πρόγραμμα υπολογιστή και αποτελούνται από δομικά μέρη (ρόδες, βραχίονες, γρανάζια κ.α.), ηλεκτρονικά (εγκέφαλος), κινητήρες και αισθητήρες (απόστασης, φωτός, χρώματος, κίνησης κ.α.). Το Αμερικάνικο Ινστιτούτο Ρομποτικής (RIA) ορίζει το ρομπότ ως ένα επαναπρογραμματιζόμενο βραχίονα πολλαπλών λειτουργιών όπου σχεδιάστηκε για τη μεταφορά υλικών, εξαρτημάτων ή εργαλείων μέσω προγραμματισμένων κινήσεων και μεταβλητών, με σκοπό την επίτευξη ενός συνόλου εργασιών.

Τα ρομπότ ως ανθρώπινο κατασκεύασμα, συγκεντρώνουν ιδιότητες Τεχνητής Νοημοσύνης (TN). Συνήθως, χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση δύσκολων ή επικίνδυνων εργασιών ή για να αυτοματοποιήσουν μονότονες και επαναλαμβανόμενες εργασίες, που πρέπει να γίνουν με μεγάλη ταχύτητα και ακρίβεια. Ένα τεχνολογικό παρακλάδι σχετικό με την έρευνα, τη σχεδίαση και την ανάπτυξη μέσω των ρομπότ είναι Ρομποτική. Είναι μια σχετικά, συστηματοποιημένη - καινοτόμος γνώση, η οποία εμπεριέχει την εξελιγμένη μηχανολογία, την τεχνητή νοημοσύνη και την ανάπτυξη λογισμικού, με την παράλληλη μελέτη της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Συνεπώς, η χρήση της ενσωματώνεται σε διάφορους τομείς όπως, της Βιομηχανίας, της Ιατρικής και της Αεροπλοΐας δρώντας καθοριστικά στην ανθρώπινη καθημερινότητα. Η

Ρομποτική προκύπτει μέσα από το συνδυασμό διαφόρων επιστημονικών κλάδων, με πρώτους και κύριους αυτούς της πληροφορικής, της ηλεκτρονικής και της μηχανολογίας.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη και γίνεται μαζική χρήση των ρομποτικών συστημάτων σ'όλους τους τομείς της σύγχρονης ζωής. Ενδεχομένως, αυτό να οφείλεται στην ευκολία που παρέχουν τα ρομπότ στην καθημερινότητά των ανθρώπων και ιδιαιτέρως στη Βιομηχανία. Η χρήση των ρομπότ παρέχει αυτοματοποίηση και αποφέρει ταχύτερη και μεγαλύτερη παραγωγή σε συνάρτηση με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Η διαρκής πρόοδος στην Επιστήμη της Ρομποτικής προσφέρει νέα τεχνολογικά επιτεύγματα. Η βελτίωση των συστημάτων ρομποτικής στην Ιατρική, στην παραγωγή αγαθών – προϊόντων και στην παροχή υπηρεσιών βελτίωσε την ποιότητα ζωής του ανθρώπου. Το ρομπότ φαίνεται ότι αποτελεί μια 'πρόταση ελπιδοφόρα' καθώς βοηθά τον κόσμο να αποφύγει επικίνδυνα, δυσάρεστα, κουραστικά και επαναλαμβανόμενα καθήκοντα. Επίσης, τα ρομπότ βοηθούν σε διασώσεις ανθρώπων και ζώων και χρησιμοποιούνται για την προστασία του περιβάλλοντος.

Η χρήση των ρομποτικών συστημάτων δε στοχεύει στην πλήρη αντικατάσταση του ανθρώπινου δυναμικού με σκοπό να αυξήσει την ανεργία. Αντίθετα, με την εξοικονόμηση χρημάτων θα δημιουργηθούν πιο άνετες και εύκολες συνθήκες εργασίας.

Τέλος, στην Εκπαίδευση, συνεισφέρουν με δυναμικό τρόπο στη βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας και αποτελούν μέσα διασκέδασης και ψυχαγωγίας των μαθητών και συγχρόνως ωφελώντας τους μαθησιακά. Το σημαντικότερο απ'όλα είναι ότι προσανατολίζει τους μαθητές στις θετικές επιστήμες από την πρώτοσχολική τους ηλικία.

## **2.2 Ο ορισμός της Ρομποτικής**

Σύμφωνα με τον Καθηγητή της Επιστήμης της Ρομποτικής Rod Gruben, η ρομποτική είναι κάτι που μας αφορά όλους. Αποτελεί συνισταμένη πολλών άλλων επιστημονικών κλάδων, της Πληροφορικής, της Ηλεκτρονικής και της Μηχανικής. Η Ρομποτική, ως κλάδος της μηχανοηλεκτρικής

επιστήμης, ασχολείται με τη μελέτη, την ανάπτυξη, τη λειτουργία και το σχεδιασμό των ρομπότ και αποτελεί παράγωγος κλάδος της τεχνολογίας του αυτοματισμού. Η χρήση των ρομπότ στην καθημερινή ζωή οδήγησε πολλά εκπαιδευτικά συστήματα στην εισαγωγή της Ρομποτικής σε παιδαγωγικές και διδακτικές δραστηριότητες. Ο Jonassen (2000) ήταν ο πρώτος που πρότεινε την ενσωμάτωση της Ρομποτικής στα πανεπιστήμια. Οι σκέψεις του, ότι δηλαδή τα διάφορα τεχνολογικά μέσα και η τεχνολογία μπορούν να θεωρηθούν ως «νοητικά εργαλεία (cognitive tools)» ή «Mindtools», τα οποία μπορούν να ενισχύσουν και εμπλουτίσουν την εκπαιδευτική διαδικασία, ήταν η αρχή για να ξεκινήσει η ενσωμάτωση της τεχνολογίας στην εκπαιδευτική διαδικασία (Chambers & Carbonaro, 2003). Αρχικά, πραγματοποιήθηκε η ενσωμάτωση τους στα πανεπιστήμια και μετέπειτα στα σχολεία της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης χρησιμοποιώντας ολοκληρωμένα πακέτα ρομποτικής σε συνδυασμό με κατάλληλα περιβάλλοντα προγραμματισμού (Klassner & Anderson, 2003). Έχει ερευνηθεί, ότι η Εκπαιδευτική Ρομποτική βοηθάει τους μαθητές να επιλύσουν σύνθετα προβλήματα (Blanchard, 2010) και να αναπτύξουν δεξιότητες υπολογιστικής σκέψης (Touretzky, 2013).

### **2.3 Ο ορισμός της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής**

Η εκπαιδευτική ρομποτική θεωρείται μια καινοτόμα μαθησιακή μέθοδος που στηρίζεται επιστημονικά στις μεθόδους και στις αρχές των κατασκευών της Μηχανικής και της Τεχνολογίας, στους νόμους της Φυσικής στους αλγεβρικούς υπολογισμούς των Μαθηματικών και της αλγοριθμικής λογικής και στον προγραμματισμό του τομέα της Πληροφορικής.

Ο τομέας της εκπαιδευτικής ρομποτικής τα τελευταία χρόνια, τόσο στην Ελλάδα όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, καθιερώνεται όλο και περισσότερο στην εκπαιδευτική πραγματικότητα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η χρήση των ρομποτικών κατασκευών να επηρεάζει άμεσα και διαρκώς την κοινωνία σε διάφορα επίπεδα (παραγωγή, ψυχαγωγία, ιατρικές εφαρμογές). Επιπροσθέτως, λόγω της νέας εκπαιδευτικής προσέγγισης STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) αποτελεί ένα θεμελιώδες κομμάτι της βασικής εκπαίδευσης σε όλα τα εκπαιδευτικά συστήματα του κόσμου.



Οι βασικές συνιστώσες που την συνθέτουν είναι οι παρακάτω:

**STE(A)M:** Συνδυάζει στοιχεία βασικών επιστημών (φυσική, μηχανική, μαθηματικά) και νέων τεχνολογιών πληροφορικής (ανάπτυξη λογισμικού) και Τέχνης.

**Κονστραξιονισμός: «Learn by doing».** Οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά με την μάθησή τους και αναπτύσσουν δεξιότητες, όπως, επίλυση προβλημάτων και υπολογιστική σκέψη.

**Συνεργατική Μάθηση:** Κυριαρχεί η αλληλεπίδραση των μαθητών, μεταξύ τους και στην συνέχεια με το δάσκαλο. Ο δάσκαλος μετατρέπεται σε σύμβουλο της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

Με τον όρο «Εκπαιδευτική Ρομποτική» αναφερόμαστε στη διδακτική πρακτική, στην οποία εμπλέκεται ο εκπαιδευτικός, χρησιμοποιώντας το ρομπότ ως εργαλείο ολοκλήρωσης και σχεδιασμού της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Misirli & Komis, 2014) όπου άρχισε σταδιακά να δημιουργείται τη δεκαετία του 1960 μέσα απ'το παιδαγωγικό κίνημα της Logo με δημιουργό τον S.Papert. Σε γενικές γραμμές, είναι μια προσέγγιση μάθησης που υλοποιείται μέσω διαφόρων συνθετικών εργασιών (project based learning), που προσανατολίζονται απ'τη χρήση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση. Επίσης, στηρίζεται στη θεωρία του J.Piaget για τον εποικοδομισμό της γνώσης (constructivism) και στην κονστραξιονιστική μάθηση (constructionist) σύμφωνα με τον S.Papert.

Όσο αναφορά την εκπαιδευτική πλευρά, η εκπαιδευτική ρομποτική εμπνέεται από δύο βασικές θεωρίες όπως αναφέρθηκε και παραπάνω :

- Την κονστρουκτιβιστική θεωρία του J.Piaget, όπου η βασική πηγή γνώσης αποτελεί η ίδια η πράξη που ασκεί το παιδί στο περιβάλλον του, δηλαδή η ενεργητική δημιουργία της γνώσης από το ίδιο το παιδί μέσω εποικοδομητικών διεργασιών, με τις οποίες είναι από τη φύση του προικισμένο. Τα παιδιά «κατά την ενέργεια επί του κόσμου» (Cole & Cole, 2002).

- Την κονστρουξιονιστική θεωρία του S.Papert, όπου οι μαθητές κατασκευάζουν νοητικά μοντέλα για να κατανοήσουν τον κόσμο γύρω τους. Ο κονστρουξιονισμός υποστηρίζει την μαθητοκεντρική μάθηση, σύμφωνα με την οποία οι μαθητές χρησιμοποιούν πληροφορίες που ήδη γνωρίζουν για να αποκτήσουν περισσότερες γνώσεις. Οι μαθητές μαθαίνουν συμμετέχοντας σε

συνθετικές εργασίες (projects), όπου κάνουν συνδέσεις μεταξύ διαφορετικών ιδεών και τομέων γνώσης. Σε αυτή τη διαδικασία, οι δάσκαλοι υποστηρίζουν και διευκολύνουν τους μαθητές, αντί να τους καθοδηγούν με τη χρήση διαλέξεων ή καθοδήγησης βήμα προς βήμα. Επιπλέον, ο κονστρουξιονισμός θεωρεί ότι η μάθηση μπορεί να συμβεί πιο αποτελεσματικά όταν οι άνθρωποι συμμετέχουν ενεργητικά στην κατασκευή υλικών αντικειμένων, στον πραγματικό κόσμο (Πηγή : Stem.edu.gr).

Βασικό εργαλείο της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής αποτελεί οποιοδήποτε ρομποτικό σύστημα με δυνατότητες προγραμματισμού. Τα ρομπότ μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο σχολικό περιβάλλον ως αποτελεσματικά εργαλεία για την ανάπτυξη γνωστικών δομών από τους σπουδαστές, καθώς και μέσα για την αφομοίωση τεχνικών γνώσεων. Κυρίαρχο αντικείμενο της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής είναι η 'ανάπτυξη εφαρμογών' με σκοπό να προετοιμάσει τους μαθητές στις Νέες Τεχνολογίες. Η δυναμική της εκπαιδευτικής ρομποτικής οδηγεί τους μαθητές στο να συνθέσουν με μια μηχανική οντότητα και να την κατευθύνουν με τη βοήθεια ενός εύχρηστου και απλού προγραμματιστικού περιβάλλοντος (π.χ Lego WeDo 2.0-scratch).

Μέσω της βιωματικής προσέγγισης που χαρακτηρίζει την εκπαιδευτική ρομποτική, παρατηρείται ενδυνάμωση των απαραίτητων κοινωνικών ικανοτήτων και δεξιοτήτων. Οι σπουδαστές του 21<sup>ου</sup>, όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων, ενημερωμένοι και καταρτισμένοι σε υψηλό επίπεδο στις νέες τεχνολογίες, δείχνουν ιδιαίτερη περιέργεια και ζήλο για τη ρομποτική, κάνοντας έκδηλο τον ενθουσιασμό τους απ'τις πρώτες κιάλας φορές που πλησιάζουν το εκάστοτε εκπαιδευτικό ρομπότ.

## **2.4 Λόγοι εισαγωγής της ρομποτικής στην εκπαίδευση**

Μέσα από την εμπειρία αλλά και από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στις μέρες μας, παρατηρείται όλο και περισσότερο το θετικό κλίμα εφαρμογής της ρομποτικής στο χώρο της εκπαίδευσης. Ενώ τα διάφορα εκπαιδευτικά προγράμματα συμπεριλαμβάνουν σενάρια μαθηματικών και φυσικής, ωστόσο δε φαίνεται να δίνεται ουσιαστική έμφαση στην διαδικασία επίλυσης των προβλημάτων ,στην κατανόηση της αξίας των αριθμών και της ερευνητικής διαδικασίας (Romero, 2012).

Η εισαγωγή της ρομποτικής στην εκπαίδευση κρίνεται σημαντική για πολλούς και διάφορους λόγους, που ωφελούν τον ίδιο το μαθητή. Ο λόγος που δίνεται έμφαση στην εκπαιδευτική ρομποτική οφείλεται στο γεγονός ότι αφηρημένα σενάρια και ιδέες λαμβάνουν συγκεκριμένη υπόσταση. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να παρατηρήσουν άμεσα τις επιδράσεις στις κατασκευές τους, μέσω των προγραμματιστικών εντολών που εκτελούν (Kazakoff, 2012). Επιπρόσθετα, μέσα απ'την έρευνα της L. Scollins που διεξήχθη το 2014 σε μία επαρχιακή πόλη της Νέας Υόρκης που περιλάμβανε μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, διαπιστώθηκε ότι οι ομάδες που είχαν εξοικειωθεί με τη ρομποτική, παρουσίασαν αυξημένες ικανότητες ομαδικής εργασίας αλλά και καλύτερες μαθησιακές επιδόσεις.

Το παιδί απ'τα πρώτα του χρόνια αποκτά διάφορες δεξιότητες όπως της δημιουργίας, της κατασκευής και του σχεδιασμού. Σε αυτήν την παραδοχή βασίστηκε και η εκπαιδευτική ρομποτική με σκοπό να τις εφαρμόσει σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης και να αποτελέσει για το σπουδαστή μια διασκεδαστική και ενδιαφέρουσα δραστηριότητα, η οποία εντάσσει το μαθητή στην ενεργό δράση. Ο τρόπος ενσωμάτωσης της ρομποτικής στην εκπαίδευση επιτυγχάνεται εύκολα και εξαρτάται από τα ενδιαφέροντα της τάξης και της θεματολογίας των μαθημάτων, π.χ. μέσω της δημιουργίας «εφευρέσεων», της κατασκευής ενός περιβαλλοντολογικού φαινομένου κ.α. (Cejka,2006).

Ακόμη, η εκπαιδευτική ρομποτική υποβοηθά και τη διδασκαλία άλλων μαθημάτων (Φυσική, Μαθηματικά κ.α), όπου το περιεχόμενο τους τις περισσότερες φορές δε γίνεται άμεσα αντιληπτό απ'τους μαθητές. Συγκεκριμένα υποβοηθά τα παρακάτω μαθήματα:

- Στη **Φυσική** για την κατανόηση και τη μελέτη εννοιών και φυσικών φαινομένων. Μέσω του εκπαιδευτικού πακέτου Lego Mindstorms δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να μάθουν ορισμένες βασικές αρχές που σχετίζονται με την τήξη-πήξη, τη θερμότητα κ.α.
- Στα **Γεωμετρία** και τα **Μαθηματικά** για την καλύτερη εκμάθηση των αποστάσεων και των αναλογιών καθώς και της κατανόησης γεωμετρικών ιδιοτήτων, όπως της περιμέτρου, του εμβαδού κ.α. Μέσω της δυναμικής αναπαράστασης μαθηματικών εννοιών και φαινομένων γίνεται πληρέστερη η κατανόησή τους (Savard, 2015).

- Στην **Πληροφορική**. Οι καθηγητές Καγκάνης, Δαγδιλέλης, Σατρατζέμης και Ευαγγελίδης (2005) πρότειναν μια εναλλακτική προσέγγιση της διδασκαλίας των βασικών αρχών του προγραμματισμού με τη βοήθεια του Lego Mindstorms RCX.
- Στη **Μηχανική** για την αξιολόγηση, τον έλεγχο και την κατασκευή μηχανικών λύσεων.
- Στην **Τεχνολογία** για την εκμάθηση και παρατήρηση διάφορων τεχνολογικών επιτευγμάτων.
- Στην **Ιστορία** για την απόκτηση γνώσεων για τα εκάστοτε τεχνολογικά εργαλεία που χρησιμοποιούσαν εκείνη την εποχή, αξιολογώντας παράλληλα και την προσωπικότητα ή το έργο προγενέστερων ιστορικών προσωπικοτήτων και μορφών.
- Στη διδασκαλία μαθημάτων γλώσσας, διότι ενισχύει την επιχειρηματικότητα, την εκφραστικότητα και τις δεξιότητες που αφορούν το λεξιλόγιο των μαθητών μέσω της επεξήγησης που ανατροφοδοτείται μετά το πέρας των εργασιών τους.
- Στην ανάπτυξη «διαθεματικών» μαθημάτων ή εργασιών, διότι η ρομποτική ενδείκνυται για την ταυτόχρονη διδασκαλία αρκετών γνωστικών αντικειμένων, όπως της Φυσικής, των Μαθηματικών, της Πληροφορικής αλλά και του θεάτρου, της λογοτεχνίας, των τεχνών, της ιστορίας κ.α.

Ακόμη, πέρα απ'τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα η εκπαιδευτική ρομποτική μπορεί να συνεισφέρει σε αποτελεσματικό βαθμό και σ'άλλους τομείς, στο συναισθηματικό (αυτοπεποίθηση, αυτοεκτίμηση, διάθεση) και στο κοινωνικό (αίσθημα ομαδικότητας, κοινωνικοποίηση). Οι εκπαιδευτικοί, πλέον, έχουν τη δυνατότητα να πετύχουν την ανάπτυξη βασικών δεξιοτήτων, χρήσιμων για κάθε πολίτη του 21<sup>ου</sup> αιώνα, όπως της συνεργασίας, της επίλυσης προβλημάτων, της καινοτομίας, των προγραμματιστικών και επικοινωνιακών δεξιοτήτων και της κριτικής σκέψης.

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, δημιουργήθηκαν σύγχρονα μαθησιακά εργαλεία που βοηθούν τον εκπαιδευτικό να παρέχει ένα πιο ενδιαφέρον, ανανεωμένο και ελκυστικό μάθημα. Στις μέρες μας, οι μαθητές θεωρούν αυτονόητη και δεδομένη την πρόσβασή τους σε οποιαδήποτε πληροφορία μέσω του κινητού τηλεφώνου, του υπολογιστή ή του tablet. Αυτή

η κατάσταση έρχεται σε αντίθεση με την πραγματικότητα του ελληνικού σχολείου, όπου η προσέγγιση της γνώσης αντιμετωπίζεται «παραδοσιακά», μέσω των βιβλίων. Αυτό, δε σημαίνει πως η βασική γνώση που πρέπει να διδαχθεί απέχει πολύ απ'την παλαιότερη, αλλά ότι θα ήταν καλό να συμβαδίζει περισσότερο με το καθημερινό περιβάλλον των παιδιών.

Εν κατακλείδι, πέρα απ'τις θετικές συνέπειες που επιφέρει η εισαγωγή της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στους μαθητές, φέρνει και θετικά αποτελέσματα και στους εκπαιδευτικούς, όπως εξοικείωση με διαφορετικές παιδαγωγικές προσεγγίσεις και μεθόδους, δημιουργία πρωτοποριακών συνεργασιών ανάμεσα σε εκπαιδευτικούς, μηχανικούς και δασκάλους (υπεύθυνους για τη δημιουργία του αναλυτικού προγράμματος σπουδών), ανανεωμένα σχολικά προγράμματα βασισμένα στη χρήση τεχνολογίας (Bers, 2006).

## **2.5 Τρόποι εισαγωγής της Ρομποτικής στην Εκπαίδευση**

Η Ρομποτική στην Εκπαίδευση επιτυγχάνει την ανάπτυξη και την εξέλιξη, και αποτρέπει τη στασιμότητα και την κρίση. Η συμπερίληψή της στα διάφορα μαθησιακά στάδια μπορεί να αποβεί καθοριστική. Για να επιτευχθεί αυτό, υπάρχει μια πληθώρα από ήδη αποτελεσματικές και δοκιμασμένες ιδέες στο χώρο της εκπαίδευσης για την υποστήριξη της Ρομποτικής, όπως :

- Η διοργάνωση θερινών μαθημάτων και κατασκηνώσεων με αντικείμενο τη Ρομποτική, τα οποία περιλαμβάνουν δραστηριότητες, ομιλίες, εκπαιδευτικές εκδρομές και ομαδικές εργασίες, για τους συμμετέχοντες.
- Η ενθάρρυνση των μαθητών για τη συμμετοχή τους σε διαγωνισμούς Ρομποτικής, οι οποίοι παρέχουν στους μαθητές την ευκαιρία να εργαστούν ομαδικά μέσα σ'ένα συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο, να δοκιμάσουν τις ικανότητές τους και ν'αποκτήσουν νέες δεξιότητες μέσα σε πνεύμα ευγενούς άμιλλας. Οι διαγωνισμοί τέτοιου είδους παρέχουν σταθερά και ισχυρά κίνητρα στους μαθητές και μεγάλο ενδιαφέρον γύρω απ'την Ρομποτική.
- Η δημιουργία εργαστηρίων Ρομποτικής σε όλα τα σχολεία.
- Η διδασκαλία της Πληροφορικής και του Προγραμματισμού μέσω της χρήσης του ρομπότ.

- Η συχνή χρήση ρομπότ κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών και της Φυσικής, με στόχο την καλύτερη κατανόηση και εξήγηση δυσνόητων φαινομένων και εννοιών.
- Η ανάθεση διαθεματικών εργασιών και project ανά τακτά χρονικά διαστήματα με τη χρήση του ρομπότ.
- Η ανάπτυξη ειδικών μαθημάτων (STEM), με στόχο την εισαγωγή της Ρομποτικής.
- Η εισαγωγή διαλέξεων με θέμα τη Ρομποτική.
- Η χρήση του ρομπότ ως εκπαιδευτικό παιχνίδι απ'τα πρωτοσχολικά χρόνια.
- Η ενθάρρυνση και υποστήριξη από τους γονείς των μαθητών που διδάσκονται τη Ρομποτική. Οι γονείς παρόλο που αναγνωρίζουν τα θετικά στοιχεία που παρέχει η Εκπαιδευτική Ρομποτική, εντούτοις οι ίδιοι αισθάνονται ανασφαλείς και χωρίς τις γνώσεις που απαιτούνται, προκειμένου να βοηθήσουν τα παιδιά τους (Lin, 2012).

## **2.6 Ρομποτικές πλατφόρμες στην εκπαίδευση στην Ελλάδα**

Στην Ελλάδα, τα τελευταία χρόνια, δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής διδάσκονται πλέον σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, αυτό οφείλεται στη διαθεσιμότητα ειδικών κατασκευαστικών πακέτων (construction kits) απλού χειρισμού και χαμηλού κόστους. Αυτά τα πακέτα συνήθως περιλαμβάνουν μηχανές, μικροεπεξεργαστές, κινητήρες, αισθητήρες όπου με τη βοήθεια κατασκευαστικών υλικών (τουβλάκια) συνδέονται οι ρομποτικές κατασκευές. Το κάθε πακέτο, συνήθως συνοδεύεται από κάποιο κατάλληλο λογισμικό (π.χ. scratch) και επιτρέπει τον προγραμματισμό της συμπεριφοράς του ρομπότ (Δημητριάδης, 2015).

Μελετώντας τις έρευνες, διαπιστώνει κανείς ότι οι ρομποτικές πλατφόρμες διαφοροποιούνται ανάλογα με τις δεξιότητες και τις ανάγκες του κάθε χρήστη που επιλέγει να ασχοληθεί με την εκπαιδευτική ρομποτική. Πολλά λογισμικά εμφανίστηκαν με τη χρήση μικροεπεξεργαστών - μικροελεγκτών και διαθέτουν πάνω σε πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος εισόδους και εξόδους, οι οποίες προγραμματίζονται με τη βοήθεια ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή (H/Y). Συσκευές όπως κινητήρες, λαμπτήρες,

διακόπτες, κ.α, συνδέονται στο βασικό κύκλωμα του μικροεπεξεργαστή, αλλά και αισθητήρες (χρώματος, θερμοκρασίας, απόσταση, φωτός κ.α.) για την κατασκευή αυτοκινούμενων ρομπότ, συστημάτων αυτόματου ελέγχου και κινούμενων μερών. Σε αυτές τις ρομποτικές συσκευές συγκαταλέγονται τα εκπαιδευτικά ρομπότ Lego Mindstorms RCX, NXT και EV3, της εταιρίας Lego (Dagdilelis, Sartatzemi, & Kagani, 2005). Τα ρομπότ Lego Mindstorms χρησιμοποιούνται για την εκμάθηση προγραμματισμού σε αρχάριους μαθητές.

Οι πιο γνωστές πλατφόρμες που χρησιμοποιούνται στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα αλλά και παγκοσμίως είναι: Arduino, Thymio II, Lego Mindstorms RCX, Lego WeDo, EV3, NXT και BOE-Bot, Bee-Bot, Raspberry pi, και χρησιμοποιούνται σε πολλές έρευνες και εφαρμογές της εκπαιδευτικής ρομποτικής για την επίλυση προβλημάτων. Αυτές οι πλατφόρμες βασίζονται σε στοιχειώδεις γλώσσες προγραμματισμού, όπου οι εκπαιδευόμενοι χρησιμοποιούν απλές εντολές σε ψευδοκώδικα, πλοηγούν μέσω της χρήσης πλήκτρων κατεύθυνσης και ακολουθούν δομές προγραμματισμού (δομή ακολουθίας, επιλογής και επανάληψης), ανάλογα με την ηλικία τους. Τα πιο πολλά περιβάλλοντα διαθέτουν οπτικό προγραμματισμό. Γι' αυτό το λόγο έχουν αναπτυχθεί διάφορα εργαλεία λογισμικού για την προσομοίωση εφαρμογών ρομποτικής, όπως οι Γλώσσες Οπτικού Προγραμματισμού (VPL), όπου οι χρήστες προγραμματίζουν μέσω γραφικών στοιχείων, αντί κειμένου (Παπαδόπουλος, 2017). Κυρίαρχη γλώσσα σ' αυτό το χώρο είναι η Logo. Παρακάτω αναφέρονται οι σημαντικότερες ρομποτικές πλατφόρμες που χρησιμοποιούνται στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα.

### **2.6.1 Η έξυπνη μέλισσα Bee-Bot**

Η έξυπνη μέλισσα Bee-Bot είναι ρομπότ που έχει τη μορφή μέλισσας (Εικόνα 2), τα παιδιά προσχολικής ηλικίας καθώς και των πρώτων τάξεων δημοτικής εκπαίδευσης τη χρησιμοποιούν προκειμένου να επιλύσουν προβλήματα ανοικτού τύπου και να προγραμματίσουν σύνθετες διαδρομές στο δάπεδο (why,2019). Με τα πλήκτρα εντολών, τα παιδιά δημιουργούν μια σειρά από εντολές (δομή ακολουθίας) και προγραμματίζεται εύκολα μέχρι και 40 βήματα. Οι οδηγίες επιβεβαιώνονται με χαρακτηριστικό ήχο και

αναβοσβήνοντας τα μάτια. Παρέχει μεγάλη ποικιλία διαθέσιμων σεναρίων, στρέφεται με ακρίβεια αριστερά ή δεξιά κατά 90° και κινείται με βήμα 15 εκατοστών. Με το πλήκτρο GO εκτελούνται οι εντολές, έχει δυο πλήκτρα για να διαγράψεις την εντολή και τη μνήμη και ένα πλήκτρο πάγωμα (Pause) καθώς εκτελούνται οι εντολές (beebot, 2020).



**Εικόνα 2** : Η έξυπνη μέλισσα Bee-Bot

Πηγή : [Bee Bot Archives - Eduk8 - LEGO® Education Academy Ελλάδα | Προϊόντα ρομποτικής](#)

Το Pro-Bot (Εικόνα 3) θεωρείται η εξέλιξη του Bee-Bot αλλά με αυξημένες δυνατότητες. Μοιάζει με αγωνιστικό αυτοκίνητο και δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να το προγραμματίσουν με τη γλώσσα Logo με σκοπό να το ελέγξουν. Οι εντολές εισάγονται με τη βοήθεια των πλήκτρων με αριθμούς και βέλη. Οι σπουδαστές μπορούν πατώντας τα πλήκτρα να ελέγξουν τη διαδρομή του ρομπότ. Με την πίεση του πλήκτρου GO γίνεται η εκτέλεση των εντολών και το Pro-Bot κινείται στην προγραμματιζόμενη διαδρομή. Η οθόνη υγρών κρυστάλλων που διαθέτει διευκολύνει τον επιτόπιο προγραμματισμό, διότι οι εντολές εμφανίζονται καθώς πιέζεται ένα πλήκτρο. Ο εκπαιδευόμενος μπορεί να τροποποιήσει και να επεξεργαστεί απευθείας την οθόνη, με σκοπό να τροποποιήσει τη διαδρομή. Ακόμη, οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να εκτελούν εντολές με τη βοήθεια ενός αριθμητικού πληκτρολογίου (Μισιρλή, 2015).





**Εικόνα 3:** Το προγραμματιζόμενο ρομπότ Pro-Bot

Πηγή : [Bee Bot Archives - Eduk8 - LEGO® Education Academy Ελλάδα | Προϊόντα ρομποτικής](#)

### 2.6.2 Thymio II

Το Thymio II (Εικόνα 4) είναι μια απλή δισκοειδής διαφορεική πλατφόρμα 10 εκ, αναπτύχθηκε στην Ελβετία με στόχο να προσφέρει στο ευρύ κοινό τη δυνατότητα κατανόησης των βασικών εννοιών της ρομποτικής και του προγραμματισμού. Είναι ένα σύγχρονο εκπαιδευτικό ρομπότ για όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης από το δημοτικό μέχρι το πανεπιστήμιο. Βασίζεται στη χρήση ενεργοποιητών και αισθητήρων και μέσα απ'τα χρώματα, τους ήχους και τις κινήσεις ελκύει τους εκπαιδευόμενους. Με τη βοήθεια των αισθητήρων μπορεί να ακολουθήσει αντικείμενα, να αποφύγει εμπόδια, να υπολογίσει αποστάσεις, να ενεργοποιηθεί με τον ήχο, να ζωγραφίσει ακόμη και να αναπαράγει μελωδίες και ήχους. Συνδέεται με τον Η/Υ και με το τάμπλετ ασύρματα ή ενσύρματα και προγραμματίζεται απ'το δωρεάν λογισμικό ανοιχτού κώδικα «Aseba Studio» σε τρία προγραμματιστικά περιβάλλοντα, από αρχάριους μέχρι και προχωρημένους χρήστες (Siegfried, Klingler, Gross, Sumner, Mondana & Mgnetat, 2017).



**Εικόνα 4:** Το ρομπότ Thymio II

Πηγή : [Εκπαιδευτικό Ρομπότ Thymio](#)

### 2.6.3 Lego Education WeDo 2.0

Το πακέτο Lego Education WeDo 2.0 (Εικόνα 5) είναι ένα κατάλληλο εργαλείο για δραστηριότητες στο πλαίσιο της προσέγγισης STEAM και αποτελεί βασικό σύστημα της εκπαιδευτικής ρομποτικής. Σχεδιάστηκε για τους μαθητές του Δημοτικού (για ηλικία 7+), με σκοπό να εδραιώσει τη ρομποτική στα σχολεία. Οι μαθητές μέσω των εκπαιδευτικών σεναρίων και των διαφόρων διαθεματικών δραστηριοτήτων βελτιώνουν τις ικανότητές τους στα πεδία των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής, των Μαθηματικών και του Προγραμματισμού.

Στο βασικό κουτί Lego Education WeDo 2.0 περιλαμβάνονται δίσκοι διαλογής των δομικών στοιχείων, συνοδευτικές αυτοκόλλητες ετικέτες, το Smarthub, ένας μεσαίος κινητήρας, ένας αισθητήρας κίνησης, ένας αισθητήρας κλίσης και 280 δομικά στοιχεία τουβλάκια LEGO. Τέλος, συνοδεύεται απ'το δωρεάν λογισμικό του LEGO Education WeDo 2.0 που είναι εύκολο και κατανοητό και συνδέεται μεταξύ του Smarthub και της συσκευής μέσω Bluetooth. Περιλαμβάνει εισαγωγικές δραστηριότητες

παρέχοντας τη δυνατότητα για εξοικείωση με το εργαλείο τεκμηρίωσης, το λογισμικό και το υλικό.



**Εικόνα 5:** Το βασικό πακέτο Lego Education WeDo 2.0

Πηγή : [LEGO Education WEDO 2.0 \(8 έως 10 ετών\) – Δημόσια Κεντρική Βιβλιοθήκη Βέροιας \(libver.gr\)](#)

#### 2.6.4 Lego Mindstorms RCX, NXT, EV3

Τα Lego Mindstorms RCX, NXT, EV3 είναι δημοφιλή προϊόντα προγραμματιζόμενων ρομποτικών κατασκευών που προσφέρουν στους εκπαιδευμένους τη δυνατότητα να προγραμματίσουν τη συμπεριφορά και να κατασκευάσουν ένα ρομπότ. Η πρώτη γενιά Lego, στα τέλη της δεκαετίας του '90, παρουσίασε το προϊόν Lego Mindstorms με τον προγραμματιζόμενο κύβο RCX με έλεγχο κινητήρων και αισθητήρων, καθώς και με δυνατότητα για αποθήκευση του προγράμματος (Εικόνα 6). Το πρώτο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού ονομάστηκε Lego sheets. Στο αρχικό πακέτο Mindstorms Robotics Invention System περιέχονται δύο αισθητήρες αφής, δύο κινητήρες και ένας αισθητήρας φωτός (MindstormsBrickpedia, 2020).



**Εικόνα 6:** Lego Mindstorms RCX

Πηγή : [LEGO MINDSTORMS RCX \(sch.gr\)](http://LEGO MINDSTORMS RCX (sch.gr))

Η επόμενη γενιά προγραμματιζόμενου τούβλου NXT, εμφανίστηκε το 2006. Το Lego Mindstorms NXT (Εικόνα 7) προγραμματίζεται με διάφορες γλώσσες προγραμματισμού (π.χ. NXT, JavaRobot, RobotJ), και περιλαμβάνει ποικιλία από αισθητήρες κίνησης, φωτός, ήχου, υγρασίας κ.α.



**Εικόνα 7:** Lego Mindstorms NXT

Πηγή : [LEGO Mindstorms NXT- Buy Online in Greece at Desertcart - 1613328.](http://LEGO Mindstorms NXT- Buy Online in Greece at Desertcart - 1613328.)

Σήμερα διατίθεται η νεότερη έκδοση του Lego Mindstorms EV3 (Εικόνα 8) η οποία διαθέτει τον μικροεπεξεργαστή της εταιρίας Texas Instruments (300 MHz), υποδοχή για μνήμη microSD, μνήμη 64 MB RAM, συνδέσεις Wi-Fi – Bluetooth, θύρα USB και δυνατότητα σύνδεσης με την εφαρμογή της Apple (Δημητριάδης, 2015). Η φιλοσοφία σχεδίασης του εκπαιδευτικού υλικού της Lego, βασίζεται στην άποψη ότι η μάθηση επέρχεται μέσα απ'το παιχνίδι (Hussain, Lindh & Shukur, 2006).



**Εικόνα 8:** Lego Mindstorms EV3

Πηγή : [Lego MINDSTORMS EV3 Education kit \(with software\) \(generationrobots.com\)](http://www.generationrobots.com)

### 2.6.5 Arduino

Το Arduino (Εικόνα 9) είναι μια απλή μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα (μικροελεγκτής μονής πλακέτας), διαθέτει ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους-εξόδους, και προγραμματίζετε με τη γλώσσα Wiring, ουσιαστικά είναι μια γλώσσα προγραμματισμού C++ και διαθέτει σύνολο από βιβλιοθήκες, υλοποιημένες με C++. Στο πρακτικό μέρος, συνδέεται, είτε ενσύρματα μέσω USB είτε ασύρματα μέσω Bluetooth ή Wi-Fi με τον Η/Υ και προγραμματίζετε μέσω ειδικού περιβάλλοντος. Ακόμη, έχει υποδοχές στις οποίες συνδέονται διάφοροι αισθητήρες (sensors) όπως για παράδειγμα αισθητήρας θερμοκρασίας, υγρασίας, μέτρησης απόστασης κ.τλ. και ενεργοποιητές (actuators) όπως συσκευές παραγωγής ήχου, κινητήρες, LED κ.τλ (Μπελεσιώτης & Κόκκινος, 2012).

Με την πάροδο των ετών, η εκπαιδευτική ρομποτική γίνεται όλο και πιο γνωστή, οι εκπαιδευτές τείνουν να χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο την πλακέτα Arduino στα σχολεία τους, είτε ως μέσο για την εξήγηση άλλων φαινομένων και εννοιών είτε για την εκμάθηση προγραμματισμού.

Οι λόγοι που επικαλούνται οι εκπαιδευτές και εντάσσουν την τεχνολογία Arduino στην εκπαίδευση έναντι άλλων πλατφορμών εκπαιδευτικής ρομποτικής είναι οι εξής:

- Μικρό κόστος (20 ευρώ το γνήσιο, 5 ευρώ οι απομιμήσεις)
- Interaction design
- Open-Source
- Απεριόριστες δυνατότητες
- Ευελιξία - Ευχρηστία
- Physical computing
- Εκμάθηση οπτικού προγραμματισμού



**Εικόνα 9:** Πλακέτες Arduino

Πηγή : [PowerPoint Presentation \(uth.gr\)](http://PowerPoint Presentation (uth.gr))

### 2.6.6 Raspberry Pi

Το Raspberry Pi (Εικόνα 10) είναι ένας υπολογιστής με χαμηλό κόστος και με μικρό μέγεθος, που μπορεί χρησιμοποιηθεί αν συνδεθεί σε οθόνη ή τηλεόραση, αλλά και με πληκτρολόγιο και ποντίκι. Οι δυνατότητές του είναι απεριόριστες, πλοηγείτε στο διαδίκτυο, επεξεργάζεται κείμενα κ.λπ. Το 2006, αναπτύχθηκε η ιδέα απ'τους Rob Mullins, Eben Upton, Jack Lang και Alan

Mycroft στο εργαστήριο Η/Υ του πανεπιστημίου του Cambridge στην Αγγλία, διότι διαπίστωσαν τη σταδιακή πτώση των δεξιοτήτων/ικανοτήτων των μαθητών που συμμετείχαν στα μαθήματα της πληροφορικής (Raspberry Pi Foundation, 2014). Έτσι ιδρύθηκε το Raspberry Pi Foundation, με σκοπό να δώσει σε όσα περισσότερα παιδιά και ενήλικες τη δυνατότητα να εμπλακούν με τον προγραμματισμό και ακόμη να εργαστούν στον τομέα της πληροφορικής.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, είναι μια συσκευή που δίνει τη δυνατότητα σε ανθρώπους διαφορετικών ηλικιών να πειραματιστούν με τον Η/Υ και τον προγραμματισμό σε γλώσσες όπως η Python και το Scratch. Το Raspberry Pi αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του και χρησιμοποιείτε σε έργα ψηφιακής δημιουργίας, διότι διαθέτει ακίδες για είσοδο και έξοδο δεδομένων (GPIOpins), ώστε να ελέγχεται και να προγραμματίζεται το Raspberry Pi. Στις ακίδες συνδέονται κουμπιά, λυχνίες LED, αισθητήρες, κινητήρες κ.λπ.



**Εικόνα 10:** Raspberry Pi

Πηγή : [Raspberry Pi 3 Model B - Devobox](#)

Πολλά ιδρύματα επιλέγουν να χρησιμοποιούν το Raspberry Pi για τις εκπαιδευτικά τους σενάρια, γιατί είναι:

- Οικονομική λύση για αγορά.
- Πλήρες (δε χρειάζεται να αγοράσεις πρόσθετα εξαρτήματα για να επεκτείνεις τη λειτουργία τους).
- Αξιοποιήσιμα μελλοντικά απ'το σχολείο ως Η/Υ, όταν τελειώσει το εκπαιδευτικό σενάριο (Γεωργιάδης, 2015).

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Μεγάλες τεχνολογικές εξελίξεις παρατηρήθηκαν στους τομείς της Ψηφιοποίησης, της Τεχνητής Νοημοσύνης και της Τεχνολογίας, όπου άλλαξαν με ριζικό τρόπο τον τρόπο που επικοινωνούμε, δημιουργούμε, και εργαζόμαστε και μας εισήγαγαν στην 4η Βιομηχανική Επανάσταση (Schwab, 2017). Υπάρχουν εκτιμήσεις ότι παγκοσμίως περίπου το 50% των τωρινών εργασιών θα μπορούσαν να ήταν αυτοματοποιημένα, ενώ μέχρι το 2030 επικρατεί η άποψη ότι θα έχουμε 90% αύξηση σε σχέση με το 2016 σε αναπτυγμένες δεξιότητες Πληροφορικής και Προγραμματισμού (Knowledge for policy European Commission, 2019). Στην εποχή μας, περισσότερο απ'το 90% των επαγγελματιών ζητούν γνώσεις προγραμματισμού και σε πολλές περιπτώσεις βασικές ψηφιακές δεξιότητες (the 21st century skill, 2018).

Εξαιτίας του ταχύτατα μεταβαλλόμενου ψηφιακού κόσμου, τα προγράμματα σπουδών απαιτούν από τους μαθητές όχι μόνο ν'αναπτύξουν τις ψηφιακές δεξιότητες που ορίζει το Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Ψηφιακών Ικανοτήτων για τους πολίτες, DigComp 2.0 όπως εγγραμματισμός ανάλυσης δεδομένων και πληροφοριακός εγγραμματισμός (information and data literacy), ασφάλεια, συνεργασία, αμοιβαία σχέση, επίλυση προβλημάτων και δημιουργία ψηφιακού περιεχομένου αλλά και να εξελίξουν βασικές δεξιότητες προγραμματισμού, δημιουργικότητας, κριτικής σκέψης, υπολογιστικής Σκέψης και κοινωνικής-συναισθηματικής νοημοσύνης (Bar-On & Parker, 2000).

Συνεπώς, η αναγκαιότητα για εκπαίδευση των μαθητών γίνεται ακόμη πιο επιτακτική εξαιτίας της ραγδαίας ανάπτυξης της Τεχνητής Νοημοσύνης και των εφαρμογών Μηχανικής Μάθησης. Έτσι, θα βελτιωθούν διάφοροι τομείς της καθημερινής ζωής (παραγωγή, υγεία, διασκέδαση, εκπαίδευση, κλιματική αλλαγή, γεωργία, επικοινωνία, μετακινήσεις κ.α.). Οι μαθητές μέσα από αυτήν τη νέα πραγματικότητα που ορίζεται, ζητούνται να διαπιστώσουν τα ηθικά διλήμματα που αναπτύσσονται (στερεότυπα, προκαταλήψεις, προσωπικά δεδομένα, ανισότητες), να απομυθοποιήσουν τις νέες τεχνολογίες, την απαίτηση για διαφάνεια στους αλγόριθμους που χρησιμοποιούνται και να ζητήσουν ποιοτικά δεδομένα.

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός της Ευρώπης επιταχύνεται μέσω της ταχείας ανάπτυξης νέων τεχνολογιών (υπολογιστικό νέφος, τεχνολογία



αλυσίδας συστοιχιών, τεχνητή νοημοσύνη, ρομποτική). Η ψηφιοποίηση επηρέασε τη στάση με την οποία τα άτομα σπουδάζουν, εργάζονται, αλληλεπιδρούν και ζουν. Κάποιες δουλειές θα αφανιστούν και άλλες θα αναπληρωθούν. Ενδεχομένως, θα δημιουργηθούν νέες εργασίες και θα μεταμορφωθούν πολλοί βιομηχανικοί κλάδοι και πολλά επαγγέλματα θα δημιουργηθούν καινούργιες δραστηριότητες. Αυτές οι εξελίξεις θα προσδώσουν τεράστια σημασία στην επένδυση των ψηφιακών δεξιοτήτων του ατόμου σ'όλη τη διάρκεια της ζωής του (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017). Η εκπαίδευση για να συγκροτήσει τη ραχοκοκαλιά της συμμετοχικότητας και της ανάπτυξης στην Ευρωπαϊκή Ένωση, θα πρέπει να προετοιμάσει κατάλληλα τους πολίτες, ώστε να μπορέσουν να αξιοποιήσουν στο έπακρο τις ευκαιρίες και να ανταποκριθούν στις προκλήσεις ενός ταχέως μεταβαλλόμενου παγκοσμιοποιημένου και διασυνδεδεμένου κόσμου.

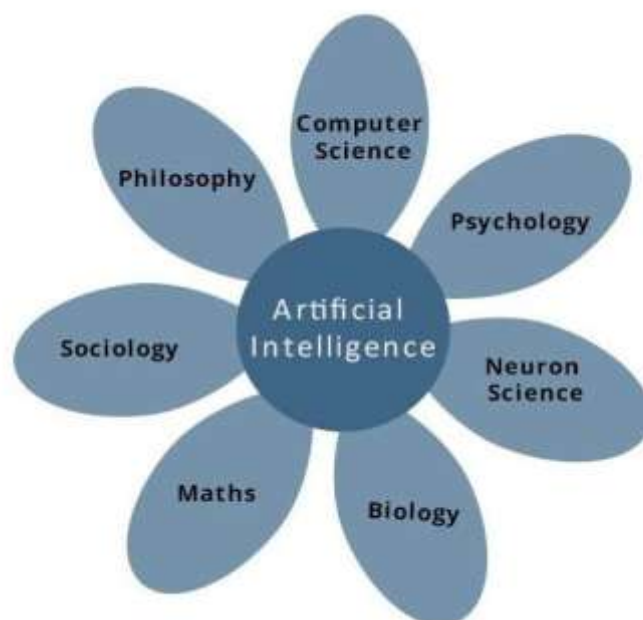
Μπορεί οι μεταρρυθμιστικές προσπάθειες να εξακολουθούν να συνεχίζονται, υπάρχει όμως το χάσμα μεταξύ και εντός των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, κυρίως όσον αφορά τις ψηφιακές δεξιότητες και την ψηφιακή υποδομή, γεγονός που αποτρέπει την ανάπτυξη χωρίς αποκλεισμούς και στερεότυπα. Οι βασικές ομάδες που πλήττονται κυρίως απ'την κατάσταση αυτή είναι οι ευάλωτες. Επιπρόσθετα, η έλλειψη ενδιαφέροντος από τα κορίτσια για σπουδές στις Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ΤΠΕ), Φυσικών Επιστημών, Μηχανικής και Μαθηματικών παραμένει ένα άλυτο πρόβλημα. Η κατάσταση αυτή πολλές φορές οδηγείτε σε απώλεια οικονομικών και κοινωνικών ευκαιριών που ενδεχομένως να αυξήσει την ανισότητα των φύλων.

Εξαιτίας της πανδημίας COVID-19 που επικρατεί σε όλο τον κόσμο, οδηγηθήκαμε στην ηλεκτρονική μάθηση στην εκπαίδευση και διαπιστώσαμε τη διατάραξη που έχει δημιουργηθεί στους εκπαιδευόμενους και στους εκπαιδευτές παγκοσμίως. Έχει αναδειχθεί αφενός η έννοια του ψηφιακού χάσματος και αφετέρου των ψηφιακών δεξιοτήτων. Σπουδαστές, μαθητές και εκπαιδευτικοί μπορεί να μην είχαν πρόσβαση στο Διαδίκτυο ή σε συσκευή για να πάρουν μέρος στην ηλεκτρονική μάθηση. Αυτή η νέα πραγματικότητα, της εξ αποστάσεως διδασκαλίας, για να είναι αποτελεσματική ζητά την υποστήριξη από υψηλής ποιότητας επαρκείς εκπαιδευτικούς (ψηφιακά), που ενδεχομένως αυτοί να μην έχουν εκπαιδευτεί σε τέτοιους είδους διδασκαλία.

Οι μαθητές και οι σπουδαστές μπορούν να ενισχύσουν τις ψηφιακές δεξιότητές τους και να αποτελέσει για αυτούς ένα πολύτιμο εφόδιο για την προσωπική, οικονομική και επαγγελματική τους εξέλιξη. Στόχος είναι να αποκτήσουν γνώσεις οι μαθητές, να προβληματίζονται και να σκέφτονται, αναπτύσσοντας υπολογιστική και ορθολογική σκέψη και να εγκλιματίζονται στις συνθήκες.

### 3.1 Ορισμός Τεχνητής Νοημοσύνης

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence) είναι σημείο τομής διαφόρων επιστημών (Εικόνα 11), διότι κάνει χρήση ιδεών και εργαλείων από πολλούς τομείς επιστημών, όπως της επιστήμης της ψυχολογίας, της φιλοσοφίας, των υπολογιστών, των μαθηματικών, της νευροεπιστήμης, της γλωσσολογίας, της γνωστικής επιστήμης και στοχεύει στη σύνθεση ευφυούς συμπεριφοράς με στοιχεία προσαρμογής στο περιβάλλον και συλλογιστικής μάθησης.



**Εικόνα 11:** Συσχετισμός ΤΝ με άλλες Επιστήμες

Ο όρος της Τεχνητής Νοημοσύνης (ΤΝ) δεν έχει προσδιοριστεί πλήρως. Στους επιστημονικούς κλάδους έχει κυριαρχήσει η χρήση πολλών

και διαφόρων ορισμών που σκοπεύουν να καλύψουν όσο πιο ευρέως και ορθά γίνεται την έννοια της Τεχνητής Νοημοσύνης. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιοι πρόσφατοι ορισμοί που για την επιστήμη θεωρούνται πληρέστεροι και έχουν υιοθετηθεί επισήμως από επιστημονικά προγράμματα στις ΗΠΑ και στην Ευρώπη:

1. *«Δεν υπάρχει ένας ενιαίος, σαφής ή γενικά αποδεκτός ορισμός της Τεχνητής Νοημοσύνης, αλλά πολλοί ορισμοί. Σε γενικές γραμμές, ωστόσο, η Τεχνητή Νοημοσύνη αναφέρεται στην ευφυΐα που επιδεικνύουν οι μηχανές.»* (Government Offices of Sweden: Ministry of Enterprise and Innovation, 2018)

2. *«Η Τεχνητή Νοημοσύνη αναφέρεται σε συστήματα που εμφανίζουν έξυπνη συμπεριφορά αναλύοντας το περιβάλλον τους και αναλαμβάνοντας δράση (με κάποιο βαθμό αυτονομίας) για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων.»* (European Commission, 2018)

3. *«Η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι ένας γενικός όρος που αναφέρεται σε οποιοδήποτε μηχανήμα ή αλγόριθμο που είναι σε θέση να παρατηρεί το περιβάλλον του, να μαθαίνει, και να βασίζεται στη γνώση και την εμπειρία που αποκτήθηκε, αναλαμβάνοντας έξυπνη δράση ή προτείνοντας αποφάσεις. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές τεχνολογίες που εμπίπτουν σε αυτόν τον ευρύ ορισμό της Τεχνητής Νοημοσύνης. Προς το παρόν, οι τεχνικές μηχανικής μάθησης χρησιμοποιούνται ευρέως.»* (Craglia, 2018)

4. *«Η Τεχνητή Νοημοσύνη αναφέρεται σε συστήματα που παρουσιάζουν έξυπνη συμπεριφορά αναλύοντας το περιβάλλον τους και αναλαμβάνοντας ενέργειες (με κάποιο βαθμό αυτονομίας) για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων. Τα συστήματα που βασίζονται σε Τεχνητή Νοημοσύνη μπορούν να βασίζονται αποκλειστικά σε λογισμικό, να ενεργούν σε εικονικό κόσμο (π.χ. βοηθοί φωνής, λογισμικό ανάλυσης εικόνων, μηχανές αναζήτησης, συστήματα αναγνώρισης ομιλίας και προσώπου) ή η TN μπορεί να ενσωματωθεί σε συσκευές (π.χ. προηγμένα ρομπότ, αυτόνομα αυτοκίνητα, drone ή εφαρμογές του Διαδικτύου των Πραγμάτων).»* (AI 4 Belgium, 2019)

5. «Η τεχνητή νοημοσύνη περιλαμβάνει συστήματα που βασίζονται σε αλγόριθμους (μαθηματικοί τύποι) που αναλύοντας και εντοπίζοντας μοτίβα στα δεδομένα, μπορούν να προσδιορίσουν την πιο κατάλληλη λύση. Η συντριπτική πλειονότητα αυτών των συστημάτων εκτελεί συγκεκριμένες εργασίες σε περιορισμένες εφαρμογές, π.χ. έλεγχος, πρόβλεψη και καθοδήγηση. Η τεχνολογία μπορεί να σχεδιαστεί ώστε να προσαρμόζει τη συμπεριφορά της παρατηρώντας πώς επηρεάζεται το περιβάλλον από προηγούμενες ενέργειες της.» (Danish Government: Ministry of Finance and Ministry of Industry, Business and Financial Affairs, 2019, Larosse J. (Vanguard Initiatives Consult & Creation) for DG CNECT, 2017)

6. «Η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να οριστεί ως η Επιστήμη και η Μηχανική που επιτρέπει τον σχεδιασμό και τον προγραμματισμό μηχανών ικανών να εκτελούν εργασίες που απαιτούν νοημοσύνη. Αντί να επιτυγχάνει γενική νοημοσύνη, η τρέχουσα τεχνητή νοημοσύνη επικεντρώνεται σε αυτό που είναι γνωστό ως ειδική τεχνητή νοημοσύνη, η οποία παράγει πολύ σημαντικά αποτελέσματα σε πολλούς τομείς εφαρμογής της, όπως η επεξεργασία της φυσικής γλώσσας ή η τεχνητή όραση. Ωστόσο, από επιστημονική, θεωρητική και εφαρμοσμένη ερευνητική άποψη, η γενική τεχνητή νοημοσύνη παραμένει ο κύριος στόχος που πρέπει να επιτευχθεί, δηλαδή η δημιουργία ενός οικοσυστήματος με έξυπνα συστήματα ικανά να διεκπεραιώνουν πολλαπλές εργασίες ταυτόχρονα.» (Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities, 2019)

Σύμφωνα με τα παραπάνω βγάζουμε το συμπέρασμα ότι η Τεχνητή Νοημοσύνη θεωρείται ένα σύστημα ή ένα σύνολο αλγορίθμων που:

- Επιδέχεται δεδομένα και ερεθίσματα,
- Έχει τα γενικά χαρακτηριστικά της μάθησης, της επικοινωνίας και της αντίληψης. Πολλές φορές ο διαχωρισμός της, σε περιορισμένη λειτουργία αφορά ένα συγκεκριμένο καθήκον ή σε ισχυρή λειτουργία εάν η λειτουργία της παρομοιάζεται με τον ανθρώπινο εγκέφαλο που μπορεί πλέον όχι μόνο να επιλύει προβλήματα αλλά και να διαλέγει η ίδια τα προβλήματα που θα επλύσει (IBM Cloud Education, 2020).

- Μπορεί να τα αναλύσει και να τα εκπαιδεύσει (deep learning, μηχανική μάθηση) με σκοπό να ανταποκριθούν αυτόνομα με το βέλτιστο τρόπο στην λειτουργία του (αυτόνομη κρίση),
- Μπορεί να έχει μόνο λογισμικό (σε υπολογιστή) ή να ακολουθείται και από υλικό μέρος (ρομπότ),

### 3.2 Ιστορική αναδρομή της Τεχνητής Νοημοσύνης

Από τους «συλλογισμούς» του Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.), ήρθε αντιμέτωπος ο άνθρωπος με τεχνητή νοημοσύνη οι οποίοι παρείχαν πρότυπα εκφράσεων που έδιναν πάντα σωστά συμπεράσματα από σωστές υποθέσεις (Αριστοτέλεια συλλογιστική). Άλλες σημαντικότερες στιγμές είναι (Εικόνα 12):

**1854:** Τέθηκαν οι βάσεις της προτασιακής λογικής από τον George Boole.

**1879:** Προτάθηκε ένα σύστημα αυτοματοποιημένης συλλογιστικής και τέθηκαν οι βάσεις του κατηγορηματικού λογισμού από τον Gottlieb Frege.

**1943:** Προτάθηκε ένα μοντέλο τεχνητών νευρώνων που είχαν τη δυνατότητα να μαθαίνουν και να υπολογίζουν κάθε υπολογίσιμη συνάρτηση από τους McCulloch και Pitts.

**1950:** Η δημιουργία ενός τεστ (Turing test) για την αναγνώριση ευφυών μηχανών από τον πατέρα της Τεχνητής Νοημοσύνης.

**1951:** Η εφεύρεση του πρώτου νευρωνικού δικτύου (SNARC) το οποίο χρησιμοποιούσε 3.000 λυχνίες και είχε 40 νευρώνες.

**1956:** Διοργάνωση συνεδρίου (workshop) από τους McCarthy, Minsky, Shannon και Rochester που αφορούσε τη θεωρία αυτομάτων, νευρωνικών δικτύων και μελέτη της ευφυΐας.

**1958:** Ορίστηκε η συναρτησιακή γλώσσα LISP από τον McCarthy.

**1958:** Προτάθηκε μία τεχνική, η μηχανική εξέλιξη (machine evolution) ή όπως ονομάζεται τώρα γενετικοί αλγόριθμοι (genetic algorithms) από τον Friedberg.

**1960:** Υλοποιήθηκε το πρώτο robot (Shakey robot).

**1962:** Βελτιώθηκε η μέθοδος μάθησης των νευρωνικών δικτύων (perceptrons) του Hebb απ'τον Rosenblatt.

**1965:** Δημιουργήθηκε το πρόγραμμα ELIZA απ'τον Weizenbaum που μπορούσε να κάνει συζήτηση για οποιοδήποτε θέμα χρησιμοποιώντας και παραφράζοντας τις προτάσεις που έδινε σαν ερώτηση ο χειριστής.

**1968:** Ο Tom Evans επινόησε το πρόγραμμα ANALOGY που έλυσε προβλήματα γεωμετρικής αναλογίας και χρησιμοποιούνταν στα τεστ ευφυΐας.

**1970:** Δημιουργήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Prolog.

**1975:** Προτάθηκαν τα πλαίσια (frames) απ'τον Minsky.

**1981:** Ανακοινώθηκε απ'τους Ιάπωνες το πρόγραμμα για την κατασκευή υπολογιστών με γλώσσα μηχανής Prolog. Στόχος ήταν να κατασκευαστούν ευφυή συστήματα όπου θα ήταν σε θέση να επικοινωνούν πλήρως με τον άνθρωπο σε φυσική γλώσσα.

**1984:** Επανεμφανίστηκαν τα νευρωνικά δίκτυα.

**1985:** Επανεμφανίστηκε πάλι ο αλγόριθμος μάθησης με οπισθοδρόμηση (Back-propagation) και εφαρμόστηκε σε πολλά προβλήματα με μεγάλη επιτυχία.

**1990:** Ανάπτυξη του Deep Blue της IBM. Κατασκευάστηκε ο πρώτος Η/Υ που νίκησε τον παγκόσμιο πρωταθλητή του σκάκι Garry Kasparov.

**1992:** Κατασκευάστηκε το Kismet στο εργαστήριο Τεχνητής Νοημοσύνης του Πανεπιστημίου MIT. Ήταν το πρώτο ρομπότ το οποίο μπορούσε να εξομοιώσει και να αναγνωρίσει ανθρώπινα συναισθήματα και αναγνωρίζεται ως η πρώτη πρωτοποριακή προσπάθεια στον τομέα της Κοινωνικής Ρομποτικής (Social Robotics).

**2001:** Κατασκευάστηκε το σύστημα Watson της IBM. Είναι ένα σύστημα υπολογιστών που δίνει απαντήσεις σε ερωτήσεις που δίνονται σε φυσική γλώσσα και διαγωνίστηκε σε αμερικάνικο τηλεπαιχνίδι όπου αναδείχθηκε νικητής.

**2016:** Δημιουργήθηκε το πρόγραμμα Τεχνητής Νοημοσύνης AlphaGo της Google Deep Mind όπου νίκησε τον παγκόσμιο πρωταθλητή Lee Sedol στο Κινέζικο επιτραπέζιο παιχνίδι Go.

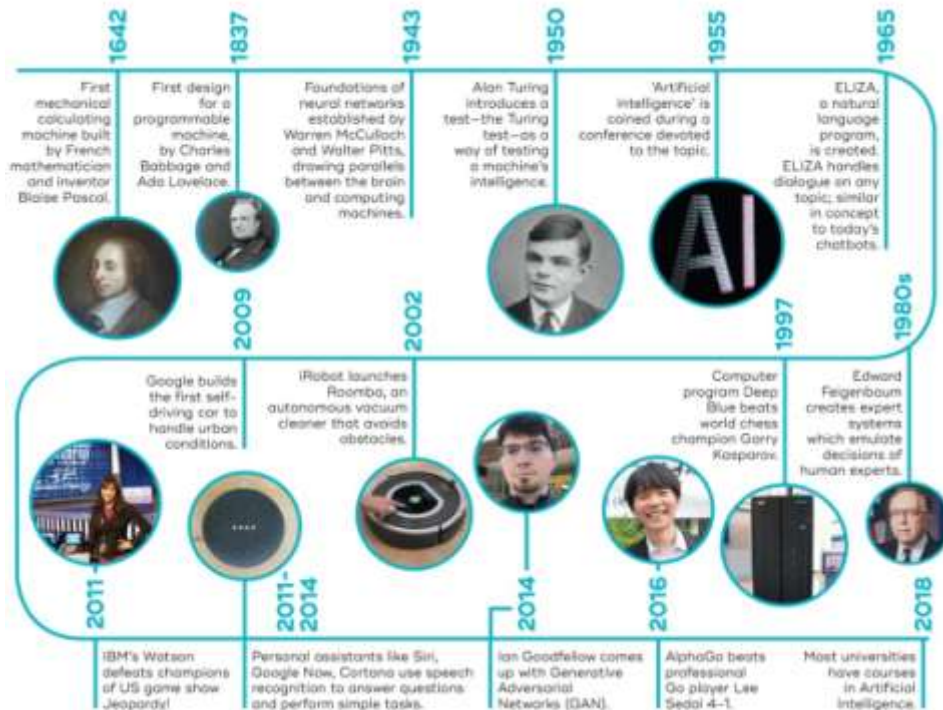
**Σήμερα:** Εταιρείες όπως η Google και η Amazon ασχολούνται με την επεξεργασία φυσικής γλώσσας, το όραμα των υπολογιστών και με μια πληθώρα άλλων εφαρμογών με σκοπό να κατανοήσουν την καταναλωτική συμπεριφορά μέσω της επεξεργασίας δεδομένων των χρηστών, δεδομένου

ότι η μηχανική μάθηση είναι ενσωματωμένη σε πολλές από τις υπηρεσίες που χρησιμοποιούμε καθημερινά.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (TN) εξελίχθηκε ώστε να καλύψει τα συστήματα που στηρίζονται σε κανόνες και σε έμπειρα συστήματα αλλά και σε συστήματα που στηρίζονται στην εξελικτική διαδικασία ή σε πράκτορες. Διάφορες περιοχές έρευνας περιλαμβάνουν την ανάπτυξη της γνώσης για συλλογιστικά μοντέλα όπως εφαρμογές εξόρυξης δεδομένων και οντολογίες για την αυτόματη απόκτηση γνώσης. Σχετικοί τομείς ανάπτυξης και έρευνας περιλαμβάνουν τις διαπραγματεύσεις βάσει πρακτόρων, την ηλεκτρονική οικονομία και το ηλεκτρονικό εμπόριο.

Αυτήν τη στιγμή υπάρχουν:

- ✓ **Συστήματα αναγνώρισης φωνής** (π.χ. Pegasus), τα οποία δίνουν διάφορες πληροφορίες γενικού ενδιαφέροντος (π.χ. η φωνητική πύλη MyCosmos) ή κλείνουν αεροπορικές θέσεις τηλεφωνικά, βρίσκοντας τις βέλτιστες πτήσεις με βάση το κόστος ή το χρόνο.
- ✓ **Έμπειρα συστήματα πραγματικού χρόνου** (π.χ. MARVEL) που διαχειρίζονται τα δεδομένα που μεταδίδονται από διαστημόπλοια.
- ✓ **Ρομποτικά συστήματα** που οδηγούν αυτοκίνητα σε αυτοκινητόδρομους χρησιμοποιώντας sonar και βιντεοκάμερες (π.χ. ΤΕΣΛΑ).
- ✓ **Συστήματα που διεξάγουν ιατρικές διαγνώσεις** (π.χ. Μαγνητικός Τομογράφος).
- ✓ **Συστήματα που ελέγχουν και ρυθμίζουν την κυκλοφορία αυτοκινήτων.**
- ✓ **Προγράμματα πράκτορες** (agents) και οι αρχιτεκτονικές συστημάτων που στηρίζονται σε πράκτορες (σύστημα SOAR) και πολλά άλλα (Σελλής, 2006)



**Εικόνα 12:** Το Παρελθόν και το Παρόν της Τεχνητής Νοημοσύνης  
(Πηγή: [Datalchemy Insights](https://www.datalchemy.com))

### 3.3 Υπολογιστική Νοημοσύνη

Ο όρος Τεχνητή Νοημοσύνη (ΤΝ) θεωρείται γενικός, διότι υποδηλώνει κάθε είδος μη βιολογικής νοημοσύνης. Ο συγγενέστερος όρος της Υπολογιστικής Νοημοσύνης (Computational Intelligence-CI), που αφορά τον κλάδο της ΤΝ με πρακτικούς στόχους, υποδηλώνει κάθε είδος μη βιολογικής νοημοσύνης που μπορεί να εκδηλωθεί με υπολογιστικές διαδικασίες. Ο παρακάτω ορισμός για την Υπολογιστική Νοημοσύνη είναι αποδεκτός:

*«Υπολογιστική Νοημοσύνη θεωρείται ο επιστημονικός χώρος που διαθέτει τις τεχνικές για την επίλυση δύσκολων προβλημάτων, με τη μηχανή να μιμείται απλώς, βιολογικές διεργασίες, χωρίς να είναι απαραίτητο να επιδεικνύει γενική νοημοσύνη».*

Στο επιστημονικό περιοδικό International Journal of Approximate Reasoning χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά απ'τον Bezdek το 1992. Ο Bezdek, σε άρθρο του που είχε σχέση με τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, πρόσθεσε τον όρο ABC για να ξεκαθαρίσει τα παρακάτω:



A = Artificial Non - Biological (Man-Made)

B = Biological Physical + Chemical + (??) = Organic

C = Computational Mathematics + Man-Made Machines

Ο Marks (1993) έκανε λόγο για τη σχέση της Τεχνητής Νοημοσύνης και της Υπολογιστικής Νοημοσύνης:

*«Παρόλο που επιδιώκουν παρόμοιους στόχους, η Υπολογιστική Νοημοσύνη αναδύθηκε ως ένας ανεξάρτητος κλάδος, του οποίου το ερευνητικό πεδίο είναι κάπως διαφορετικό από αυτό της Τεχνητής Νοημοσύνης».*

Την Υπολογιστική Νοημοσύνη τη χαρακτηρίζουν συνήθως ορισμένες σημαντικές ιδιότητες, που'ναι χαρακτηριστικά συστημάτων που χρησιμοποιούν τεχνικές μηχανικής μάθησης, όπως για παράδειγμα:

- Της προσαρμοστικότητας (adaptation),
- Της αυτο-οργάνωσης (self-organization),
- Της μάθησης-εξέλιξης (learning-evolution).

Τα πρώτα χρόνια, η Υπολογιστική Νοημοσύνη χρησιμοποιήθηκε σε εφαρμογές αναγνώρισης εικόνας (pattern recognition). Στις μέρες μας, ενδεικτικά χαρακτηρίζει κάποιες εφαρμογές, όπως:

- των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων (artificial neural networks),
- των Έμπειρων Συστημάτων (expert systems),
- της Τεχνητής Ζωής (artificial life),
- των Γενετικών Αλγορίθμων (genetic algorithms),
- της Ασαφούς Λογικής (fuzzy logic) (Γεωργούλη, 2015).

### **3.4 Η ερευνητική προσπάθεια στο χώρο της Τεχνητής Νοημοσύνης**

Αν και έχουν περάσει απ'την ίδρυση του κλάδου της Τεχνητής Νοημοσύνης πάνω από εξήντα χρόνια αδιάλειπτης-έντονης ερευνητικής δραστηριότητας, ο χώρος εξακολουθεί να συνεισφέρει ερευνητικές προκλήσεις, με κύριο στόχο τη δημιουργία όλο και πιο ευφυή μηχανών. Παρακάτω παρουσιάζονται τα τρία στρώματα της βασικής έρευνας που σχετίζονται με την Τεχνητή Νοημοσύνη (Εικόνα 13).



**Εικόνα 13:** Τα τρία στρώματα της βασικής έρευνας που σχετίζονται με την Τεχνητή Νοημοσύνη. Πηγή: [Εισαγωγή \(kallipos.gr\)](http://kallipos.gr)

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι πιο σημαντικοί ερευνητικοί χώροι της Τεχνητής Νοημοσύνης έως και σήμερα (Εικόνα 14).

Αναπαράσταση Γνώσης (Knowledge Representation)	Μελετά το σύνολο των μοντέλων αναπαράστασης γνώσης στο χώρο της Γνωστικής Επιστήμης καθώς και τις μεθόδους επεξεργασίας τους.
Αντίληψη Μηχανής ή Μηχανική Όραση (Machine Vision)	Αφορά την αναγνώριση οπτικής εικόνας.
Επεξεργασία και Κατανόηση Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing and Understanding)	Αφορά την επικοινωνία του χρήστη με τη μηχανή μέσω γραπτής αλλά και προφορικής φυσικής γλώσσας, καθώς και τη μετάφραση γλωσσών.
Μηχανισμοί Εξαγωγής Συμπερασμάτων – Έμπειρα Συστήματα (Expert Systems)	Εδώ εξετάζεται η ύπαρξη μηχανισμών που να χειρίζονται κατάλληλα τα γεγονότα και τους κανόνες, μέσω των οποίων αναπαρίσταται οι λογικοί συλλογισμοί, ώστε να εξαχθούν σωστά συμπεράσματα.
Επίλυση Προβλημάτων (Problem Solving)	Στον τομέα αυτό μελετώνται ευφυείς αλγόριθμοι αναζήτησης λύσεων.
Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)	Ασχολείται με το σχεδιασμό συστημάτων που μπορούν να μαθαίνουν μέσω επαγωγικών μεθόδων, όπως τα δένδρα απόφασης, να επιδεικνύουν δυνατότητες ελέγχου προτύπων, όπως τα νευρωνικά δίκτυα, και να αυτο-προσαρμόζονται βελτιστοποιώντας την απόδοσή τους, όπως οι γενετικοί αλγόριθμοι.
Σχεδιασμός Ενεργειών (Planning)	Εδώ μελετώνται τρόποι αποδοτικότερου σχεδιασμού ενεργειών και έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε προγραμματισμό παραγωγής σε βιομηχανίες και σε περιπτώσεις όπου πρέπει να αντιμετωπιστούν κρίσιμα γεγονότα.
Ρομποτική (Robotics)	Ασχολείται με την κίνηση, το χειρισμό και την αναγνώριση αντικειμένων από μηχανές.
Νοήμονες Πράκτορες (Intelligent Agents)	Προγράμματα που προσφέρουν ευφυή υποστήριξη σε άλλα προγράμματα ή στον χρήστη.
Ευφυείς Υπηρεσίες Διαδικτύου και Σημασιολογικού Ιστού (Semantic Web)	Ευφυείς διαδικτυακοί πράκτορες για υποστήριξη χρηστών στη χρήση του διαδικτύου και την πρόσβαση σε πληροφορίες του σημασιολογικού ιστού (π.χ. υπηρεσίες Big Data).
Προσαρμοζόμενα και Εξελισσόμενα Ευφυή Συστήματα	Μοντέρνα υβριδικά συστήματα μηχανικής μάθησης.
Ευφυή Εργαλεία ( Intelligent Tools)	Εδώ περιλαμβάνονται οι γλώσσες προγραμματισμού ΤΝ και τα περιβάλλοντα ανάπτυξής τους.

**Εικόνα 14:** Ερευνητικοί χώροι της Τεχνητής Νοημοσύνης.

(Πηγή: [Εισαγωγή \(kallipos.gr\)](http://kallipos.gr) )

Με τη ραγδαία εξάπλωση του διαδικτύου (internet) και το μεγάλο όγκο αποθηκευμένων πληροφοριών εκεί, αναπτύχθηκαν πολλά συστήματα βασισμένα σε τεχνικές της Τεχνητής Νοημοσύνης που συνδυάζουν έμπειρα συστήματα με γενετικούς αλγορίθμους, ασαφή λογική και νευρωνικά δίκτυα. Τέτοια γνωστά συστήματα είναι (Εικόνα 15):

- οι Νοήμονες Πράκτορες (intelligent agents),
- οι Μηχανές Ευφυούς Αναζήτησης (intelligent search machines),
- τα Συστήματα Εξόρυξης Δεδομένων (data mining systems),
- τα Συμβουλευτικά Συστήματα (recommender systems) και

- τα Συστήματα Περιρρέουσας Νοημοσύνης (ambient intelligence systems).



**Εικόνα 15:** Στάδια εξέλιξης της Τεχνητής Νοημοσύνης.

Πηγή: [Εισαγωγή \(kallipos.gr\)](http://kallipos.gr)

Για να γίνουν αποτελεσματικότερα τα παραπάνω συστήματα, έχουν καθιερωθεί καινούργιες μέθοδοι αναπαράστασης γνώσης, όπως για παράδειγμα οι οντολογίες και τα σημασιολογικά δίκτυα (Γεωργούλη, 2015).

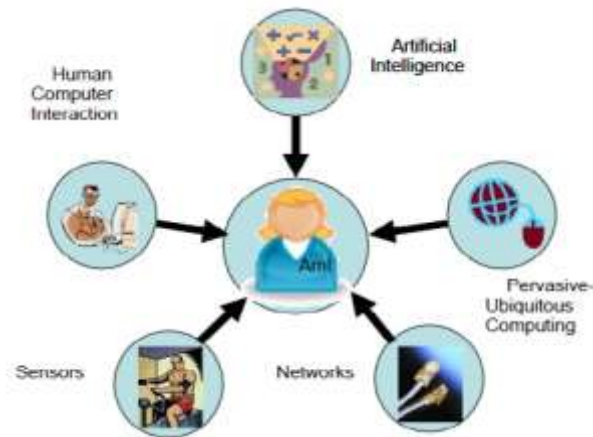
### 3.5 Περιρρέουσα και Τεχνητή Νοημοσύνη

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται και η Περιρρέουσα Νοημοσύνη. Αν και το υπάρχον όραμα της εξέλιξης της κοινωνίας για γνώση, δίνει έμφαση στην υποστήριξη πιο αποτελεσματικών υπηρεσιών, στη μεγαλύτερη φιλικότητα των υπολογιστικών συστημάτων προς το χρήστη, στην ενδυνάμωση του χρήστη, στην υποστήριξη πιο αποτελεσματικών υπηρεσιών και στην υποστήριξη αλληλεπιδράσεων μεταξύ ανθρώπων και μηχανών, φαίνεται να υλοποιείται μέσω των διάφορων εφαρμογών της περιρρέουσας νοημοσύνης (ambient intelligence) από έξυπνες διεπαφές χρήσης (intelligent intuitive interfaces), που είναι αφομοιωμένες στα αντικείμενα καθημερινής χρήσης .



**Εικόνα 16:** Αλληλεπιδράσεις με αντικείμενα σε περιβάλλοντα Περιρρέουσας Νοημοσύνης. (Πηγή: [Εισαγωγή \(kallipos.gr\)](http://kallipos.gr) )

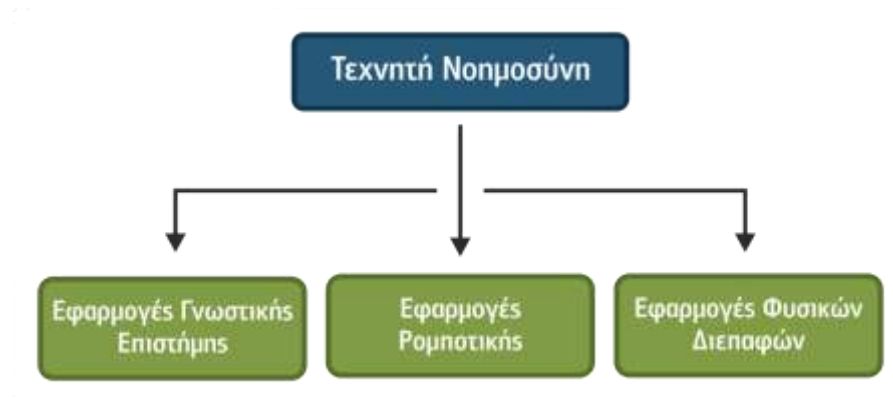
Τα περιβάλλοντα περιρρέουσας νοημοσύνης είναι σε θέση να αναγνωρίζουν την ύπαρξη των ανθρώπων και να προσαρμόζονται σ'αυτήν. Η Περιρρέουσα Νοημοσύνη συνήθως είναι «αόρατη» και οι άνθρωποι δε καταλαβαίνουν πως βρίσκονται σε υπολογιστικό περιβάλλον. Με λίγα λόγια, δίνεται η έμφαση στην ενδυνάμωση, στην υποστήριξη και στην ευκολία χρήσης της αλληλεπίδρασης των ανθρώπων με το περιβάλλον (Ducatel, 2001). Η Περιρρέουσα Νοημοσύνη αποτελείται από δύο επίπεδα (Εικόνα ): α) το **λειτουργικό επίπεδο** (δίκτυα επικοινωνίας, υλικά, γραφικά Η/Υ, λειτουργικά συστήματα, διάχυτη πανταχού παρούσα υπολογιστική, βάσεις δεδομένων) και β) το **νοήμον επίπεδο** (λογική, αναπαράσταση γνώσης, υπολογιστική νοημοσύνη, επεξεργασία φυσικής γλώσσας, οντολογίες, αναγνώριση ομιλίας, μάθηση μηχανής, έμπειρα συστήματα, κ.ά.) (Γεωργούλη, 2015).



**Εικόνα 17:** Περιβάλλοντα Περιρρέουσας Νοημοσύνης.  
(Πηγή: [Εισαγωγή \(kallipos.gr\)](http://kallipos.gr))

### 3.6 Σύγχρονες εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης

Υπάρχουν εφαρμογές (ρομποτικής και φυσικών διεπαφών) που ενδιαφέρουν το χώρο της Γνωστικής Επιστήμης και που παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον στη σύγχρονη Τεχνητή Νοημοσύνη και έχουν σχέση με τη μάθηση.



**Εικόνα 18:** Τομείς σύγχρονων εφαρμογών Τεχνητής Νοημοσύνης.  
(Πηγή: [Εισαγωγή \(kallipos.gr\)](http://kallipos.gr))

Τέτοιες είναι οι εφαρμογές **Γνωστικής Επιστήμης** που χειρίζονται:

- Προσαρμοστικά Ευφυή Περιβάλλοντα Μάθησης,

- Εφαρμογές Εμπείρων Συστημάτων,
- Συστήματα με Ασαφή Λογική,
- Εφαρμογές που υποστηρίζονται από συστήματα μηχανικής μάθησης (ευφυείς πράκτορες, νευρωνικά δίκτυα, γενετικοί αλγόριθμοι).

Οι **ρομποτικές εφαρμογές** που αφορούν μηχανές που έχουν ικανότητες επιδεξιότητας, μετακίνησης μελών, οπτικής αντίληψης, πλοήγησης στο χώρο και αφής.

Οι **εφαρμογές Φυσικών Διεπαφών** που επικοινωνούν με αναγνώριση φωνής και έχουν πολλαπλούς αισθητήρες δίνοντας την αίσθηση της περιρρέουσας νοημοσύνης. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας (Γεωργούλη, 2015).


### 3.7 Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Εκπαίδευση

Η συσχέτισή της Τεχνητής Νοημοσύνης με τον τομέα της εκπαίδευσης αποτελεί αντικείμενο της ακαδημαϊκής μελέτης για περισσότερο από τριάντα χρόνια. Αυτός ο τομέας, διερευνά τη μάθηση, όπου πραγματοποιείται είτε μέσω της σύγχρονης εξ αποστάσεως διδασκαλίας ή με τον παραδοσιακό τρόπο στις αίθουσες διδασκαλίας και βασικός της στόχος είναι να προωθήσει την ανάπτυξη των αντίστοιχων εργαλείων και των προσαρμοστικών περιβαλλόντων μάθησης. Με σκοπό να δώσει στο μαθητή εξατομικευμένη διδασκαλία, η οποία να προσαρμόζεται στις ανάγκες και στις δυνατότητες των εκάστοτε εκπαιδευόμενων. Ακόμη, η Τεχνητή Νοημοσύνη στην εκπαίδευση χρησιμοποιείται ως εργαλείο για να κατανοηθεί καλύτερα η διαδικασία της μάθησης καθώς αυτή επηρεάζεται από κοινωνικό-οικονομικούς παράγοντες και την ιδιαιτερότητα του κάθε εκπαιδευόμενου.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Εκπαίδευση μπορεί να δώσει ευφυή εικονική πραγματικότητα, προσωπικό εκπαιδευτή για κάθε εκπαιδευόμενο και έξυπνη υποστήριξη για συνεργατική μάθηση (Luckin, Wayne, Griffiths, Forcier, 2016). Αξίζει να σημειωθεί ότι η Τεχνητή Νοημοσύνη, εμπεριέχει λογισμικό υπολογιστή προγραμματισμένο κατάλληλα, ώστε να αλληλοεπιδρά με τον κόσμο με τέτοιον τρόπο που απαιτεί ανθρώπινη νοημοσύνη. Συνεπώς, η Τεχνητή Νοημοσύνη συνδυάζει και εξαρτάται από τους αλγορίθμους και τη

«γνώση» για την επιπρόσθετη επεξεργασία της γνώσης με έξυπνο τρόπο. Σύμφωνα με τους Luckin, Wayne, Griffiths, & Forcier, η «γνώση» παρουσιάζεται με τη μορφή «μοντέλων» και υπάρχουν τρία βασικά μοντέλα στην καρδιά της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαίδευση. Είναι τα ακόλουθα (Εικόνα 19):

- ✓ **Παιδαγωγικό μοντέλο** (Pedagogical model) συσχετίζεται με τη γνώση και την εμπειρία της διδασκαλίας. Εξαιτίας του παιδαγωγικού μοντέλου επιτυγχάνονται αποτελεσματικότερες προσεγγίσεις στη διαδικασία της διδασκαλίας.
- ✓ **Μοντέλο τομέα** (Domain model) συσχετίζεται με τη γνώση σχετικά με το αντικείμενο μαθήματος.
- ✓ **Μοντέλο μαθητευόμενου** (Learner model) συσχετίζεται με τη γνώση του εκπαιδευόμενου όπως για παράδειγμα τις δυσκολίες ή τις επιτυχίες που έχει να αντιμετωπίσει ο εκπαιδευόμενος και τη συναισθηματική του κατάσταση.

AIEd models	What the model represents	Examples of specific knowledge represented in AIEd models
 Pedagogical model	The knowledge and expertise of teaching	'Productive failure' (allowing students to explore a concept and make mistakes before being shown the 'right' answer)
		Feedback (questions, hints, or haptics), triggered by student actions, which is designed to help the student improve their learning Assessment to inform and measure learning
Domain model	Knowledge of the subject being learned (domain expertise)	How to add, subtract, or multiply two fractions Newton's second law (forces) Causes of World War I How to structure an argument Different approaches to reading a text (e.g. for sense or for detail)
Learner model	Knowledge of the learner	The student's previous achievements and difficulties The student's emotional state The student's engagement in learning (for example: time-on-task)

**Εικόνα 19:** Βασικά Μοντέλα Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εκπαίδευση

Πηγή : [Computer Model | The Knowledge Illusion](#)



Για την εισαγωγή της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαίδευση οι ενώσεις Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI) και Computer Science Teachers Association (CSTA), ξεκίνησαν την εργασία «**Οι 5 μεγάλες ιδέες στην Τεχνητή Νοημοσύνη**», όπου παρουσιάζουν αναλυτικά, τη διαδικασία με την οποία μπορεί να εισαχθεί η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά οι πέντε αυτές ιδέες για την εισαγωγή της ΤΝ στην εκπαίδευση (Πηγή: [AI4K12 – Sparking Curiosity in AI](#)):

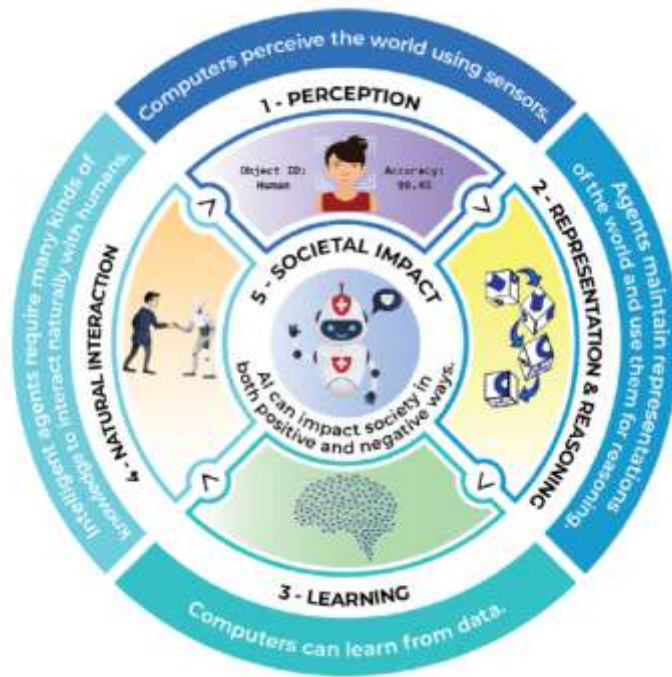
1. Η **Αντίληψη** (Perception) του περιβάλλοντος με τη βοήθεια των αισθητήρων. Είναι γνωστό, ότι οι υπολογιστές και «βλέπουν» και «ακούν» ερμηνεύοντας τα σήματα των αισθητήρων.

2. Η **Αναπαράσταση** και **Συλλογιστική** (Representation & Reasoning) η οποία αναφέρεται στις μεθόδους αναπαράστασης γνώσης στους υπολογιστές ώστε στη συνέχεια να μπορεί να αξιοποιηθεί από αλγόριθμους για την παραγωγή νέας γνώσης.

3. Η **Μάθηση** (Learning), η οποία αναφέρεται στη Μηχανική Μάθηση, δηλαδή στον τρόπο με τον οποίο οι υπολογιστές μαθαίνουν χρησιμοποιώντας αλγόριθμους που βρίσκουν μοτίβα σε πειραματικά δεδομένα.

4. Η **Επικοινωνία** Ανθρώπου Μηχανής (Natural Interaction) με φυσικό τρόπο. Τα κύρια θέματα που απαρτίζουν αυτή τη μεγάλη ιδέα είναι η θεωρία του μυαλού (theory of mind), η συλλογιστική κοινής λογικής, η κατανόηση της φυσικής γλώσσας και ο συναισθηματικός υπολογισμός (affective computing).

5. Ο **Κοινωνικός Αντίκτυπος** (Societal Impact) η οποία αναφέρεται στις επιδράσεις (αρνητικές και θετικές) της Τεχνητής Νοημοσύνης στην κοινωνία. Μερικά απ'τα θέματα που περιβάλουν την ιδέα αυτή είναι, οι οικονομικές επιπτώσεις της ΤΝ, η ΤΝ και ο πολιτισμός, η ΤΝ για το κοινωνικό καλό και η ηθική της ΤΝ στη λήψη αποφάσεων για τους ανθρώπους (i-teacher, 2021).



**Εικόνα 20:** «Οι 5 μεγάλες ιδέες στην Τεχνητή Νοημοσύνη»  
 (Πηγή : [AI4K12\\_Big Ideas in AI Unpacked Poster\\_final\\_8\\_6\\_19](#) )

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> : ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ

### 4.1 Τι είναι τα εκπαιδευτικά σενάρια

Εκπαιδευτικό ή διδακτικό σενάριο (educational or didactic scenario) θεωρείται η περιγραφή ενός μαθησιακού πλαισίου με συγκεκριμένους εκπαιδευτικούς στόχους, εστιασμένο γνωστικό(ά) αντικείμενο(α), παιδαγωγικές δράσεις και αρχές που χρησιμοποιούν συγκεκριμένα εκπαιδευτικά εργαλεία (Bauer & Baumgartner, 2010),(Baumgartner, 2011). Ένα διδακτικό σενάριο προσδιορίζεται γενικά απ'τα ακόλουθα στοιχεία:

- τη δομή,
- το είδος και το συντονισμό των δραστηριοτήτων,
- την κατανομή των δραστηριοτήτων μεταξύ μαθητών-εκπαιδευτικού-τεχνολογίας και
- το ρόλο του καθενός (Tetchueng, Garlatti & Laubeet, 2008).

Ωστόσο, αν ψάξει κανείς στη σχετική βιβλιογραφία, θα διαπιστώσει ότι δεν καθορίζεται ο αριθμός των πεδίων απ'τα οποία συνίσταται ένα διδακτικό σενάριο ως απόλυτος και σταθερός (Μικρόπουλος & Μπέλλου, 2010). Οι ερευνητές οφείλουν να προσδιορίσουν σε κάθε περίπτωση το περιεχόμενο που θα πρέπει να ενταχθεί σε αυτά.

Ένα διδακτικό σενάριο υλοποιείται μέσα από μία σειρά εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων. Περιλαμβάνει τα εξής διακριτικά δομικά μέρη: α) έναν οδηγό οργάνωσης της διδασκαλίας (αφορά τους εκπαιδευτικούς) και β) τα φύλλα εργασίας (αφορούν τους μαθητές). Εξαιτίας της πολυπλοκότητας που έχουν τα σενάρια σε σχέση με το «παραδοσιακό» μάθημα που γίνεται σε μία σχολική τάξη, η διάρκειά τους εκτείνεται σε περισσότερες από μία διδακτικές ώρες.

Τα διδακτικά σενάρια που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο εκπαιδευτικών λογισμικών (π.χ. εκμάθηση scratch) συνήθως έχουν συνταχθεί απ'την ομάδα ανάπτυξής τους. Η ύπαρξη σεναρίων είναι απαραίτητη, όταν πρόκειται για ανοικτού τύπου υπολογιστικό περιβάλλον. Ένα διδακτικό σενάριο μπορεί να είναι τμήμα του τετραδίου εργασίας του μαθητή (στο οποίο συμπεριλαμβάνεται η εκπαιδευτική δραστηριότητα που έχει συνήθως τη μορφή φύλλου εργασίας) ή του βιβλίου εκπαιδευτή (στο οποίο συνήθως

περιγράφεται η ιδέα του σεναρίου, κ.λπ.). Αρκετά συχνά, κυρίως για ανοικτού τύπου υπολογιστικά περιβάλλοντα, δημιουργούνται απ'τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς νέα διδακτικά σενάρια. Πολλά προγράμματα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών, βασίζονται στη δημιουργία σεναρίων ώστε να καταστούν ικανοί και να μάθουν να δημιουργούν νέα σενάρια με διαφορετικές κατηγορίες λογισμικού.

#### **4.2 Δομή Εκπαιδευτικού σεναρίου**

Σύμφωνα με τον Φραγκάκη (2008), μια τυπική δομή ενός εκπαιδευτικού σεναρίου είναι η ακόλουθη:

##### **1. ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ**

Δίνονται οι εξής πληροφορίες:

- ✓ Στοχευόμενο κοινό (ηλικία, κ.λ.π.),
- ✓ Αντιστοίχιση στο ΑΠΣ (στόχοι και αντικείμενο),
- ✓ Οφέλη απ'τη χρήση του σεναρίου,
- ✓ Οι δημιουργοί του σεναρίου,
- ✓ Σκοποί και ιδέα του σεναρίου,
- ✓ Περίληψη (σύντομη) του γνωστικού αντικείμενου που καλύπτει το σενάριο.

##### **2. ΠΛΑΙΣΙΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ**

Εδώ περιλαμβάνονται οι εξής ενότητες:

- ✓ Οι απαιτούμενες πρότερες γνώσεις και το απαιτούμενο επίπεδο των μαθητών,
- ✓ Οργάνωση της τάξης: Εφαρμογή σε κάθε μαθητή ξεχωριστά ή σε ομάδες ή σε όλη την τάξη,. Για σενάρια βασισμένα σε STEM, είναι ιδανικές ομάδες 2 έως 4 μαθητών ανά ρομπότ,
- ✓ Συντονισμός/Συνεργασία: Για την εφαρμογή ενός σεναρίου μπορεί να χρειαστεί να συνεργαστούν εκπαιδευτές διάφορων ειδικοτήτων, επιστήμονες ή οι γονείς των μαθητών,
- ✓ Χρόνος έναρξης του σεναρίου συνδυάζοντας και άλλες προαπαιτούμενες πράξεις,
- ✓ Συχνότητα και διάρκεια υλοποίησης του σεναρίου,

- ✓ Προσδιορισμός απαιτούμενου υποστηρικτικού υλικού, αν χρειαστεί, με: ιστοσελίδες, φύλλα εργασίας, λογισμικά, οδηγίες χρήσης του λογισμικού, έντυπο υλικό κ.τ.λ.

### **3. ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ**

Περιλαμβάνονται οι εξής ενότητες:

- ✓ Οι αντιλήψεις που υποστηρίζονται και το θεωρητικό πλαίσιο στο οποίο βασίζεται το σενάριο,
- ✓ Οι αναφορές σε θεωρίες που χρησιμοποιήθηκαν και το διδακτικό μοντέλο στο οποίο βασίστηκε το σενάριο (Θεωρητικό Πλαίσιο),
- ✓ Ο τρόπος οργάνωσης της μάθησης και της διδασκαλίας μέσα στην τάξη (εργασίες, συζήτηση, συνεργατική μάθηση κ.λπ.)(Μεθοδολογικό Πλαίσιο),
- ✓ Επιμέρους στόχοι και ο βασικός σκοπός του διδακτικού σεναρίου σε συνάρτηση με το στοχευόμενο μαθησιακό επίπεδο και με το μεθοδολογικό πλαίσιο του σεναρίου.

### **4. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ**

Αναλύονται τα εξής βήματα κατά την υλοποίηση του σεναρίου:

- ✓ Δραστηριότητες μάθησης, που εξηγούν γιατί το σενάριο είναι σημαντικό αλλά και τη διαδικασία εξαγωγής τους, συγκεκριμένα:
  - Ορίζεται το πρόβλημα με τη μορφή, σύνθετου προβλήματος, ερώτησης ή ανάθεσης εργασίας ώστε να προκαλέσει το ενδιαφέρον στο μαθητή.
  - Αξιολογούνται οι απαιτούμενες δραστηριότητες για την υλοποίηση του σεναρίου μέσω αυθόρμητων, προφορικών αντιδράσεων και καταγραφής της συμπεριφοράς των μαθητών με σκοπό να βοηθήσουν στη βελτίωση της μαθησιακής διαδικασίας.
  - Παραδοτέο υλικό.
- ✓ Φύλλα εργασίας, που δίνονται συνήθως σε έντυπη μορφή και περιλαμβάνουν τις εξής πληροφορίες:

- Οδηγίες ως προς την εκτέλεση των εργασιών,
  - Σύντομη περιγραφή του ζητούμενου προβλήματος,
  - Βοηθητικές οδηγίες π.χ. για το πώς λειτουργεί ένα απαιτούμενο λογισμικό.
- ✓ Βιβλιογραφία βοηθητικών πηγών (σε ηλεκτρονική μορφή) για την κατανόηση και εκτέλεση του σεναρίου.
  - ✓ Προτάσεις για να βελτιωθεί το σενάριο σε μελλοντικές εφαρμογές του.

#### **4.3 Θεωρίες προβληματισμού των εκπαιδευτικών σεναρίων STEM**

Σε ότι αφορά τους στοχασμούς των εκπαιδευτικών σεναρίων θα πρέπει:

- ✓ να προβάλλουν τη μεγάλη ποικιλία και το μεγάλο εύρος των υπηρεσιών και των μέσων που προσφέρει η Εκπαίδευση STEM,
- ✓ να προβάλλουν τα κριτήρια επιλογής των ποιοτικών εκπαιδευτικών λογισμικών ή την αποφυγή αναποτελεσματικών εκπαιδευτικών λογισμικών,
- ✓ να ενθαρρύνουν τη διεπιστημονική προσέγγιση μεθόδων και εννοιών με την υποστήριξη που παρέχει η Εκπαίδευση STEM,
- ✓ να τονίζουν τη δυναμική και τη σπουδαιότητα της Εκπαίδευση STEM.

Όσο αναφορά στη μορφή και το περιεχόμενο των εκπαιδευτικών σεναρίων θα πρέπει:

- ✓ να εξειδικεύονται σε επιμέρους τμήματα και αντικείμενα της εκπαιδευτικής ρομποτικής όπου η Επιστήμη STEM μπορεί να παίξει ρόλο γνωστικού εργαλείου (για παράδειγμα σε συγκεκριμένες δραστηριότητες φυσικών και μαθηματικών επιστημών),
- ✓ να στηρίζουν ανακαλυπτικού και διερευνητικού τύπου μαθησιακές καταστάσεις (σ'όλα τα γνωστικά αντικείμενα),
- ✓ να διευκολύνουν δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων, λήψης αποφάσεων και αναπτύξεως της κριτικής σκέψης (σ'όλα τα γνωστικά αντικείμενα),

- ✓ να στηρίζουν δραστηριότητες επικοινωνίας, συμβολικής έκφρασης και αναζήτησης πληροφοριών.

Με λίγα λόγια, η έμφαση του εκπαιδευτικού σεναρίου προσανατολίζεται στην υλοποίηση διδακτικών καταστάσεων που ευνοούν την ανάπτυξη γνωστικών δεξιοτήτων υψηλού επιπέδου, απ'τους μαθητές, που κατά κανόνα συμφωνούν στο εκάστοτε Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών, για παράδειγμα, η επίλυση ενός προβλήματος, η πειραματική διαδικασία, η διεπιστημονική προσέγγιση, οι δραστηριότητες ανακάλυψης και διερεύνησης, η μοντελοποίηση, η λήψη απόφασης, η κριτική σκέψη, ο αναστοχασμός και ο εγγραμματισμός.

Όπως αναφέρθηκε σ'αυτό το κεφάλαιο, τα κριτήρια ποιότητας και επιλογής ενός διδακτικού σεναρίου, το οποίο θα πρέπει να υποστηρίζεται, απ'την τεχνολογία, να είναι ενισχυτικό, να είναι γενικό, απλό και καθολικά εφαρμόσιμο και επιβεβαιωμένο από προσωπική εμπειρία. Ακόμη, αναφέρθηκε ότι ειδικά για την περίπτωση της χρήσης STEM, η επιτυχία ενός εκπαιδευτικού σεναρίου με αξιοποίηση των ρομπότ, εξαρτάται απ'τις ικανότητες του εκπαιδευτή να ενσωματώσει ικανοποιητικά σ'αυτό την τεχνητή νοημοσύνη.

#### **4.4 Διδακτικές στρατηγικές για την ανάδειξη του ρόλου της Εκπαίδευσης STEM**

Όσο αναφορά τις διδακτικές στρατηγικές, τα εκπαιδευτικά σενάρια θα πρέπει όχι μόνο να εξυπηρετούν τη χρήση των ρομπότ στη μαθησιακή και τη διδακτική διαδικασία, αλλά να προωθούν και να ευνοούν εναλλακτικές και καινούργιες μορφές διδασκαλίας που είναι πιο συμβατές με τις σύγχρονες διδακτικές και παιδαγωγικές θεωρίες.

Συγκεκριμένα πρέπει να προωθούν και να υποστηρίζουν τη μετάβαση:

- ✓ Απ'τη μετωπική διδασκαλία, στη συνεργατική μάθηση και στη διδασκαλία με ομάδες και
- ✓ Απ'τη δασκαλοκεντρική σε μια πιο μαθητοκεντρική διδασκαλία κατά την οποία τα ρομπότ χρησιμοποιούνται ως εργαλείο,

- ✓ Απ'τη διάλεξη ως διδακτική μέθοδος, στην ανακαλυπτική και διερευνητική μέθοδο,
- ✓ Απ'την παθητική σχολική τάξη, σε μία πιο ενεργητική τάξη όπου η επικοινωνία παίζει σημαντικό ρόλο,
- ✓ Από μεθόδους αξιολόγησης των μαθητών που στηρίζονται στο αποτέλεσμα μιας και μόνο τελικής δοκιμασίας σε μεθόδους που στηρίζονται σε παραγόμενα προϊόντα και διαδικασίες,
- ✓ Από ένα σύστημα μάθησης όπου όλοι μαθαίνουν τα ίδια πράγματα, σε ένα σύστημα όπου ο καθένας μαθαίνει διαφορετικά πράγματα μέσα από εικόνες, σύμβολα, πολλαπλές αναπαραστάσεις, κείμενα κ.ά.

#### **4.5 Ανάπτυξη δεξιοτήτων απ'τη χρήση των εκπαιδευτικών σεναρίων**

Ένα εκπαιδευτικό σενάριο αξιοποιεί τη ρομποτική εκπαίδευση και ενδεχομένως ευνοεί την ανάπτυξη ικανοτήτων-δεξιοτήτων υψηλού επιπέδου απ'τους εκπαιδευόμενους, συγκεκριμένα ενισχύεται:

- Η ικανότητα της επίλυσης των προβλημάτων,
- Η ανάπτυξη της κριτικής σκέψης,
- Η ικανότητα της αναζήτησης και διερεύνησης διαφόρων πληροφοριών από ένα ευρύ φάσμα δεδομένων,
- Η ανάπτυξη δεξιοτήτων για τη λήψη αποφάσεων,
- Η δυνατότητα μοντελοποίησης καταστάσεων και φαινομένων του πραγματικού κόσμου,
- Η ικανότητα για συνεργασία και από κοινού προσέγγισης για την επίλυση προβλημάτων,
- Η διεπιστημονική προσέγγιση της γνώσης,
- Η ανάπτυξη δεξιοτήτων για τη μεταφορά γνώσεων από ένα πλαίσιο σ'ένα άλλο.



#### 4.6 Αξιολόγηση μαθητών και εκπαιδευτικά σενάρια

Τα σενάρια διδασκαλίας καθώς και οι άλλοι τρόποι αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, παρέχουν ένα καλό πλαίσιο ταξινόμησης τους σε τέσσερις κατηγορίες. Η καθεμία κατηγορία συσχετίζεται και μ'ένα είδος αξιολόγησης. Οι τέσσερις κατηγορίες είναι:

1) Η **Αρχική αξιολόγηση** (placement evaluation) στοχεύει να δώσει πληροφορίες:

α) αν κατέχουν οι μαθητές εκείνες τις δεξιότητες και γνώσεις που είναι απαραίτητες για να παρακολουθήσουν τη νέα διδακτέα ύλη,

β) αν οι μαθητές κατέχουν την προηγούμενη διδαχθείσα ύλη και σε ποιο βαθμό, και

γ) σε ποιο βαθμό τα ενδιαφέροντα του μαθητή, οι συνήθειες στις εργασίες του, τα προσωπικά χαρακτηριστικά του συνηγορούν υπέρ της μιας μεθόδου διδασκαλίας έναντι μιας άλλης.

Η αρχική αξιολόγηση σκοπεύει να πληροφορήσει τον εκπαιδευτή για το επίπεδο των ενδιαφερόντων και των γνώσεων των μαθητών πάνω στα οποία θα βασιστεί, για να ξεκινήσει τη διδασκαλία του, είτε είναι αρχή του τριμήνου ή την αρχή του χρόνου ή αρχή μιας νέας ενότητας που βασίζεται σε προηγούμενες ενότητες και θεωρούνται χρήσιμες για την κατανόηση των διαφόρων εννοιών.

β) Η **Συνεχής αξιολόγηση** (formative evaluation) στοχεύει στο να δίνει πληροφορίες για την αποτελεσματικότητα της διδακτικής πράξης και συγκεκριμένα να διαπιστώνει την πρόοδο των μαθητών κατά τη διάρκεια της προσφερόμενης ύλης, την ώρα της διδασκαλίας. Η συνεχής αξιολόγηση είναι μία συνεχής επανατροφοδότηση τόσο για τους μαθητές όσο και για τους εκπαιδευτές. Με την επανατροφοδότηση, δίνεται στο μαθητή το κίνητρο για επιπλέον μάθηση και στον εκπαιδευτή δίνονται οι πληροφορίες για τον τρόπο της διδασκαλίας του. Η συνεχής αξιολόγηση βασίζεται αποκλειστικά στις παρατηρήσεις που «κρατάει» ο εκπαιδευτής τη στιγμή που διδάσκει και απ'τα σενάρια διδασκαλίας που ετοιμάζει ο εκπαιδευτής για κάθε νέα ύλη που διδάσκει. Τα αποτελέσματα απ'τις παρατηρήσεις του και απ'τα σενάρια διδασκαλίας δε στοχεύουν στη βαθμολόγηση των μαθητών. Δίνουν τις απαραίτητες πληροφορίες για επαύξηση της μάθησης και για τη βελτίωση της

διδασκαλίας τους. Εν ολίγοις, βοηθούν ώστε να γίνει μία πρώτη αντιμετώπιση του προβλήματος.

γ) Η **Διαγνωστική αξιολόγηση** (diagnostic evaluation) στοχεύει στη διερεύνηση των βαθύτερων αιτιών των προβλημάτων αδυναμίας του μαθητή, αφού δεν μπόρεσαν να διορθωθούν κατά την ώρα της διδασκαλίας. Κατά συνέπεια, βασικός σκοπός της διαγνωστικής αξιολόγησης είναι να καθορίσει τα αίτια που επιδρούν ανασταλτικά στη μάθηση και να καθορίσει σενάρια διδασκαλίας για τη «θεραπεία» των αιτιών.

δ) Η **Τελική αξιολόγηση** (summative evaluation) συνήθως γίνεται στο τέλος της σειράς μαθημάτων ή της ενότητας. Είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο, ώστε να καθορίζει την έκταση επίτευξης των διδακτικών στόχων και χρησιμοποιείται για την απονομή πιστοποιητικών επιτευγμάτων και τη βαθμολογία των μαθητών. Στην τελική αξιολόγηση χρησιμοποιούνται φύλλα εργασίας που στηρίχτηκαν στους διδακτικούς στόχους, εκτιμήσεις-κρίσεις και αξιολογήσεις εργασιών του μαθητή. Αν και ο κύριος σκοπός της τελικής αξιολόγησης είναι η βαθμολογία, δίνονται ταυτόχρονα και πληροφορίες για την καταλληλότητα των στόχων του μαθήματος και της αποτελεσματικότητας της διδασκαλίας του εκπαιδευτή.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>: ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ**

Σε όλα τα στάδια της εκπαιδευτικής διαδικασίας οι εκπαιδευτικοί χρειάζεται να παίρνουν αποφάσεις με απώτερο σκοπό τη βελτίωση της μαθησιακής διαδικασίας για τον κάθε μαθητή ξεχωριστά. Αυτές οι αποφάσεις θα πρέπει να στηρίζονται πάντοτε στις πληροφορίες που αντλούνται από τους ίδιους τους μαθητές, και κάποιες φορές και απ'το στενό τους περιβάλλον. Για να μπορέσει όμως ένας εκπαιδευτικός να πάρει τις πιο σωστές αποφάσεις, αυτές θα πρέπει να στηρίζονται σε πληροφορίες μέγιστης ακρίβειας γιατί αυτές οι αποφάσεις μπορεί να έχουν σοβαρό αντίκτυπο στην όλη εκπαιδευτική πορεία και ανέλιξη των μαθητών. Ταυτοχρόνως, ακόμα και οι αποφάσεις των ίδιων των μαθητών για τα μελλοντικά τους σχέδια στηρίζονται στις επιδόσεις τους στα διάφορα μαθήματα, όπως αντικατοπτρίζονται απ'τις βαθμολογίες που τους χορηγούνται απ'τους εκπαιδευτικούς τους. Πέρα απ'το επίπεδο της σχολικής τάξης, ακόμα και αποφάσεις για εντοπισμό μαθησιακών προβλημάτων, για παροχή ειδικής εκπαίδευσης, για συνέχιση ενός σχολικού προγράμματος, μιας χορηγίας ή για τροποποίηση η κατάργηση ενός σχολικού θεσμού θα πρέπει να στηρίζονται κατά ένα μεγάλο μέρος, στις πληροφορίες που λαμβάνονται Μεταξύ άλλων και από τους μαθητές. Επομένως, μία απόφαση είναι τόσο καλή όσο καλά είναι και τα δεδομένα πάνω στα οποία στηρίζεται. Κατά συνέπεια είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τους εκπαιδευτικούς να κατέχουν γνώσεις μέτρησης και αξιολόγησης αφού η μέτρηση και αξιολόγηση είναι πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Παπαναστασίου, 2017).

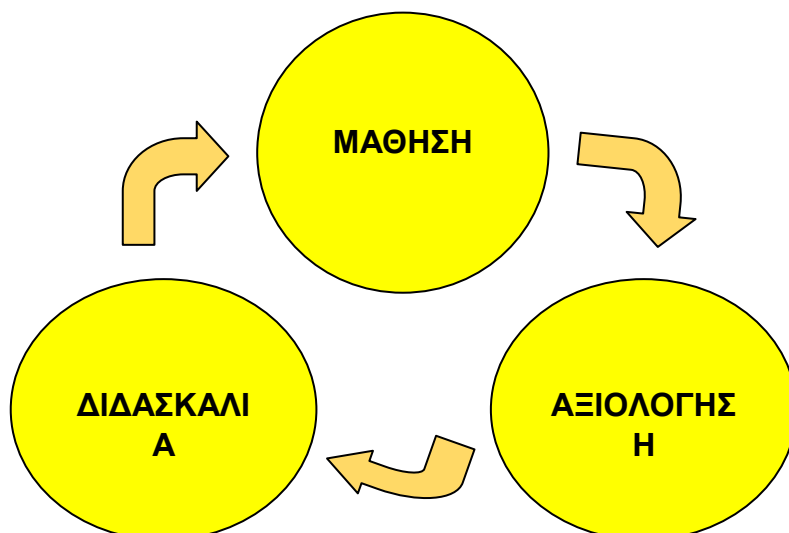
### **5.1 Ο ρόλος της Αξιολόγησης στην Εκπαίδευση**

Την τελευταία δεκαετία, οι σύγχρονες τάσεις για προσέγγιση της μάθησης σε συνδυασμό με τη δυναμική αξιοποίηση και διείσδυση των εκπαιδευτικών τεχνολογιών στη μαθησιακή διαδικασία καθώς η αλλαγή των στόχων της εκπαίδευσης του 21<sup>ου</sup> αιώνα, σηματοδότησαν μια νέα εποχή στο πεδίο της Εκπαιδευτικής Αξιολόγησης.

Η Εκπαιδευτική Αξιολόγηση (Educational Assessment) έχει ένα πολυδιάστατο και ευρύτατο πεδίο αναφοράς. Ποικίλοι ορισμοί για την

Εκπαιδευτική Αξιολόγηση έχουν καταγραφεί, πολλές φορές αλληλοσυμπληρώνονται και αλληλοεξαρτώνται, αποδεικνύοντας τη ποικιλομορφία του επιστημονικού πεδίου και της ανάγκης για εννοιολογική αποσαφήνισή του. Κοινό σημείο όλων των παραπάνω προσπαθειών αποτελεί το γεγονός ότι ορίζουν την εκπαιδευτική αξιολόγηση ως μια αδιάλειπτη διεργασία που στοχεύει στη βελτίωση και στην αποτίμηση της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητας όλων των συνδεδεμένων κρίκων που συναποτελούν την ουσία της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Ορισμένες εκφάνσεις της εκπαιδευτικής αξιολόγησης σημειώνονται στην αξιολόγηση των εκπαιδευτικών, των εκπαιδευομένων, των αναλυτικών προγραμμάτων σπουδών, της διδακτικής διαδικασίας, του εκπαιδευτικού συστήματος και των εκπαιδευτικών προγραμμάτων.

Όμως, η παιδαγωγική επιστήμη σήμερα θεωρεί ότι η εκπαιδευτική αξιολόγηση είναι άμεσα συνδεδεμένη με την αξιολόγηση των εκπαιδευομένων στο καθημερινό συγκείμενο της εκπαιδευτικής διαδικασίας και πολλές φορές προσδιορίζει τη συστηματική και οργανωμένη διαδικασία ανάλυσης και συλλογής δεδομένων που αποσκοπεί στην αποτίμηση των γνώσεων και των δεξιοτήτων των εκπαιδευομένων, σε συνάρτηση πάντα με τους επιδιωκόμενους διδακτικούς στόχους που έχουν τεθεί. Συνεπώς, η αξιολόγηση παίζει σημαντικό ρόλο, διότι ελέγχει όλη τη διδακτική διαδικασία και την πορεία επίτευξης των επιδιωκόμενων στόχων καθώς συσχετίζεται με τα μαθησιακά αποτελέσματα. Στηριζόμενοι στη σύγχρονη διδακτική, θεωρούμε ότι η αξιολόγηση είναι μια θεμελιώδης διαδικασία, άρρηκτα συνδεδεμένη με τις διαδικασίες της διδασκαλίας και της μάθησης (Εικόνα 21).



**Εικόνα 21:** Άρρηκτη σύνδεση της διδασκαλίας και της μάθησης με την αξιολόγηση

Από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η εκπαιδευτική αξιολόγηση λειτουργεί α) ως ένα δυναμικό εργαλείο μάθησης στο οποίο εμπλέκονται ενεργά οι εκπαιδευόμενοι και β) ως ένας μηχανισμός βελτίωσης και ανατροφοδότησης τόσο των εμπλεκόμενων όσο και του ίδιου του εκπαιδευτικού σεναρίου για επαναπροσδιορισμό των διδακτικών στόχων, τον επανασχεδιασμό των κατάλληλων διδακτικών παρεμβάσεων για τη βελτίωση της διδακτικής διαδικασίας αλλά και της βελτίωσης του ίδιου του σεναρίου διδασκαλίας.

Άλλες αλληλένδετες και παρεμφερείς έννοιες με την έννοια της αξιολόγησης είναι οι έννοιες της «μέτρησης», της «εκτίμησης» και της «διόρθωσης». Στο πεδίο της εκπαιδευτικής αξιολόγησης, πολλές φορές αυτές οι έννοιες ταυτίζονται ωστόσο χρησιμοποιούνται με λανθασμένο τρόπο οδηγώντας σε παρερμηνείες τη διαδικασία της αξιολόγησης.

## **5.2 Μέθοδοι αξιολόγησης εκπαιδευτικών σεναρίων στη Ρομποτική στην Ελλάδα**

Στην Ελλάδα, στο χώρο της αξιολόγησης, υπάρχουν σήμερα δεκάδες διαφορετικά μοντέλα, κάποια απ'τα οποία έχουν προταθεί από διακεκριμένους θεωρητικούς της αξιολόγησης και έχουν χρησιμοποιηθεί από μεγάλο αριθμό φορέων, οργανισμών, σχολείων διεθνώς, όπως της ανταποδοτικής αξιολόγησης του Stake (1975), των τεσσάρων επιπέδων του Kirkpatrick (1959), το CIPP του Stufflebeam (1966) και της ενδυναμωτικής αξιολόγησης του Fetterman (1993). Αυτά είναι τα κύρια μοντέλα αξιολόγησης που χρησιμοποιούν τα σχολικά ιδρύματα και οι διάφοροι φορείς στην Ελλάδα:

### **5.2.1 Μοντέλο Ανταποδοτικής Αξιολόγησης (Responsive Evaluation)**

Ο δημιουργός του μοντέλου της ανταποδοτικής αξιολόγησης Robert Stake (1975), ήθελε να εστιάσει στη διεύρυνση της συμμετοχής των συντελεστών ενός διδακτικού σεναρίου κατά τη διαδικασία της αξιολόγησης και της λήψης αποφάσεων. Με λίγα λόγια, ο R. Stake θεωρεί ότι η εκπαιδευτική αξιολόγηση είναι αξιολόγηση ανταπόδοσης και θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά και τις ανάγκες των εκπαιδευομένων και άρα να ανταποκρίνεται σε αυτά. Η αξιολογική διαδικασία, υπό αυτό το πρίσμα, γίνεται πλουραλιστική, ευπροσάρμοστη, συμμετοχική και στηρίζεται στην υποκειμενικότητα του αξιολογητή (Μαγγόπουλος, 2015).

Η Ανταποδοτική αξιολόγηση στην εκπαίδευση έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- ✓ Ενθαρρύνει την επαναδιαπραγμάτευση του εκπαιδευτικού σεναρίου, καθώς αυτό εξελίσσεται και εμβαθύνει στα προβλήματα που προκύπτουν.
- ✓ Εστιάζει περισσότερο στις ενέργειες του εκπαιδευτικού σεναρίου και όχι στο βασικό του σχεδιασμό.
- ✓ Ενδιαφέρεται για τα αιτήματα των εκπαιδευομένων για πληροφόρηση και ενημέρωση σχετικά με την πορεία του εκπαιδευτικού σεναρίου.
- ✓ Η «επιτυχία» ή η «αποτυχία» ενός εκπαιδευτικού σεναρίου θεωρεί ότι είναι σχετικές έννοιες που καθορίζονται με βάση τα συστήματα αξιών,

τα οποία και πρέπει να διατυπώνονται κατά τη διατύπωση της τελικής αξιολόγησης (Δημητρόπουλος, 1999).

Το μοντέλο της Ανταποδοτικής αξιολόγησης αναλύεται σε τρία επίπεδα (Εικόνα ):

- **Τωρινή κατάσταση:** Αφορά το επίπεδο που επικρατεί κατά την έναρξη του εκπαιδευτικού σεναρίου. Για να προσδιοριστεί αυτή η κατάσταση αναλύουμε τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευόμενων (στάσεις, προσδοκίες, δεξιότητες, γνώσεις), των εκπαιδευτών, καθώς και των άμεσα ή έμμεσα εμπλεκομένων στην εκπαιδευτική διαδικασία.
- **Παρέμβαση:** Αφορά το επίπεδο που περιγράφει την εκπαιδευτική παρέμβαση τονίζοντας την αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφόρων συντελεστών του εκπαιδευτικού σεναρίου.
- **Αποτελέσματα:** Στο επίπεδο αυτό, περιγράφονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν απ'την υλοποίηση του εκπαιδευτικού σεναρίου καθώς και τα αποτελέσματα που αφορούσαν τους εκπαιδευόμενους όπως, οι γνώσεις που αποκτηθήκαν, οι δεξιότητες που αναπτυχθήκαν και οι στάσεις που υιοθετήθηκαν.

Σχεδιάζοντας και εφαρμόζοντας την αξιολόγηση ενός εκπαιδευτικού σεναρίου στηριζόμενο στο μοντέλο της ανταποδοτικής αξιολόγησης, ο αξιολογητής πρέπει να:

- ✓ Επιζητά τη συμμετοχή όλων των συντελεστών του εκπαιδευτικού σεναρίου, ενημερώνοντάς τους κατά τη διάρκεια υλοποίησης του σεναρίου.
- ✓ Ενθαρρύνει τους εκπαιδευόμενους με σκοπό να βελτιωθεί η μαθησιακή διαδικασία.
- ✓ Παρουσιάσει τις σχέσεις: **Τωρινή Κατάσταση** → **Παρέμβαση** → **Αποτελέσματα** με σκοπό να προσδιοριστούν τα κρίσιμα σημεία για την εξέλιξη του εκπαιδευτικού σεναρίου.
- ✓ Γνωστοποιήσει τα τελικά ορίζουν οι συντελεστές του εκπαιδευτικού σεναρίου (Καραλής Α., Δ.. Βεργίδης & Μ. Κατσιγιάννη, 2000).

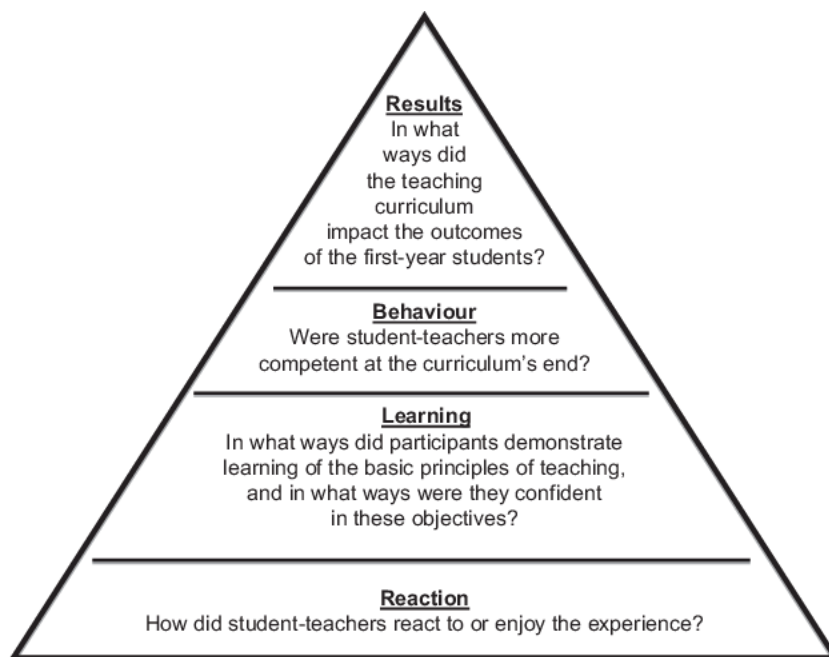
Τέλος, το μοντέλο της Αναταποδοτικής αξιολόγησης του Stake αποτέλεσε την αφετηρία για μεταγενέστερες συμμετοχικές προσεγγίσεις και έτυχε ευρείας αποδοχής απ'την επιστημονική και ερευνητική κοινότητα.

### 5.2.2 Μοντέλο των Τεσσάρων Επιπέδων

Το 1959, ο Donald L.Kirkpatrick σε μία προσπάθεια αποτίμησης της αποτελεσματικότητας της εκπαίδευσης ανέπτυξε το μοντέλο αξιολόγησης των τεσσάρων επιπέδων (four level model). Αναπτύχθηκε αυτό το μοντέλο αξιολόγησης, για να βοηθηθούν οι διευθυντές εκπαιδευτικών προγραμμάτων στο να καθορίσουν την αποτελεσματικότητα της εκπαίδευσης. Βασίζεται σε τέσσερα ερωτήματα που αφορούν το πρόγραμμα εκπαίδευσης:

1. Did they like it? (Το συμπάθησαν;)
2. Did they learn it? (Το έμαθαν;)
3. Will they use it? (Θα το χρησιμοποιήσουν;)
4. Will it matter? (Θα το αλλάξουν;)

Σύμφωνα με αυτό το πρότυπο, τα τέσσερα επίπεδα (βλ. Εικόνα 22) που προτείνει ο Kirkpatrick για την αξιολόγηση των εκπαιδευτικών σεναρίων είναι:



**Εικόνα 22:** Μοντέλο των Τεσσάρων Επιπέδων

(Πηγή : [Modified Kirkpatrick pyramid of curriculum evaluation.](#) | [Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)



**ΕΠΙΠΕΔΟ 1 - ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ (reaction):** Αυτό το επίπεδο απευθύνεται στους εκπαιδευόμενους του διδακτικού σεναρίου και στην τοποθέτησή τους απέναντι στις επιμέρους λειτουργίες του. Οι εκπαιδευόμενοι απαντούν σε ερωτήσεις για το πώς αντιλήφθηκαν το σενάριο, για παράδειγμα:

- Αν τους άρεσε.
- Αν το περιεχόμενο ήταν σχετικό με τη διδαχθείσα υλη τους.
- Αν κάλυψε ό,τι είχε προγραμματιστεί.

Σε αυτό τον τύπο αξιολόγησης χρησιμοποιούνται τα «ευτυχή φύλλα ή φύλλα χαμόγελου» (smilesheets). Ο Kirkpatrick τονίζει, ότι κάθε εκπαιδευτικό σενάριο πρέπει να αξιολογηθεί, τουλάχιστον, σε αυτό το επίπεδο για να είναι δυνατή η βελτίωσή του. Ακόμη, οι αντιδράσεις των εκπαιδευομένων δίνουν χρήσιμα συμπεράσματα για το επίπεδο 2, της μάθησης. Η θετική ανταπόκριση των εκπαιδευομένων δε σημαίνει πως οι στόχοι του σεναρίου έχουν επιτευχθεί, μια αρνητική ανταπόκριση μειώνει την πιθανότητα αυτή. Μέσα από αυτό τον τύπο αξιολόγησης αποκαλύπτονται πολύτιμα στοιχεία όταν οι ερωτήσεις που υποβάλλονται είναι πιο πολύπλοκες.

**ΕΠΙΠΕΔΟ 2 – ΜΑΘΗΣΗ (learning):** Για να αξιολογηθεί ο βαθμός μάθησης που έχει προκύψει λόγω ενός διδακτικού σεναρίου, το επίπεδο 2 της αξιολόγησης Kirkpatrick χρησιμοποιεί συχνά τεστ πριν τη διεξαγωγή του σεναρίου και μετά από την υλοποίησή του. Η αποτίμηση σ' αυτό το επίπεδο προχωρά πέρα απ' την ικανοποίηση του εκπαιδευόμενου και εξετάζει το βαθμό που οι εκπαιδευόμενοι έχουν άλλαξαν στάση, αποκτήσει γνώση ή καλλιεργήσει δεξιότητες. Μέσα απ' τις παρακάτω ερωτήσεις αξιολογείται το μέγεθος της μάθησης που έχει προκύψει:

- Ποιες γνώσεις αποκτήθηκαν;
- Ποιες ικανότητες-δεξιότητες ενισχύθηκαν ή αναπτύχθηκαν;
- Άλλαξαν κάποιες στάσεις;
- Υπάρχει κάτι που έμαθαν οι εκπαιδευόμενοι που δεν ήξεραν προηγουμένως;
- Κάνουν κάτι τώρα οι εκπαιδευόμενοι που δεν έκαναν προηγουμένως;

Η μέτρηση σ' αυτό στο επίπεδο της μάθησης είναι πιο κοπιαστική και δυσκολότερη απ' το επίπεδο της αντίδρασης. Οι μέθοδοι κυμαίνονται απ' την ομαδική αξιολόγηση στην αυτοαξιολόγηση και από επίσημη σε άτυπη δοκιμή.

Οι εκπαιδευόμενοι πρέπει να περνούν από τεστ πριν απ'την διεξαγωγή του σεναρίου (pre testing) και μετά από αυτήν (post testing). Για να οριστεί ο βαθμός της μάθησης που έχει επιτευχθεί, πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ αυτών που γνώριζαν πριν απ'το διδακτικό σενάριο και αυτών που έμαθαν στη διάρκεια του εκπαιδευτικού σεναρίου. Έπειτα οι εκπαιδευτικοί συγκεντρώνουν τα αποτελέσματα όλων των εκπαιδευομένων και παρατηρούν την επίδραση που πραγματοποιήθηκε απ'την υλοποίηση του εκπαιδευτικού σεναρίου. Προκειμένου να επικυρωθούν οι στόχοι μάθησης, η μέτρηση της μάθησης που πραγματοποιείται σ'ένα διδακτικό σενάριο είναι σημαντική. Η αξιολόγηση σ'αυτή τη διαδικασία έχει κανονικά περισσότερα οφέλη για το φορέα εκπαίδευσης που διαθέτει τα σενάρια διδασκαλίας και το σχεδιαστή της αξιολόγησης απ' ότι για τον εκπαιδευόμενο. Τον σχεδιαστή η αξιολόγηση τον βοηθά να καθορίσει τι μάθηση πρέπει να παραγάγει. Το επίπεδο 2 της αξιολόγησης δεν πραγματοποιείται τόσο συχνά όσο το επίπεδο 1, αλλά είναι ακόμα πολύ κοινό.

**ΕΠΙΠΕΔΟ 3 – ΜΕΤΑΦΟΡΑ (behavior):** Στο συγκεκριμένο επίπεδο μετράται η μεταφορά της γνώσης που'χει εμφανιστεί στη συμπεριφορά των εκπαιδευομένων κατά τη διάρκεια του διδακτικού σεναρίου. Σ'αυτό το επίπεδο, η αξιολόγηση πρέπει να απαντά στα παρακάτω ερωτήματα:

- Στο καθημερινό περιβάλλον του εκπαιδευόμενου χρησιμοποιούνται οι πρόσφατα αποκτηθείσες εμπειρίες, γνώσεις και δεξιότητες;
- Βελτιώνεται η απόδοση του εκπαιδευόμενου στο μαθησιακό χώρο, σαν αποτέλεσμα του διδακτικού σεναρίου; Μέχρι ποιο σημείο;

Αυτό το επίπεδο, για πολλούς εκπαιδευτές αντιπροσωπεύει την πιο γνήσια αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας ενός εκπαιδευτικού σεναρίου. Όμως, σ'αυτό το επίπεδο είναι συχνά αδύνατο και δύσκολο να εκτιμηθεί πότε θα εμφανιστεί αλλαγή στη συμπεριφορά και πότε θα χρειαστεί να παρθούν κατάλληλες αποφάσεις, απ'την άποψη του πότε να γίνει η αξιολόγηση, πόσο συχνά να γίνεται αξιολόγηση, και πώς να γίνεται η αξιολόγηση.

Αυτή η μέτρηση γίνεται, ιδανικά, τρεις με έξι μήνες μετά απ'το διδακτικό σενάριο. Στο διάστημα αυτό, οι εκπαιδευόμενοι έχουν την ευκαιρία να αξιοποιήσουν τις νέες δεξιότητες-ικανότητες και έτσι να αξιολογηθούν τα ποσοστά εφαρμογής. Μερικές φορές, οι έρευνες παρατήρησης που

χρησιμοποιούνται, επονομάζονται συμπεριφοριστικές κάρτες βαθμολογίας (behavioral score cards).

**ΕΠΙΠΕΔΟ 4 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (results):** Σ' αυτό το επίπεδο μετριέται η επιτυχία ενός εκπαιδευτικού σεναρίου. Αυτό το κριτήριο καθορίζει τη συνολική επιτυχία του εκπαιδευτικού σεναρίου που αποτιμάται βάση συγκεκριμένων κριτηρίων, όπως:

- Της ανταπόκρισης των εκπαιδευομένων σ' αυτό.
- Της μάθησης που επιτεύχθηκε αναφορικά με τις νέες δεξιότητες, γνώσεις και στάσεις που ανέπτυξαν οι εκπαιδευόμενοι κατά τη διάρκεια του εκπαιδευτικού σεναρίου.
- Της βελτίωσης της συμπεριφοράς των εκπαιδευομένων μετά τη λήξη του εκπαιδευτικού σεναρίου.

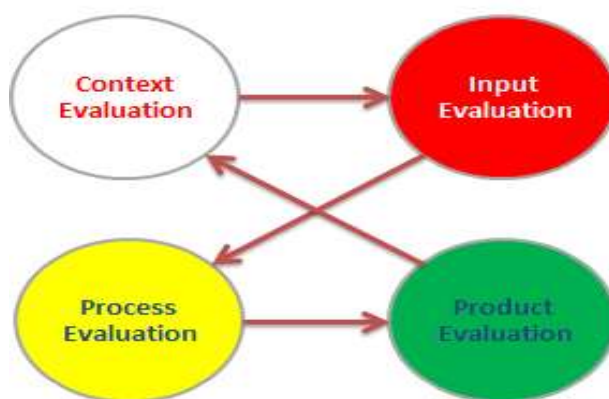
Καθώς μεταφερόμαστε απ' το επίπεδο 1 (αντίδρασης) προς το επίπεδο 4 (αποτελέσματος), η διαδικασία της αξιολόγησης γίνεται χρονοβόρα και δυσκολότερη, τροφοδοτεί όμως με όλο και περισσότερες σημαντικές πληροφορίες. Ο πιο συχνός τύπος μέτρησης είναι το επίπεδο 1, επειδή είναι ευκολότερο να μετρηθεί. Όμως, δίνει τα λιγότερα σημαντικά στοιχεία. Η μέτρηση των αποτελεσμάτων που έχουν επιπτώσεις στην οργάνωση είναι αρκετά δυσκολότερη, κατά συνέπεια χρησιμοποιείται λιγότερο συχνά, όμως παράγει τις πολυτιμότερες πληροφορίες. Κάθε επίπεδο αξιολόγησης πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει ένα διαγώνιο σύνολο στοιχείων για τη μέτρηση του διδακτικού σεναρίου.

Τα επίπεδα 1 και 2 (αντιδράσης και μάθησης) είναι διαμορφωτικές αξιολογήσεις, ενώ τα επίπεδα 3 και 4 (μεταφοράς και αποτελέσματος) είναι αθροιστικές αξιολογήσεις. Με το εργαλείο αξιολόγηση των αντιδράσεων καθορίζονται οι στόχοι που μπορούν να επιτευχθούν. Με το εργαλείο αξιολόγηση της μάθησης υποβοηθάτε η επίτευξη των στόχων. Με το εργαλείο αξιολόγηση της μεταφοράς ελέγχονται εάν οι στόχοι έχουν επιτευχθεί πραγματικά. Με το εργαλείο αξιολόγηση των αποτελεσμάτων κρίνεται η αξία των στόχων. Συνεπώς, υπάρχουν τέσσερα σημαντικά σημεία διαχωρισμού των επιπέδων.

Για τη συλλογή στοιχείων χρησιμοποιούνται διάφορα εργαλεία όπως, ερωτηματολόγια, συνεντεύξεις, έρευνες, παρατηρήσεις και τεστ. Η μεθοδολογία ή το μοντέλο που χρησιμοποιείται στη διαδικασία συγκέντρωσης στοιχείων συνήθως είναι μία καθορισμένη διαδικασία «βήμα προς βήμα». Πρέπει να εκτελεστεί και να σχεδιαστεί με προσοχή για να εξασφαλιστούν ότι τα στοιχεία είναι έγκυρα και ακριβή. Σε κάθε ένα απ'τα επίπεδα αξιολόγησης χρησιμοποιούνται διαφορετικοί τύποι ερωτήσεων. Αυτό έχει ως συνέπεια, διαφορετικά όργανα αξιολόγησης να είναι καταλληλότερα σε κάθε κατηγορία.

### 5.2.3 Το μοντέλο CIPP

Ένα απ'τα πιο γνωστά μοντέλα αξιολόγησης είναι το CIPP model, προτάθηκε απ'τον Stufflebeam το 1966, ήταν ένας απ'τους πιο διακεκριμένους θεωρητικούς επιστήμονες της αξιολόγησης και αποτέλεσε την πρώτη ολοκληρωμένη προσπάθεια για την αξιολόγηση εκπαιδευτικών προγραμμάτων. Το όνομα CIPP προκύπτει απ'τις λέξεις Context (πλαίσιο), Input (είσοδος), Process (διαδικασία), Product (αποτέλεσμα). Το CIPP model (Εικόνα 23) δημιουργήθηκε με σκοπό να βοηθήσει στην αναμόρφωση των σχολικών προγραμμάτων στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και ιδιαίτερα εκείνων που στόχευαν στη βελτίωση της μάθησης και της διδασκαλίας. Στη διάρκεια του χρόνου αναπτύχθηκε κι άλλο και σε άλλες χώρες εκτός του κλάδου της εκπαίδευσης.



**Εικόνα 23:** Μοντέλο CIPP

Οι φάσεις που αποδίδουν τα αρχικά του ακρωνυμίου (CIPP) είναι:

- ✓ **Context (Αξιολόγηση Πλαισίου):** Αφορά την αποτίμηση των δυνατών και αδύνατων σημείων, των αναγκών, των στρατηγικών του εκπαιδευτικού σεναρίου και τη διερεύνηση της συμβατότητας των προτεραιοτήτων και των στόχων του με τις ανάγκες των εκπαιδευομένων.
- ✓ **Input (Αξιολόγηση Εισόδου):** Αφορά την αξιολόγηση των διατιθέμενων πόρων, των περιορισμών για την αναζήτηση της βέλτιστης στρατηγικής και των διαφορετικών εναλλακτικών στρατηγικών.
- ✓ **Process (Αξιολόγηση Διαδικασίας):** Αφορά την αδιάκοπη παρακολούθηση της υλοποίησης των στόχων του εκπαιδευτικού σεναρίου, την ανάληψη των κατάλληλων διορθωτικών παρεμβάσεων την καταγραφή των πιθανών αποκλίσεων και προβλημάτων και την ανατροφοδότηση στους συγγραφείς του σεναρίου.
- ✓ **Product (Αξιολόγηση Αποτελέσματος):** Αφορά την αποτύπωση των αποτελεσμάτων του εκπαιδευτικού σεναρίου, τον εντοπισμό των παρατηρούμενων αρνητικών και θετικών συνεπειών του με σκοπό να λαμβάνονται αποφάσεις για τη συνέχιση, τη βελτίωση, την επανάληψη ακόμα και τη διακοπή του σεναρίου (Καραλής, 2003).

Στον πίνακα που παρουσιάζεται, διατυπώνονται οι κύριες ερωτήσεις που πρέπει να απαντηθούν σε κάθε φάση του μοντέλου CIPP, πάντα με βάση τον τύπο της αξιολόγησης (Πίνακας 1). Στη διαμορφωτική αξιολόγηση, η υλοποίηση του μοντέλου παρέχει σημαντικές πληροφορίες για τη λήψη των αποφάσεων, την εφαρμογή του εκπαιδευτικού σεναρίου και την εξασφάλιση της ποιότητας. Στην απολογιστική αξιολόγηση, το μοντέλο εκτιμάει την αξία του εκπαιδευτικού σεναρίου ως προς την ποιότητα, την ακεραιότητα, τη σκοπιμότητα, την αποτελεσματικότητα, το κόστος και τη σημασία.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ		ΤΥΠΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	
ΦΑΣΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ		<b>ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΙΚΗ</b>	<b>ΑΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ</b>
	<b>Context</b>	«Τι θα πρέπει να γίνει;»	«Αντιμετωπίστηκαν οι σημαντικές ανάγκες;»
	<b>Input</b>	«Πως θα πρέπει να γίνει;»	«Χρησιμοποιήθηκε ένα αξιόπιστο σχέδιο;»
	<b>Process</b>	«Γίνεται;»	«Εκτελέστηκε σωστά ένα σχέδιο;»
	<b>Product</b>	«Πετυχαίνει;»	«Πέτυχε η προσπάθεια;»

Πινάκας 1: Ερωτήσεις αξιολόγησης του εκπαιδευτικού σεναρίου με τη βοήθεια του μοντέλου CIPP

#### 5.2.4 Μοντέλο Ενδυναμωτικής Αξιολόγησης (Empowerment Evaluation)

Το μοντέλο της ενδυναμωτικής αξιολόγησης εμπνεύστηκε απ' τον David M. Fetterman το 1993 και συνιστά μία απ' τις πιο νέες θεωρητικές προσεγγίσεις στην αξιολόγηση εκπαιδευτικών σεναρίων και θεωρείται ως το πιο συμμετοχικό μοντέλο αξιολόγησης. Ο Fetterman το 2001 αναφέρει, «*Ενδυναμωτική είναι η αξιολόγηση που χρησιμοποιεί έννοιες, τεχνικές και ευρήματα για να συνδέσει τη βελτίωση με την αυτοδιάθεση και είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να βοηθήσει τους εκπαιδευτές να βελτιώσουν τα εκπαιδευτικά τους σενάρια μέσω της αυτοαξιολόγησης και του αναστοχασμού. Οι συμμετέχοντες σε ένα πρόγραμμα διενεργούν τις δικές τους αξιολογήσεις*».

Σε αυτό το μοντέλο οι εκπαιδευόμενοι εμπλέκονται περισσότερο στις διαδικασίες υλοποίησής του. Εν ολίγοις, μετατρέπονται και οι ίδιοι σε αξιολογητές, επειδή παίρνουν αποφάσεις για το περιεχόμενο και την πορεία της διαδικασίας. Τα παραπάνω μοντέλα στρέφονται στη συμμετοχή των ίδιων των συμμετεχόντων. Ο αξιολογητής δεν είναι ειδικός, παρατηρεί, συνεργάζεται με τους εκπαιδευομένους και διευκολύνει την πορεία της ενδυνάμωσης ώστε

να γίνουν οι ίδιοι αξιολογητές του εκπαιδευτικού σεναρίου που συμμετέχουν (Καραλής, 1999).

Στην ενδυναμωτική αξιολόγηση ακολουθούνται τα παρακάτω τρία βήματα:

1. Ορίζονται οι σκοποί και οι στόχοι του εκπαιδευτικού σεναρίου.
2. Αναγνωρίζονται οι πιο σημαντικές δράσεις σε σχέση με το εκπαιδευτικό σενάριο.
3. Ιεραρχούνται αυτές οι δράσεις.

### **5.3 Μέθοδοι αξιολόγησης εκπαιδευτικών σεναρίων στη Ρομποτική σε διεθνές επίπεδο**

Η Εκπαιδευτική Αξιολόγηση θεωρείται ένα αυτόνομο επιστημονικό πεδίο με διάρκεια λίγων χρόνων. Περίπου στα τέλη της δεκαετίας του 1960, η Εκπαιδευτική Αξιολόγηση εφαρμόστηκε σε εκπαιδευτικά προγράμματα σπουδών των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, ενώ άρχισε να καθιερώνεται ως επίσημος επιστημονικός κλάδος στα μέσα της δεκαετίας του 1980.

Στη διεθνή βιβλιογραφία απ'το 1933 έως και σήμερα αναδείχθηκαν και καταγράφηκαν ποικίλα και πολλαπλά μοντέλα αξιολόγησης όπου συνθέτουν το θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο βασίζεται η εξέλιξη και η ανάπτυξη του επιστημονικού πεδίου της Εκπαιδευτικής Αξιολόγησης. Στόχος του αυτού του κεφαλαίου είναι η σύντομη και πληρέστερη περιγραφή των πιο σημαντικών μοντέλων στην Ελλάδα αλλά και στον υπόλοιπο κόσμο, καθώς και η παρουσίαση των βασικών τους χαρακτηριστικών, της δυναμικής και της προστιθέμενης αξίας τους στην εκπαιδευτική πρακτική.

Ο όρος «μοντέλο αξιολόγησης» εννοεί τη χρηστική και δομημένη προσέγγιση η οποία εμπεριέχει:

- το εύρος της εφαρμογής της,
- το θεωρητικό πλαίσιο της αξιολόγησης,
- τους στόχους και ο σκοπός που διατυπώθηκε,
- τα αντικείμενα που διαπραγματεύεται,
- το ρόλο των συντελεστών και συμμετεχόντων,

- τα ερευνητικά εργαλεία/μέσα και τις ερευνητικές μεθόδους που αξιοποιήθηκαν,
- τη χρήση των αποτελεσμάτων της και την προστιθέμενη αξία.

### 5.3.1 Το Μοντέλο ADDIE

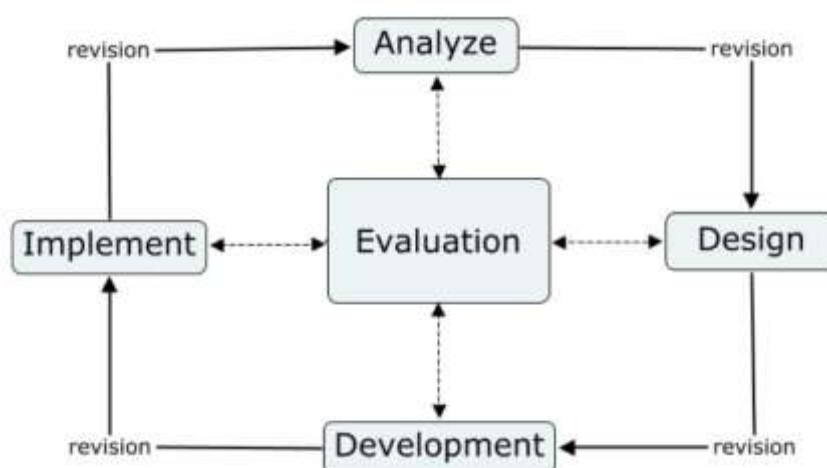
Το μοντέλο ADDIE (Εικόνα 24), θεωρείται ένα απ'τα πιο σημαντικά, εξαιρετικά δημοφιλή και πολυσυζητημένα μοντέλα σχεδίασης και αξιολόγησης εκπαιδευτικών σεναρίων στην Ελλάδα. Το μοντέλο ADDIE (Εικόνα 24) βασίζεται στη σχεδιαστική ανάπτυξη του «καταρράκτη» γι'αυτό και διακατέχεται από μία γραμμικότητα. Κάθε φάση του ακολουθεί την προηγούμενη, αποτελείται από πέντε καθορισμένες φάσεις με συγκεκριμένα βήματα ανάπτυξης (απ'τα αρχικά των οποίων πήρε και το όνομά του): **Ανάλυση** (Analysis), **Σχεδίαση** (Design), **Ανάπτυξη** (Development), **Εφαρμογή** (Implementation) και **Αξιολόγηση** (Evaluation).

Το ADDIE είναι ένα εκπαιδευτικό μοντέλο σχεδιασμού και αξιολόγησης διδακτικών σεναρίων που είναι σχετικά απλό στην υλοποίησή του (Akkoyunlu, 2008). Ο Branch (2009) αναφέρει *«είναι το περισσότερο γνωστό μοντέλο εκπαιδευτικού σχεδιασμού και αξιολόγησης στη βιβλιογραφία, το οποίο έχει προκύψει από την πολυετή πρακτική εμπειρία των εκπαιδευτικών και των σχεδιαστών εκπαιδευτικών σεναρίων»*. Ο Τσέλιος (2011) γράφει πως το *«μοντέλο διδακτικής σχεδίασης ADDIE συνιστά μια συστηματική πρόταση εκπαιδευτικού σχεδιασμού»*. Ο Σοφός et al., (2015) αναφέρουν πως *«το μοντέλο ADDIE είναι ένα ακρωνύμιο, το οποίο προκύπτει από τα αρχικά των ενεργειών στις οποίες πρέπει να προβαίνει ένας εκπαιδευτής/ σχεδιαστής, προκειμένου να σχεδιάσει ένα διδακτικό σενάριο»*. Ο Αυγερινός ονομάζει το μοντέλο ADDIE ως το θεμέλιο όλων των μοντέλων εκπαιδευτικού σχεδιασμού και αξιολόγησης, που είναι ένα το πλέον ευέλικτο μοντέλο για το σχεδιασμό εκπαιδευτικών σεναρίων (Augerinos, 2016). Χωρίς αμφιβολία θεωρείται ως ένα δοκιμασμένο στο χρόνο μοντέλο (Caray et al., 2017).

Παρόλο την πληθώρα μοντέλων εκπαιδευτικού σχεδιασμού και αξιολόγησης, οι περισσότεροι σχεδιαστές διδακτικών σεναρίων χρησιμοποιούν το μοντέλο ADDIE (Στυλιάρας και Δήμου, 2015). Επίσης, ο



Augerinos (2016) αναφέρει πως «το μοντέλο ADDIE καλείται συχνά μοντέλο-διαδικασία και κάθε φάση του έχει ένα αποτέλεσμα που εισέρχεται στην επόμενη φάση». Ο Δημητριάδης λέει πως «πρόκειται για ένα σημαντικό, εξαιρετικά δημοφιλές και πολυσυζητημένο μοντέλο που περιγράφει τις φάσεις εργασίας κατά την ανάπτυξη ενός έργου. Το ADDIE όμως εφαρμόζεται παρόμοια για την περιγραφή έργου σχετικού με την ανάπτυξη λογισμικού (εκπαιδευτικού ή μη)» (Δημητριάδης, 2015).



**Εικόνα 24:** Μοντέλο ADDIE

(Πηγή : [ADDIE Model: Instructional Design - Educational Technology](#))

Στηριζόμενοι στη διεθνή βιβλιογραφία το συγκεκριμένο μοντέλο αποτελείται από πέντε φάσεις. Σύμφωνα με τον Branch (2009):

Στην πρώτη φάση της **ανάλυσης** (analysis), ο σχεδιαστής αποσαφηνίζει το εκπαιδευτικό υπόβαθρο των μαθητών και τις προγενέστερες γνώσεις τους, θέτει το διδακτικό σκοπό και τους στόχους, κάνει λεπτομερή καθορισμό του προβλήματος και οτιδήποτε άλλο σχετικό με αυτά τα χαρακτηριστικά. Ακόμη, η ανάλυση εξετάζει τυχόν περιορισμούς, το μαθησιακό περιβάλλον, τις επιλογές παράδοσης και το χρονοδιάγραμμα για το σενάριο. Το τυπικό παραδοτέο για τη φάση της ανάλυσης, είναι μια περίληψη της ανάλυσης, που θα πρέπει να απαντάει στις παρακάτω ερωτήσεις:

- Ποια είναι τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευομένων;
- Υπάρχει αποτέλεσμα από την υλοποίηση του σεναρίου;

- Υφίστανται μαθησιακοί περιορισμοί;
- Ποιες μαθησιακές – παιδαγωγικές θεωρίες χρησιμοποιήθηκαν και πως αυτές διαμόρφωσαν τη διδακτική παρέμβαση;
- Υπάρχουν χρονικοί περιορισμοί για την ολοκλήρωση του διδακτικού σεναρίου;

Στη δεύτερη φάση του **σχεδιασμού** (design), καθορίζονται οι μαθησιακοί στόχοι, ποια εργαλεία και τα μέσα αξιολόγησης που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, σχεδιάζονται οι ενότητες. Δηλαδή, εφαρμόζονται στρατηγικές διδασκαλίας και σχεδιάζεται το μάθημα ανάλογα με τους στόχους που τέθηκαν. Το τυπικό παραδοτέο για τη φάση σχεδιασμού είναι μια σύντομη σχεδίαση, που θα πρέπει να καταγράφονται τα παρακάτω στοιχεία:

- Τεκμηρίωση και καταγραφή των οπτικοακουστικών μέσων και της τεχνολογίας καθώς και της διδακτικής στρατηγικής.
- Εφαρμογή στρατηγικών διδασκαλίας βασιζόμενο στα επιθυμητά αποτελέσματα (ψυχοκινητικά, συναισθηματικά, γνωσιακά κ.α.).
- Εκτίμηση του κόστους και του χρόνου σε υλικούς και ανθρώπινους πόρους.
- Φυσικός σχεδιασμός (graphic design ή visual design).
- Σχεδιασμός της συνολικής εμπειρίας χρήστη (user experience) και της διεπιφάνειας χρήστη (user interface).
- Καθορισμός πρωτοτύπου.

Στη φάση της **ανάπτυξης** (development), ο σχεδιαστής του εκπαιδευτικού σεναρίου δημιουργεί και συνενώνει τα στοιχεία της φάσης του σχεδιασμού. Τα βήματα που ακολουθεί είναι:

- Δημιουργεί το περιεχόμενο,
- Επιλέγει τα υποστηρικτικά μέσα που ήδη υπάρχουν ή αναπτύσσει υποστηρικτικά μέσα για το σκοπό του σεναρίου,
- Διεξάγει διαμορφωτικές αναθεωρήσεις και πιλοτικές δοκιμές.

Το βασικό παραδοτέο για τη φάση της ανάπτυξης είναι όλοι οι μαθησιακοί πόροι που διατέθηκαν για την ολοκλήρωση του σεναρίου διδασκαλίας.

Στη φάση της **εφαρμογής** (Implementation), αναπτύσσονται διαδικασίες εκπαίδευσης των συμμετεχόντων (εκπαιδευόμενοι και σχεδιαστές), δηλαδή προετοιμάζεται το μαθησιακό περιβάλλον (βιβλία, εξοπλισμός κ.λπ) και η εμπλοκή των εκπαιδευομένων. Για τους σχεδιαστές

δίνεται έμφαση στα αποτελέσματα που θα προκύψουν, στο περιεχόμενο του μαθήματος, στις μεθόδους διδακτικής παρέμβασης που θα χρησιμοποιήσουν και στις διαδικασίες ελέγχου. Για τους μαθητές δίνεται έμφαση στην εκπαίδευση νέων εργαλείων, στην εξοικείωσή τους με την πλατφόρμα ρομποτικής και στην ανάπτυξη σχετικών υποστηρικτικών υλικών (π.χ. πλακέτα arduino). Το τυπικό παραδοτέο για τη φάση εφαρμογής είναι η υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης όπως είχε διατυπωθεί.

Τέλος, στη φάση της **αξιολόγησης**, αξιολογείται η αξιοπιστία και η εγκυρότητα του εκπαιδευτικού σεναρίου, τόσο πριν όσο και μετά από την εφαρμογή του. Συγκεκριμένα, αποτελείται από δύο φάσεις. Την διαμορφωτική αξιολόγηση η οποία υλοποιείται σε κάθε στάδιο του μοντέλου και την τελική ή αθροιστική αξιολόγηση η οποία σα στοχευμένη δράση εντοπίζει αν καλύφθηκαν οι μαθησιακοί στόχοι που μπήκαν εξ αρχής κι αν το σενάριο ολοκληρώθηκε με επιτυχία. Με λίγα λόγια, αξιολογεί το εκπαιδευτικό σενάριο ως προς το μαθησιακό αποτέλεσμα, την αλληλεπίδραση του εκπαιδευμένου με το περιβάλλον και την τεχνική του αρτιότητα. Οι εκπαιδευόμενοι είναι αυτοί που θα αξιολογήσουν συνολικά το σενάριο και θα προτείνουν και άλλες διορθώσεις. Το τυπικό παραδοτέο είναι τα αποτελέσματα απ' τις αξιολογήσεις των εκπαιδευομένων.

### **5.3.2 Το Δυναμικό Μοντέλο Creemers και Kyriakides**

Το μοντέλο μέτρησης της αποτελεσματικότητας των εκπαιδευτικών σεναρίων, αναπτύχθηκε την τελευταία δεκαπενταετία και σκοπεύει να δώσει επιστημονικά τεκμηριωμένες απαντήσεις σε θεμελιώδη ερωτήματα όπως: «Τι κάνει ο σχεδιαστής ενός σεναρίου για να θεωρηθεί ένα σενάριο καλό;», «Με ποιους τρόπους/στρατηγικές μπορούμε να κάνουμε πιο αποτελεσματικά τα σεναρία διδασκαλίας;». Το μοντέλο αυτό φιλοδοξεί να αναδείξει τις αδυναμίες των εκπαιδευτικών σεναρίων καθώς και τις διαφορές που διαπιστώνονται ανάμεσα στα επιτεύγματα/αποδόσεις των μαθητών, λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των μαθητών (π.χ. κοινωνικοοικονομική κατάσταση, ικανότητες, κ.α).

Το Δυναμικό Μοντέλο της Εκπαιδευτικής Αποτελεσματικότητας (ΔΜΕΑ) αναπτύχθηκε απ'τους Creemers και Kyriakides. Θεωρείται απ'τα πιο σύγχρονα μοντέλα, το οποίο προσδιορίζει τις δυναμικές σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των πολλαπλών παραγόντων που συνδέονται με την εκπαιδευτική αξιολόγηση. Οι Creemers & Kyriakides, στόχευαν μέσα από αυτήν την προσέγγιση να συμβάλουν στην ανάπτυξη μηχανισμών αξιολόγησης των εκπαιδευτικών σεναρίων και κατά συνέπεια στη βελτίωση της ποιότητας της εκπαίδευσης.

Με βάση αυτό το μοντέλο, αποτελεσματικά διδακτικά σενάρια είναι εκείνα που αφενός μπορούν να διαπιστώσουν τα αδύναμα σημεία τους και αφετέρου να αναπτύξουν κι άλλο τις καταλληλότερες πολιτικές/στρατηγικές για τη διδασκαλία και για το σχολικό μαθησιακό περιβάλλον, με σκοπό να βελτιωθούν οι σχολικές πρακτικές. Οι Creemers & Kyriakides υποστηρίζουν ότι απαραίτητες προϋποθέσεις για την επίτευξη της εκπαιδευτικής αξιολόγησης ενός σεναρίου είναι: α) η συνεργασία των μελών της για τη συγκέντρωση των απαραίτητων δεδομένων και β) η ανάπτυξη μηχανισμών εσωτερικής αυτοαξιολόγησης.

Η εφαρμογή του μοντέλου Creemers και Kyriakides, υλοποιείται σε έξι στάδια:

- **Μέσω της προώθησης της μάθησης των μαθητών:** κυρίαρχη λειτουργία του σχολείου είναι η μάθηση, οπότε το εκπαιδευτικό σενάριο θεωρείται επιτυχές, όταν συντελέσει στη βελτίωση του μαθησιακού επιπέδου των εκπαιδευομένων.
- **Μέσω της Βελτίωσης των παραγόντων που σχετίζονται με τη μάθηση:** το σχολείο θεωρείται αποτελεσματικό, όταν χρησιμοποιεί μεθόδους, όπως τα εκπαιδευτικά σενάρια, που συμβάλλουν στην καλύτερευση του μαθησιακού περιβάλλοντός του και της διδακτικής πράξης και αναπτύσσει μηχανισμούς αξιολόγησης με σκοπό να βελτιώνει αδιάλειπτα την πολιτική του.
- **Μέσω της αυτοαξιολόγησης των σεναρίων διδασκαλίας:** σε αυτό το στάδιο, η αυτοαξιολόγηση δίνει βάση στη λειτουργία των παραγόντων αποτελεσματικότητας, αξιοποιώντας τα κατάλληλα εργαλεία μέτρησης, πραγματοποιώντας ομαδικές συζητήσεις για τη

λήψη αποφάσεων από όλους τους συντελεστές του σεναρίου και κοινοποιώντας τα αποτελέσματα.

- **Μέσω της ανάπτυξης σχεδίων δράσης και στρατηγικών βελτίωσης:** στο στάδιο αυτό ρυθμίζονται οι βασικές πτυχές του σχεδίου δράσης και καθορίζεται ο ρόλος των εμπλεκομένων.
- **Μέσω της παρακολούθησης της παρέμβασης (διαμορφωτική αξιολόγηση):** σε αυτό το στάδιο αναλύονται οι μηχανισμοί διαμορφωτικής αξιολόγησης με τη βοήθεια όλων των συντελεστών και γίνεται έγκαιρη ανάλυση των δεδομένων ώστε να γίνουν οι απαραίτητες διορθώσεις.
- **Μέσω της τελικής αξιολόγησης:** είναι το τελευταίο στάδιο στο οποίο αποτιμάται η επίδραση του εκπαιδευτικού σεναρίου τόσο στην επίτευξη των μαθησιακών στόχων, όσο και στη βελτίωση του μαθησιακού επιπέδου των εκπαιδευόμενων (Creemers & Kyriakides, 2010).

Εν κατακλείδι, το Δυναμικό Μοντέλο της Εκπαιδευτικής Αποτελεσματικότητας (ΔΜΕΑ) θεωρείται ως ένα σύνθετο μοντέλο, και η αξιοποίησή του ανέδειξε την προστιθέμενη αξία του στην έρευνα της Εκπαιδευτικής Αποτελεσματικότητας και Αξιολόγησης.

### 5.3.3 Το μοντέλο Guba

Το θεωρητικό μοντέλο εκπαιδευτικής αξιολόγησης που πρότεινε ο Egon Guba (1978) έχει τον τίτλο «Νατουραλιστική Αξιολόγηση (naturalistic evaluation)». Η έννοια αυτή του «νατουραλιστικού» προέρχεται από την αξιολόγηση που διενεργείται στο φυσικό χώρο διεξαγωγής του σεναρίου, όπου και λειτουργεί το αξιολογούμενο σενάριο με τη συμμετοχή και τη συνεργασία όλων των εμπλεκομένων συντελεστών του σεναρίου διδασκαλίας.

Ακόμη, λαμβάνονται υπόψη οι ανάγκες των εμπλεκομένων, οι οποίες βρίσκονται καθαρά στο κέντρο προσοχής της αξιολόγησης και καθορίζουν μάλιστα σε μεγάλο βαθμό την πορεία και την εξέλιξη της. Η ύπαρξη όμως, συγκεκριμένων κριτηρίων στη φάση της αξιολόγησης είναι σημαντική, έτσι για να εξασφαλιστεί η εγκυρότητα και η επιστημονικότητα της διαδικασίας, θα πρέπει να πληροί κάποια κριτήρια, τα οποία είναι:

- Ο προσδιορισμός των ευρημάτων, διασταυρώνοντας δεδομένα που προέρχονται από ποικίλες και πολλαπλές πηγές (π.χ. συνεντεύξεις, συστηματική παρατήρηση),
- Το ενδεχόμενο εφαρμογής της αξιολόγησης και σε άλλα εκπαιδευτικά σενάρια.
- Το αποτέλεσμα των ευρημάτων απ'την αξιολογήση, μέσω της αξιοποίησής τους από ειδικούς έμπειρους αξιολογητές.
- Η αποστασιοποίηση της αξιολόγησης, που έχει ως στόχο την αποφυγή της αλλοίωσης της αξιολογικής κρίσης.

#### **5.3.4 Το μοντέλο Scriven**

Ο δημιουργός του μοντέλου «Αξιολόγηση ερήμην των σκοπών» (Goal Free Evaluation) θεωρείται ο Scriven (1967). Στο μοντέλο αυτό, οι αξιολογητές πρέπει α) να επαληθεύουν τα αποτελέσματα του εκπαιδευτικού σεναρίου, β) να ελέγχουν τους στόχους και τους σκοπούς του και γ) να βγάζουν ασφαλή συμπεράσματα για τη γενική αξία του και όχι μόνο για τους προκαθορισμένους στόχους του.

Ο Scriven διατυπώνει, ότι αν ο αξιολογητής δεν έχει γνώση για τους στόχους του εκπαιδευτικού σεναρίου που καλείται να αξιολογήσει, τότε οι προκαθορισμένοι στόχοι δε θα μπορέσουν να θίξουν την κρίση του και θα μπορέσει να εντοπίσει/ανιχνεύσει τα αποτελέσματα που είναι άσχετα με τους σκοπούς του σεναρίου.

Βασικά χαρακτηριστικά του μοντέλου της αξιολόγησης Scriven, είναι:

- Ο αξιολογητής συνειδητά αποφεύγει να ενημερωθεί για τους στόχους /σκοπούς ενός εκπαιδευτικού σεναρίου.
- Οι προκαθορισμένοι σκοποί δεν έχουν επιρροή στην κρίση του αξιολογητή.
- Η αξιολόγηση Scriven τονίζει τα πραγματικά αποτελέσματα και όχι τα προσδοκώμενα.
- Η αξιολόγηση Scriven πετυχαίνει να εντοπίσει απρόοπτα γεγονότα/προεκτάσεις.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως είναι γνωστό σε όλους μας, η ανθρωπότητα διανύει την περίοδο της λεγόμενης 4ης βιομηχανικής επανάστασης, των ρομπότ, της επανάστασης των αυτοματισμών ή της ψηφιακής/τεχνολογικής επανάστασης και των ψηφιακών/εικονικών κόσμων. Συνοπτικά, τα τελευταία 20 χρόνια η ψηφιακή επανάσταση έχει χαρίσει αναρίθμητα τεχνολογικά επιτεύγματα και ευφυής συσκευές στην καθημερινότητα των μαθητών αλλά και των ανθρώπων (π.χ ταμπλέτες (tablets), υβριδικές συσκευές, έξυπνα τηλέφωνα (smartphones). Επίσης, τονίζεται η δυνατότητα για εικονική μεταφορά των χρηστών σε περιβάλλοντα μικτής πραγματικότητας (mixed reality) ή σε εικονικά/ψηφιακά περιβάλλοντα μέσω της δυνατότητας της χρήσης ενός avatar (ψηφιακού πρωταγωνιστή).

Με βεβαιότητα μπορεί κάποιος να υποστηρίξει ότι στις μέρες μας τα αναρίθμητα τεχνολογικά επιτεύγματα έχουν αλλάξει τον τρόπο που οι μαθητές μαθαίνουν, επικοινωνούν και λειτουργούν. Προς την κατεύθυνση αυτή έχει συμβάλει η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιώντας την υπολογιστική συλλογιστική και την αλγοριθμική σκέψη. Επομένως, είναι επιτακτική ανάγκη οι μαθητές να αποκτήσουν και να ενισχύσουν τις δεξιότητες της υπολογιστικής συλλογιστικής και της αλγοριθμικής σκέψης.

Τέλος, προτείνετε ένα σχολείο που θα ενισχύει τις ψηφιακές δεξιότητες και θα έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Θα έχει όραμα και θα είναι κατάλληλο ώστε να διδάξει σε όλους τους μαθητές την προσέγγιση «των πολλών διδακτικών μεθοδολογιών και των πολλών διδακτικών εγχειρίδιων που θα ταιριάζουν σε όλους».
- Θα έχει ευελιξία και θα παίρνει υπόψη τους μαθητές που προσεγγίζονται από διαφορετικά πρότυπα μάθησης και θα ακολουθεί την προσαρμοσμένη και ευέλικτη μάθηση ανάλογα με τα προφίλ των μαθητών ή με τις ανάγκες των μαθητών.
- Θα θέτει τη μάθηση, τη διδασκαλία και τη δημιουργικότητα μπροστά απ'την ανάληψη ευθυνών.
- Θα υιοθετεί τη χαλαρή ατομική αξιολόγηση και θα εστιάζει πιο πολύ στις καθημερινές επιτυχημένες διδακτικές πρακτικές ή στα μοντέλα προγραμμάτων σπουδών του 21ου αιώνα.

- Δε θα περιορίζεται απλά στην ολοκλήρωση της προκαθορισμένης ύλης των μαθημάτων, αλλά θα διευρύνει τη σκέψη και την κριτική ικανότητα των μαθητών.
  - Θα δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να διευρύνουν τους πνευματικούς τους ορίζοντες, χωρίς να εγκλωβίζονται στην απόκτηση γνώσεων σε περιορισμένα γνωστικά πεδία.
  - Θα παροτρύνει τους γονείς να συμμετάσχουν στη γνωστική διαδικασία των παιδιών τους, δίνοντας τους ενεργό και όχι παθητικό ρόλο.
  - Θα δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να αναπτύσσουν τις ιδέες τους ,τις δεξιότητές και τις κλίσεις τους, τόσο στην πρωτοβάθμια όσο και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.
- Θα ενθαρρύνει τους μαθητές να χρησιμοποιούν τα τεχνολογικά μέσα σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης με εύληπτο τρόπο.
- Θα προωθεί ένα εκπαιδευτικό μοντέλο που θα βασίζεται στην πειραματική έρευνα, στις πειραματικές δοκιμές, στην ανάλυση των αποτελεσμάτων και στην εξαγωγή συμπερασμάτων μέσω της έρευνας.
  - Δεν θα επιτρέπει οιαδήποτε κερδοσκοπία ή εξωγενή οικονομική εκμετάλλευση από τη διαδικασία της εκπαίδευσης και της μάθησης.

Επιπρόσθετα εξίσου σημαντική είναι και η επιμόρφωση των ίδιων των λειτουργών της εκπαίδευσης, δηλαδή των εκπαιδευτικών. Οι γνώσεις των εκπαιδευτικών είναι αναγκαίο να εμπλουτίζονται διαρκώς, να ακολουθούν τις απαιτήσεις της σύγχρονης εποχής και να αξιολογούνται οι γνώσεις αυτές από έμπειρους, ειδικούς επιμορφωτές. Το ενδιαφέρον για την εκπαιδευτική αξιολόγηση δε θα πρέπει να εστιάζεται μόνο στην αξιολόγηση των μαθητών και των εκπαιδευτικών αλλά να επεκτείνεται και στην αξιολόγηση των μοντέλων διδασκαλίας. Μέσα από την αξιολόγηση των εκπαιδευτικών σεναρίων η μάθηση θα βελτιώνεται και θα εκπληρώνονται οι στόχοι του προγράμματος σπουδών.



## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bar-On, R., & Parker, J. D. A. (2000). Emotional Quotient Inventory: Youth Version (EQ-i:YV): Technical manual. Toronto, Canada: Multi-Health
- Bauer, R., & Baumgartner, P. (2010). The potential of Christopher Alexander's theory and practice of wholeness: clues for developing an educational taxonomy. *EuroPLoP 2010 Proceedings of the 15th European Conference on Pattern Languages of Programs*, Article 12, DOI: 10.1145/2328909.2328924.
- Baumgartner, P. (2011). Educational scenarios with e-portfolios - A taxonomy of application patterns. In P. Sojka and M. Kvizda (Eds.), *Proceedings of Sharable Content Objects, SCO 2011* (pp. 3-12). Czech Republic: Masaryk University.
- Bers, M. U. (2006). Blocks to robots: Learning with technology in the early childhood classroom . NY: Teacher's College Press.
- Blanchard, S., Freiman, V., & Lirrete-Pitre, N. (2010). Strategies used by elementary schoolchildren solving robotics-based complex tasks: innovative potential of technology. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2851-2857.
- Bybee, R. (2010). Advancing STEM education: a 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, (Sept.), 30-35
- Capay, M., Skalka, J., & Drlik, M. (2017). Computer science learning activities based on experience. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*.
- Cejka, E., Rogers, C., & Portsmore, M. (2006). Kindergarten robotics: Using robotics to motivate math, science, and engineering literacy in

elementary school. *International Journal of Engineering Education*, 22(4), 711–722.

Chambers, J.M. & Carbonaro, M. (2003). Designing, Developing, and Implementing a Course on LEGO Robotics for Technology Teacher Education. *Journal of Technology and Teacher Education*, 11(2), 209-241. Norfolk, VA: AACE.

Chesky, N. Z., & Wolfmeyer, M. P. (2015). *Philosophy of STEM Education: A Critical Investigation*. New York: Palgrave Macmillan.

Cole, M., & Cole, S.R (2002). Η ανάπτυξη των παιδιών (Β΄ Τόμος). (σελ. 117-139). Αθήνα: Τυπωθήτω

Craglia, M., Annoni, A., Benczur, P., Bertoldi, P., Delipetrev, P., De Prato, G., Feijoo, C., Fernandez Macias, E., Gomez, E., Iglesias, M. and Junklewitz, H. (2018), *Artificial Intelligence – A European Perspective*, EUR 29425 EN, EU Publications Office, Luxembourg

*Creemers, B.P.M. & Kyriakides, L. (2010). School factors explaining achievement on cognitive and affective outcomes: establishing a dynamic model of educational effectiveness. Scandinavian Journal of Educational Research, 54(3), 263–294.*

Dagdilelis, V., Sartatzemi, M. & Kagani, K. (2005). Teaching (with) Robots in Secondary Schools: some new and not-so-new Pedagogical problems. In *ICALT'05 - Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*.

Fioriello, P. (2015). *Understanding the Basics of STEM Education*. Retrieved December 22, 2014, from <http://drpfconsults.com/understanding-the-basics-ofstem-education>

- Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. (2012). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM): A Primer, Congressional Research Service.
- Hussain, S., Lindh, J., & Shukur, G. (2006). The effect of LEGO training on pupils' school performance in mathematics, problem solving ability and attitude: Swedish data. In *Educational technology and society* (Vol. 9, pp. 182e194).
- Kazakoff, E. R., & Bers, M. U. (2012). Put your robot in, put your robot out: Sequencing through programming robots in early childhood. *Journal of Educational Computing Research*, 50(4), 553-573.
- Klassner F. and Anderson, P.A. (2003). LEGO MindStorms: Not just for K-12 anymore. In *IEEE Robotics & Automation Magazine*
- Kraetzschmar, G. K. (2009). Educational Robotics: On the Role of Robotics in Learning and Education. In *Forschungsspitzen und Spitzenforschung* (pp. 83-90). Physica-Verlag HD.
- Luckin, R., Wayne, H., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence Unleashed*.
- Madden, M., Baxter, M., Beauchamp, H., Bouchard, K., Habermas, D., Huff, M., Pearson, J., & Plague, G. (2013). Rethinking STEM education: an interdisciplinary STEAM curriculum. *Procedia Computer Science*, 20, 541–546.
- Misirli, A., & Komis, V. (2014). The construction of spatial awareness in early childhood: the effect of an educational scenario-based programming environment. *Review of Science Mathematics and ICT Education*, 8(2) (in press). National Governors Association, 2007

- Radziwill, N. M., Benton, M. C., & Moellers, C. (2015). From STEM to STEAM: Reframing what it means to learn. *The STEAM Journal*, 2(1), 3. Raspberry Pi Foundation, 2014
- Robelen, E. W. (2011). STEAM: Experts make case for adding arts to STEM. *Education week*, 31(13), 8. Romero, 2012).
- Sanders, M. (2009). Integrative STEM education: primer. *The Technology Teacher*, 68(4), 20- 26. Savard, 2015.
- Klaus Schwab (2017):*The Fourth Industrial Revolution*, New York, US
- Shahali, E. H., Halim, L., Treagust, D. F., Won, M., & Chandrasegaran, A. L. (2017). Primary school teachers' understanding of science process skills in relation to their teaching qualifications and teaching experience. *Research in Science Education*, 47(2), 257-281.
- Siegfried, R., Klingler, S., Gross, M., Sumner, R., Mondada, F., & Magnenat, S. (2017). Improved mobile robot programming performance through realtime program assessment. *Proceedings of ITiCSE '17*. Bologna,
- Tetchueng, J.-L., Garlatti, S., & Laube, S. (2008). A Context-Aware Learning System based on generic scenarios and the theory in didactic anthropology of knowledge. *International Journal of Computer & Applications*, 5(1), 71–87.
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12–19.
- Γεωργιάδης, Κ. (2015). Σειριακή Επικοινωνία Δύο Raspberry Pi. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

- Γεωργούλη, Κ. (2015). Τεχνητή Νοημοσύνη. Ανοικτές ακαδημαϊκά μαθήματα από το ΤΕΙ Αθηνas
- Δημητριάδης, Σ.(2015). Θεωρίες Μάθησης & Εκπαιδευτικό Λογισμικό. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Δημητρόπουλος, Ε. Γ. (19995 ). Εκπαιδευτική αξιολόγηση. Η αξιολόγηση της εκπαίδευσης και του εκπαιδευτικού έργου. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Καλφοπούλου, Κ. (2016). Μαθηματικός Γραμματισμός και καθημερινότητα.
- Καραλής Α., Δ., Βεργίδης & Μ. Κατσιγιάννη (2000). Επιμόρφωση εκπαιδευτικών και συνεχιζόμενη κατάρτιση: συμβολή στη συγκριτική τους αξιολόγηση', στο Γ. Μπαγάκης, επιμ., Προαιρετικά εκπαιδευτικά προγράμματα στη σχολική εκπαίδευση. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Μαγγόπουλος, Γ. (2015): Μοντέλο ολιστικής αξιολόγησης προγραμμάτων.
- Μικρόπουλος, Τ., & Μπέλλου, Ι. (2010). Σενάρια διδασκαλίας με υπολογιστή (σ. 59-65). Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Μισιρλή, Α. (2015). Η ανάπτυξη ικανοτήτων αλγοριθμικής σκέψης και προγραμματισμού σε παιδιά προσχολικής ηλικίας με τη χρήση προγραμματιζόμενων ρομπότ (Μη δημοσιευμένη διδακτορική διατριβή). Τ.Ε.Ε.Α.Π.Η. Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα, Ελλάδα.
- Μπελεσιώτης, Β., & Κόκκινος, Γ. (2012). Εκπαιδευτική Ρομποτική και Arduino. Πρακτικά 4ου Συνεδρίου Conference on Informatics in Education - Η Πληροφορική στην Εκπαίδευση (CIE2012), Πειραιάς, 5-7 Οκτωβρίου 2012

Παπαδόπουλος Β. (2017). Εκπαιδευτικά προγραμματιστικά περιβάλλοντα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Μια συγκριτική εμπειρική μελέτη. Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Παπαναστασίου, Κ. (2017). Μέτρηση και Αξιολόγηση στην εκπαίδευση. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου.

Στυλιάρας, Γ., Δήμου, Β., (2015). Διδακτική της Πληροφορικής: Πληροφορική στη Γενική και Ειδική Αγωγή – Η συμβολή του Διαδικτύου και του Web 2.0. Αθήνα: Ε.Μ.Π.-ΣΕΑΒ.

Φραγκάκη Μ. (2008). “Δημιουργία Ηλεκτρονικής Κοινότητας Μάθησης για την παιδαγωγική αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην εκπαιδευτική πράξη: Μελέτη ενός Πολυμορφικού Μοντέλου με χειραφετικό γνωστικό ενδιαφέρον”, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τομέας Μαθηματικών και Πληροφορικής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Μάιος 2008, διδακτορική διατριβή (προς δημοσίευση) .