



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

"Αξιολόγηση πλατφορμών λογισμικού (Software) και υλισμικού (Hardware) για την εκπαίδευση STEM και την εκπαιδευτική ρομποτική"



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ:

ΜΑΡΚΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΑΒΡΑΑΜ ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2022

Η παρούσα διπλωματική εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την τριμελή εξεταστική επιτροπή, η οποία ορίστηκε από την Γ.Σ. του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, σύμφωνα με το νόμο και τον εγκεκριμένο Οδηγό Σπουδών του τμήματος.

Επιβλέπων: Χατζόπουλος Αβραάμ
Λέκτορας Εφαρμογών

Επιτροπή Αξιολόγησης:

.....
Χατζόπουλος Αβραάμ
Λέκτορας Εφαρμογών

.....
Σκλαβούνου Ελένη Ορσαλία
Λέκτορας Εφαρμογών

.....
Δρόσος Χρήστος
ΕΔΙΠ

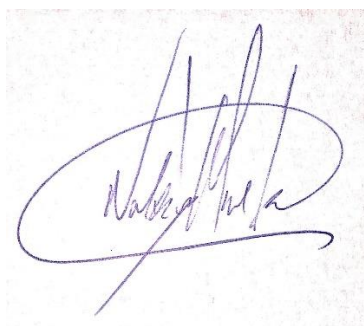
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Νικόλαος Μάρκου του Χρήστου, με αριθμό μητρώου 71428974 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Ο Δηλών

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Nikolaos Markou', is written over a faint, circular stamp or watermark on a light-colored background.

Θα ήθελα ιδιαιτέρως να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Λέκτορα Εφαρμογών κ. Αβραάμ Χατζόπουλο του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής για την αποδοχή της επίβλεψης της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς επίσης για την υποστήριξη και για τις πάντα σημαντικές και εύστοχες παρατηρήσεις του πάνω στο συγγραφικό μέρος της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θερμές ευχαριστίες στη σύζυγό μου Μαρία Μπασδέκη για την υποστήριξη και την αμέριστη βοήθεια που μου παρείχε κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκπαιδευτική ρομποτική αποτελεί ένα διαρκώς εξελισσόμενο τομέα που απευθύνεται σε μεγάλο εύρος χρηστών, ξεκινώντας από την προσχολική ηλικία, έχοντας ως σκοπό την προώθηση της γνώσης και τον εμπλουτισμό της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Οι διαθέσιμες εκπαιδευτικές πλατφόρμες που διατίθενται στο αγοραστικό κοινό είναι πολυάριθμες. Οι πλατφόρμες υλισμικού και λογισμικού διαθέτουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και δυνατότητες αλλά έχουν κοινούς εκπαιδευτικούς στόχους και μεθόδους εκπαίδευσης. Οι δυνατότητες και οι ιδιαιτερότητες της κάθε ρομποτικής πλατφόρμας δεν είναι εύκολο να εντοπιστούν από κάποιον που δεν διαθέτει το ανάλογο τεχνολογικό υπόβαθρο καθώς τα χαρακτηριστικά τους περιγράφονται με δυσνόητες τεχνικές ορολογίες. Αυτός είναι ένας από τους βασικούς λόγους που οδηγούν σε σύγχυση τον εκπαιδευτικό ή τον γονέα στην προσπάθειά του να καταλήξει την βέλτιστη επιλογή για την αγορά της πλατφόρμας που θα εμπλουτίσει το εκπαιδευτικό του έργο. Σκοπός ήταν η παρουσίαση, η ανάλυση, η αξιολόγηση και η βαθμολόγηση δεκατεσσάρων (14) από τις δημοφιλέστερες ρομποτικές πλατφόρμες της αγοράς ώστε να γίνουν κατανοητά τα μοναδικά χαρακτηριστικά τους. Η βαθμολόγηση των πλατφορμών γίνεται στηριζόμενη σε κάποια κριτήρια που έχουν τεθεί βασιζόμενα στην υπάρχουσα βιβλιογραφία και έχει ως στόχο να βοηθήσει τον χρήστη να κατανοήσει τον βαθμό στον οποίο κάθε μια από τις πλατφόρμες καταφέρνει να καλύψει τα βασικά κριτήρια με τα οποία αξιολογούνται. Παρατηρήθηκαν εκπαιδευτικές πλατφόρμες που προσφέρουν πολλές δυνατότητες, με μεγάλη βαθμολογία να διατίθενται σε υψηλή τιμή αγοράς και άλλες με πιο περιορισμένες δυνατότητες αλλά με εξίσου μεγάλη βαθμολογία να διατίθενται σε χαμηλότερη τιμή αγοράς. Ο χρήστης είναι αυτός που θα κάνει την τελική επιλογή αφού αυτός αποφασίζει τόσο για την ποικιλία όσο και τη δυσκολία των εφαρμογών που θα πειραματιστεί.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Εκπαιδευτική Ρομποτική, Ρομποτική Πλατφόρμα, Πλατφόρμα Λογισμικού, Εκπαίδευση STEM

ABSTRACT

Educational robotics is an ever-evolving field that is addressed to a wide range of users, starting from preschool age, with the aim of promoting knowledge and enriching the educational process. The educational platforms available to the buying public are numerous. Hardware and software platforms have different features and capabilities but have common learning objectives and training methods. The capabilities and peculiarities of each robotic platform are not easy to identify by someone who does not have the appropriate technological background as their characteristics are described with difficult technical terminology. This is one of the main reasons that confuses the teacher or the parent in their attempt to come up with the best choice for the purchase of the platform that will enrich their educational work. The purpose was to present, analyze, evaluate and rate fourteen (14) of the most popular robotic platforms on the market in order to understand their unique features. The rating of the platforms is based on some criteria that have been set based on the existing literature and aims to help the user to understand the degree to which each of the platforms manages to meet the basic criteria by which they are evaluated. Educational platforms were observed that offer many possibilities, with a high score being available at a high purchase price and others with more limited features but with an equally high score being available at a lower purchase price. The user is the one who will make the final choice since he decides on both the variety and the difficulty of the applications that will be experimented.

KEYWORDS

Educational Robotics, Robotic Platform, Software Platform, STEM Education

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ	5
ABSTRACT	6
KEYWORDS	6
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	10
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	12
ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ.....	14
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	16
Σημερινή εποχή και εκπαίδευση STEM.....	16
STEM και Εκπαιδευτική Ρομποτική (Educational Robotics - ER) στην εκπαιδευτική διαδικασία.....	18
Εκπαιδευτικές Ρομποτικές Πλατφόρμες.....	22
Υπολογιστική Σκέψη (Computational Thinking- CT).....	24
Χρήση μιας διαδικασίας σχεδιασμού μηχανικής για την ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης.....	24
Ταξινόμηση των Εκπαιδευτικών Ρομποτικών Πλατφορμών	25
ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	30
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ	37
Edison - Robot V2.0	37
Robotical - Marty the Robot V2.....	42
TTS - BeeBot	47
MakeBlock - mBot	51
OzoBot - Evo Educator.....	56
Mobsya Association - Thymio II.....	61
LEGO® - WeDo 2.0	71
LEGO® - Education SPIKE™ Essential Set	76
LEGO® - Mindstorms™ EV3.....	81
LEGO® - Education SPIKE™ Prime Set.....	88
EZ-Robot - JD Humanoid Robot.....	96
ArcBotics - Sparki.....	103
Engino® - Robotics Mini ERP 1.3.....	108

Modular Robotics - Cubelets® Curiosity Set.....	115
ΠΑΙΧΝΙΔΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ & STEM.....	120
Elenco - Snap Circuits® Discover Coding	120
Robots in Schools - Edbot.....	121
ArcBotics - Hexy the Hexapod v1.1	122
Modular Robotics/ Dexter Industries - GoPiGo3.....	122
Raw Robotics - Orion 5	123
Kano Computing - Kano Computer Kit	124
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	125
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	128
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	130

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Αντιστοίχιση βαθμολογίας με την εμπορική τιμή της αξιολογούμενης πλατφόρμας.	31
Πίνακας 2: Αντιστοίχιση βαθμολογίας για οδηγό κατασκευής πλατφόρμας και εγκατάστασης λογισμικού.	32
Πίνακας 3: Αντιστοίχιση βαθμολογίας για συναρμολόγηση και ανθεκτικότητα της πλατφόρμας και δυνατότητας εγκατάστασης λογισμικού.....	32
Πίνακας 4: Αντιστοίχιση βαθμολογίας με κριτήριο το είδος προγραμματισμού της πλατφόρμας.	33
Πίνακας 5: Αντιστοίχιση βαθμολογίας με κριτήριο το πλήθος των δυνατοτήτων προγραμματισμού.....	34
Πίνακας 6: Αντιστοίχιση βαθμολογίας με κριτήριο το εύρος γνώσεων που διατίθεται στους χρήστες.	34
Πίνακας 7: Αντιστοίχιση βαθμολογίας με κριτήριο την αξιολόγηση της κοινότητας της ρομποτικής πλατφόρμας.	35
Πίνακας 8: Αντιστοίχιση βαθμολογίας με κριτήριο την ανάκτηση πληροφοριών από τον ιστότοπο της ρομποτικής πλατφόρμας.....	35
Πίνακας 9: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Robot V2.0.....	41
Πίνακας 10: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Marty the Robot V2.	46
Πίνακας 11: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα BeeBot.....	50
Πίνακας 12: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα mBot.....	55
Πίνακας 13: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Evo Educator.	60
Πίνακας 14: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Thymio II.....	70
Πίνακας 15: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα WeDo 2.0.	75
Πίνακας 16: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Education SPIKE™ Essential Set.	80
Πίνακας 17: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Mindstorms™ EV3.....	87
Πίνακας 18: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Education SPIKE™ Prime Set.	95
Πίνακας 19: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα JD Humanoid Robot.	102
Πίνακας 20: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Sparki.....	107
Πίνακας 21: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Robotics Mini ERP 1.3.	114
Πίνακας 22: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Cubelets® Curiosity Set.	119
Πίνακας 23: Συγκεντρωτική βαθμολογία των εξεταζόμενων εκπαιδευτικών πλατφόρμων.....	126

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1: Τεχνολογικά στοιχεία & εργαλεία του Education 4.0 με διδακτικούς στόχους [12].	17
Εικόνα 2: Ταξινόμηση βάσει EduRobot [89].	26
Εικόνα 3: Τύποι εκπαιδευτικών ρομπότ [89].	26
Εικόνα 4: Οι τρεις κλάσεις των εκπαιδευτικών ρομπότ που απαιτούν συναρμολόγηση και οι υποκλάσεις τους [89].	27
Εικόνα 5: Οι κλάσεις των εκπαιδευτικών ρομπότ που είναι προσυναρμολογημένα και οι υποκλάσεις τους [89].	28
Εικόνα 6: Οι κλάσεις των κοινωνικών ρομπότ [89].	28
Εικόνα 7: Η ρομποτική πλατφόρμα Robot V2.0 [96].	37
Εικόνα 8: Εναλλακτικές κατασκευές με το Robot V2.0 [96].	38
Εικόνα 9: Τα επίπεδα προγραμματισμού του Robot V2.0 [98].	39
Εικόνα 10: Περιβάλλον προγραμματισμού EdBlocks [96].	39
Εικόνα 11: Περιβάλλον προγραμματισμού EdPy [96].	40
Εικόνα 12: Η ρομποτική πλατφόρμα Marty the Robot V2 [99].	42
Εικόνα 13: Διαδικασία συναρμολόγησης της ρομποτικής πλατφόρμας [102].	43
Εικόνα 14: Παράδειγμα Scratch προγραμματισμού [101].	44
Εικόνα 15: Η ρομποτική πλατφόρμα BeeBot [105].	47
Εικόνα 16: Περιβάλλον προσομοίωσης του BeeBot [107].	48
Εικόνα 17: Πρότυπο πίστας για την πλατφόρμα BeeBot [107].	49
Εικόνα 18: Η ρομποτική πλατφόρμα mBot [109].	51
Εικόνα 19: Τεχνικά χαρακτηριστικά της ρομποτικής πλατφόρμας mBot [110].	52
Εικόνα 20: Περιβάλλον της εφαρμογής που προσφέρεται με την πλατφόρμα mBot [110]. ..	53
Εικόνα 21: Η ρομποτική πλατφόρμα Eno Educator [113].	56
Εικόνα 22: Παράδειγμα χρωματικών δοκιμασιών και παρακολούθησης γραμμής [117].	57
Εικόνα 23: Το περιβάλλον προγραμματισμού Ozoblockly [115].	58
Εικόνα 24: Η ρομποτική πλατφόρμα Thymio II [119].	61
Εικόνα 25: Χαρακτηριστικά της ρομποτικής πλατφόρμας Thymio II [119].	62
Εικόνα 26: Περιβάλλον προγραμματισμού της πλατφόρμας Thymio II [122].	63
Εικόνα 27: Συμπεριφορά της πλατφόρμας Thymio II [124].	64
Εικόνα 28: Συμπεριφορά της πλατφόρμας Thymio II [124].	65
Εικόνα 29: Συμπεριφορά της πλατφόρμας Thymio II [124].	65
Εικόνα 30: Συμπεριφορά της πλατφόρμας Thymio II [124].	66
Εικόνα 31: Συμπεριφορά της πλατφόρμας Thymio II [124].	66
Εικόνα 32: Συμπεριφορά της πλατφόρμας Thymio II [124].	67
Εικόνα 33: Περιβάλλον προγραμματισμού Scratch [126].	67
Εικόνα 34: Περιβάλλον προγραμματισμού Blockly [127].	68
Εικόνα 35: Περιβάλλον προγραμματισμού με γλώσσα Aseba [128].	68
Εικόνα 36: Η ρομποτική πλατφόρμα WeDo 2.0 [132].	71
Εικόνα 37: Περιβάλλον προγραμματισμού της πλατφόρμας WeDo 2.0 [135].	73
Εικόνα 38: Η ρομποτική πλατφόρμα Education SPIKE™ Essential Set [137].	76
Εικόνα 39: Τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα της πλατφόρμας [140].	77
Εικόνα 40: Περιβάλλον scratch προγραμματισμού της πλατφόρμας LEGO® Education SPIKE™ Essential Set [141].	78
Εικόνα 41: Οι διαθέσιμες εντολές στο block προγραμματισμό [140].	79
Εικόνα 42: Η ρομποτική πλατφόρμα Mindstorms™ EV3 [143].	81

Εικόνα 43: Οι βασικές κατασκευές που παρέχονται από την εταιρία [148].	84
Εικόνα 44: Παραδείγματα κατασκευών από μέλη της κοινότητας [153].	84
Εικόνα 45: Περιβάλλον προγραμματισμού της πλατφόρμας Mindstorms™ EV3 [154].	85
Εικόνα 46: Η ρομποτική πλατφόρμα Education SPIKE™ Prime Set [158].	88
Εικόνα 47: Περιβάλλον Scratch προγραμματισμού της πλατφόρμας [163].	90
Εικόνα 48: Οι προτεινόμενες κατασκευές της ρομποτικής πλατφόρμας [163].	91
Εικόνα 49: Η πρώτη ενότητα αφορά την ώθηση της επιχειρηματικότητας (Kickstart a Business) [159].	92
Εικόνα 50: Η δεύτερη ενότητα αφορά την ομάδα εφευρετών (Invention Squad) [159].	92
Εικόνα 51: Η τρίτη ενότητα αφορά τις έξυπνες λύσεις σε καθημερινές διαδικασίες (Life Hacks) [159].	93
Εικόνα 52: Η τέταρτη ενότητα αφορά την διαγωνιστική προετοιμασία (Competition Ready) [159].	93
Εικόνα 53: Η ρομποτική πλατφόρμα JD Humanoid Robot [169].	96
Εικόνα 54: Χαρακτηριστικές λειτουργίες της ρομποτικής πλατφόρμας [170].	97
Εικόνα 55: Εφαρμογή στο tablet για τον έλεγχο της πλατφόρμας [170].	98
Εικόνα 56: Περιβάλλον λογισμικού της πλατφόρμας JD Humanoid Robot [170].	99
Εικόνα 57: Προγραμματιστικό περιβάλλον Block Programming [173].	99
Εικόνα 58: Προγραμματιστικό περιβάλλον RoboScratch [173].	100
Εικόνα 59: Προγραμματιστικό περιβάλλον EZ-Script [173].	100
Εικόνα 60: Η ρομποτική πλατφόρμα Sparki [176].	103
Εικόνα 61: Τεχνικά χαρακτηριστικά της πλατφόρμας Sparki [177].	104
Εικόνα 62: Περιβάλλον προγραμματισμού SparkiDuino [180].	105
Εικόνα 63: Η ρομποτική πλατφόρμα Robotics Mini ERP 1.3 [181].	108
Εικόνα 64: Κατασκευές της ρομποτικής πλατφόρμας που παρέχονται οδηγίες κατασκευής και προγραμματισμού από την Engino [183].	109
Εικόνα 65: : Η μεταβλητή ‘After/ With Previous’ επιτρέπει στο πρόγραμμα να ελέγξει την κατάσταση του αισθητήρα κατά την διάρκεια εκτέλεσης των προηγούμενων εντολών [182].	110
Εικόνα 66: Η εφαρμογή για smartphone ή tablet της Engino® [182].	111
Εικόνα 67: Ο ERP ελεγκτής της Engino® [182].	111
Εικόνα 68: Περιβάλλον εξομίωσης και προγραμματισμού του ERP ελεγκτή [182].	112
Εικόνα 69: Η ρομποτική πλατφόρμα Cubelets® Curiosity Set [185].	115
Εικόνα 70: Κατασκευές της ρομποτικής πλατφόρμας που παρέχονται οδηγίες κατασκευής και προγραμματισμού από την Modular Robotics [186].	116
Εικόνα 71: Το περιβάλλον προγραμματισμού Blockly της Modular Robotics [189].	117
Εικόνα 74: Η εκπαιδευτική πλατφόρμα Snap Circuits® Discover Coding [193].	120
Εικόνα 75: Η εκπαιδευτική πλατφόρμα Edbot [194].	121
Εικόνα 76: Η εκπαιδευτική πλατφόρμα Hexy the Hexapod v1.1 [195].	122
Εικόνα 77: Η εκπαιδευτική πλατφόρμα GoPiGo3 [196].	122
Εικόνα 79: Η εκπαιδευτική πλατφόρμα Orion 5 [197].	123
Εικόνα 80: Η εκπαιδευτική πλατφόρμα Kano Computer Kit [198].	124

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

STEM: Science, Technology, Engineering and Mathematics

CT: Computational Thinking

ER: Educational Robotics

VR/ AR: Virtual Reality/ Augmented Reality

ICT/ ΤΠΕ: Information and Communication Technology/ Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών

NSF: National Science Foundation

RP: Robotic Platform

MIT: Massachusetts Institute of Technology

Φ.Π.Α.: Φόρος Προστιθέμενης Αξίας

USB: Universal Serial Bus

RGB LED: Red, Blue, Green Light-Emitting Diode

APP: Application

ROS: Robot Operating System

RIC: Robot Interface Controller

LAN: Local Area Network

OS: Operating System

3D: 3 Dimensional

PC: Personal Computer

DC: Direct Current

EPFL: École Polytechnique Fédérale de Lausanne

ECAL: École cantonale d'art de Lausanne

STEAM: Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics

Li-ion: Lithium ion

LiPo: Lithium Polymer

TTL: Transistor Transistor Logic

IR: Infrared Radiation

RAM: Random Access Memory

ROM: Read Only Memory

KB: Kilobyte

HRI: Human Robot Interaction

HCI: Human Computer Interaction

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

STEM (Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά): Το ακρωνύμιο που αναφέρεται στη διδασκαλία και εκμάθηση στους τομείς της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών [1].

Υπολογιστική σκέψη (Computational Thinking - CT): Το σύνολο των δεξιοτήτων ή των αναλυτικών μεθόδων που περιλαμβάνουν ανθρώπινα και μηχανικά στοιχεία για την επίλυση προβλημάτων. Αυτές οι δεξιότητες περιλαμβάνουν συνήθως αποσύνθεση προβλημάτων, γενίκευση, αλγοριθμική σκέψη, αξιολόγηση και αφαίρεση [1].

Εκπαιδευτική ρομποτική πλατφόρμα: Πλατφόρμα τεχνολογίας ρομπότ που αποτελείται από υλισμικό, λογισμικό και εκπαιδευτικό υλικό για εκπαιδευτική χρήση [1].

Εκπαιδευτική ρομποτική (Educational Robotics - ER): Η συλλογή εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, προγραμμάτων, πόρων, τεχνολογικών πλατφορμών και παιδαγωγικών θεωριών μάθησης εντός και εκτός σχολείων [1].

Εργαλεία αξιολόγησης: Χρησιμοποιείται στην εκπαιδευτική αξιολόγηση για την περιγραφή οργάνων, εργαλείων και μεθόδων για τη συλλογή αποδεικτικών στοιχείων του επιτεύγματος του μαθητή που γενικά ταξινομούνται σε ποσοτικές και ποιοτικές τεχνικές [1].

Τέταρτη βιομηχανική επανάσταση: Το σύνολο των οικονομικών, κοινωνικών, πολιτικών και πολιτιστικών αλλαγών του 21ου αιώνα. Συχνά χρησιμοποιείται εναλλακτικά με το Industry 4.0, ωστόσο, το τελευταίο είναι ένα υποσύνολο του που αφορά τον κλάδο της βιομηχανίας [1].

Παιχνιδοποίηση (Gamification): Η πρακτική μετατροπής των δραστηριοτήτων σε παιχνίδια προκειμένου να γίνουν πιο ενδιαφέρουσες ή ευχάριστες [2, 3].

Εκπαίδευση στο σπίτι (Home schooling): Η εκπαίδευση παιδιών στο σπίτι ή σε διάφορα μέρη εκτός από το σχολείο. Η εκπαίδευση στο σπίτι διεξάγεται συνήθως από γονέα, δάσκαλο ή διαδικτυακό δάσκαλο [4].

WiFi: Είναι μια ασύρματη δικτυακή τεχνολογία που επιτρέπει σε συσκευές όπως οι υπολογιστές, έξυπνα κινητά και άλλο εξοπλισμό να αλληλεπιδρά με το διαδίκτυο. Επιτρέπει σε αυτές τις συσκευές να ανταλλάσσουν πληροφορίες και να δημιουργούν δίκτυο επικοινωνίας [5].

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό να αξιολογήσει δεκατέσσερις (14) δημοφιλείς πλατφόρμες ρομποτικής καθώς επίσης και πλατφόρμες λογισμικού που προσφέρονται για τον προγραμματισμό αυτών. Στην ελεύθερη αγορά υπάρχουν πολλές εκπαιδευτικές ρομποτικές πλατφόρμες οι οποίες στοχεύουν στην ένταξη μαθητών όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης (προσχολική, πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια, τριτοβάθμια) στο κόσμο της ρομποτικής και του προγραμματισμού. Δικό μας στόχος είναι η ανάλυση εκπαιδευτικών πλατφορμών που απευθύνονται κυρίως σε χρήστες προσχολικής και πρωτοβάθμιας βαθμίδας εκπαίδευσης.

Αρκετές από τις πλατφόρμες που περιγράφονται στην εργασία δύναται να παρουσιάζονται με διαφορετικά χαρακτηριστικά και δυνατότητες, όμως κινούνται σε κοινούς πυλώνες και παρόμοιες δομικές λειτουργίες. Αυτό δεν σημαίνει πως οι εκπαιδευτικές ρομποτικές πλατφόρμες ταυτίζονται, καθώς κάθε μια προσφέρει μοναδικά χαρακτηριστικά και λειτουργίες. Οι δυνατότητες και οι ιδιαιτερότητες της κάθε πλατφόρμας δεν είναι εύκολα παρατηρήσιμες σε άτομα που δεν διαθέτουν την απαραίτητη εμπειρία στον συγκεκριμένο τομέα, αφού συνήθως τα μοναδικά χαρακτηριστικά που διαθέτει η κάθε πλατφόρμα περιγράφονται με δυσνόητη και τεχνική ορολογία. Αυτός είναι και ο βασικός λόγος που δυσκολεύει την επιλογή της κατάλληλης εκπαιδευτικής πλατφόρμας από γονείς και εκπαιδευτικούς, κυρίως στις πρώτες βαθμίδες εκπαίδευσης, ώστε να επιλέξουν αυτή που ταιριάζει περισσότερο στις προσδοκίες και στους εκπαιδευτικούς στόχους που θέλουν να καλύψουν.

Οι ρομποτικές πλατφόρμες που θα περιγράψουμε παρακάτω θα ταξινομηθούν βάσει κάποιων κριτηρίων (τιμή αγοράς, ηλικία που απευθύνεται, είδος του ρομπότ, δυνατότητες προγραμματισμού κ.α.) που σκοπό έχουν να βοηθήσουν τον εκπαιδευτή, τον γονέα ή τον οποιοδήποτε ενδιαφερόμενο να καταλήξει στην ιδανικότερη εκπαιδευτική πλατφόρμα βάσει της χρήσης που θα κάνει και των αναγκών που επιθυμεί να καλύψει. Ένα βασικό κριτήριο είναι η τιμή της πλατφόρμας, η οποία σε μεγάλο βαθμό θα κρίνει την επιλογή της ρομποτικής πλατφόρμας. Η επένδυση σε υλικό εξοπλισμό για την εκπαίδευση όσων επιθυμούν να ασχοληθούν με τον τομέα της ρομποτικής και τον προγραμματισμό των εκπαιδευτικών πλατφορμών γίνεται σε συνάρτηση με τα αποτελέσματα που θέλουμε να πετύχουμε.

Κάθε εκπαιδευτική πλατφόρμα που παρουσιάζεται θα αναλυθεί ενδελεχώς και θα επισημανθούν τα θετικά και τα αρνητικά στοιχεία που διαθέτει ώστε να υπάρξει μια αποτίμηση και τελικά να βαθμολογηθεί. Οι βαθμολογίες που θα προκύψουν από αυτή την διαδικασία έχουν ως στόχο να βοηθήσουν, τον εκπαιδευτικό ή γονέα, να κατανοήσει το επίπεδο των παροχών που προσφέρει η κάθε πλατφόρμα βάσει των κριτηρίων που θα συγκριθούν. Αυτό μπορεί να μας οδηγήσει σε πλατφόρμες με πολλές δυνατότητες αλλά υψηλή τιμή ή υψηλό επίπεδο εξειδίκευσης όπου δεν συμφωνεί με τις απαιτήσεις του χρήστη που επιθυμεί να πειραματιστεί με πιο απλές εφαρμογές ή μεθόδους προγραμματισμού. Οπότε στόχος μας είναι μέσω αυτής της διαδικασίας να εντοπίσουμε τον βέλτιστο συνδυασμό για την εκπαιδευτική ρομποτική και την αφομοίωση της γνώσης που θα προκύψει από την ενασχόληση με αυτή.

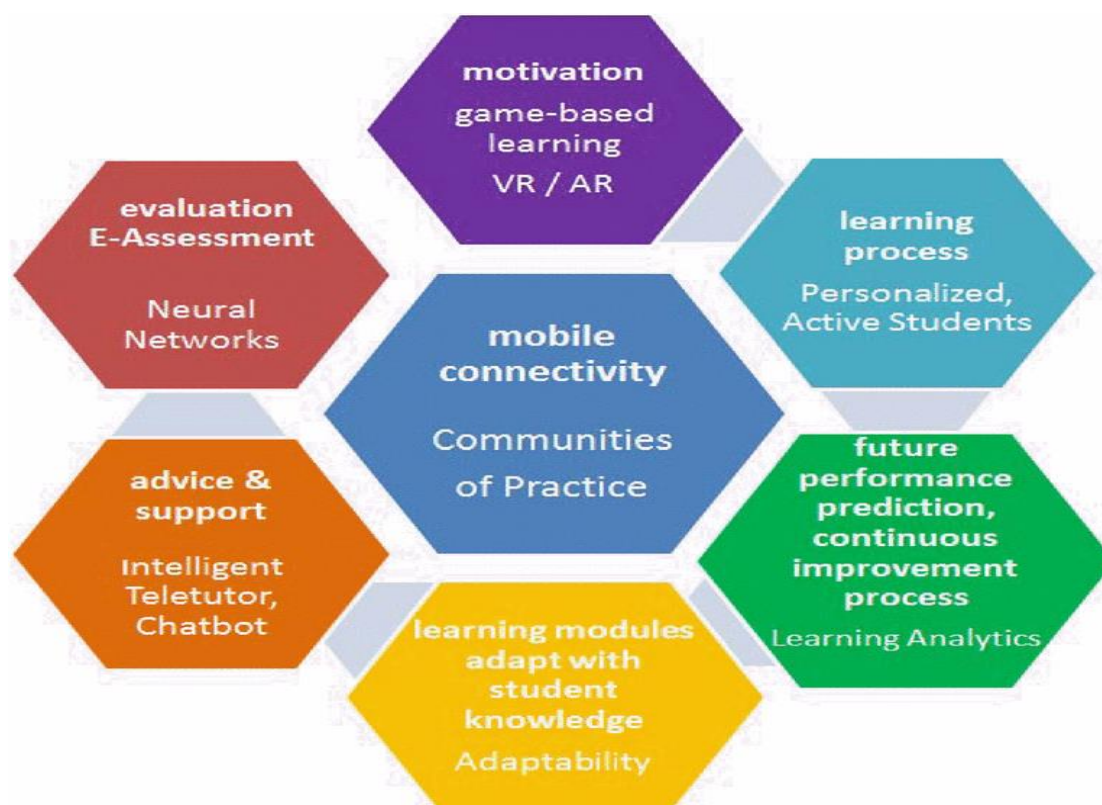
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Σημερινή εποχή και εκπαίδευση STEM

Στην εποχή που διανύουμε πολλοί επιχειρηματίες, πολιτικοί, ακαδημαϊκοί και μέσα μαζικής ενημέρωσης αναφέρονται στην 4η Βιομηχανική Επανάσταση [6, 7, 8] όπου η καινοτομία είναι αυτή που συμβάλλει στην ανταλλαγή των δεδομένων σχετικά με τις τεχνολογίες παραγωγής ή τη διασύνδεση του ψηφιακού, του φυσικού και του βιολογικού κόσμου [6]. Η Δύση και γενικότερα οι δυτικές κοινωνίες βρίσκονται ήδη υπό την επιρροή της και ο πρόεδρος της Παγκόσμιας Τράπεζας έχει αναφέρει ότι περίπου 150 εκατομμύρια εργαζόμενοι θα χάσουν τις δουλειές τους έως το 2022, ενώ 300 εκατομμύρια νεοεισερχόμενοι δεν θα βρουν εργασία [9]. Σύμφωνα με τις επικρατέστερες εκτιμήσεις, το 65% των παιδιών που εισέρχονται στο δημοτικό σχολείο σήμερα αναμένεται να καταλήξουν να εργάζονται σε εντελώς νέους τύπους εργασίας οι οποίοι δεν έχουν δημιουργηθεί ακόμη [10]. Στο ταχύτατα εξελισσόμενο τοπίο της απασχόλησης, η ικανότητα προετοιμασίας για τις μελλοντικές απαιτήσεις σε δεξιότητες γίνεται ολοένα και πιο κρίσιμη και τα εκπαιδευτικά μοντέλα πρέπει να προσαρμοστούν για να εξοπλίσουν τα παιδιά με τις απαραίτητες δεξιότητες ώστε να καταφέρουν να δημιουργήσουν έναν πιο περιεκτικό, συνεκτικό και παραγωγικό κόσμο [11]. Από την άλλη πλευρά, υπάρχει μια αυξανόμενη αποσύνδεση μεταξύ των εκπαιδευτικών συστημάτων και των δεικτών εργασίας. Πολλοί από τους σημερινούς μαθητές θα εργαστούν σε νέους τύπους εργασίας με αυξημένη ζήτηση τόσο για ψηφιακές όσο και για κοινωνικό-συναισθηματικές δεξιότητες οι οποίοι δεν έχουν δημιουργηθεί ακόμη [12].

Η πρωτοβουλία του Education 4.0 προέκυψε από την ανάγκη προετοιμασίας των μαθητών και των εκπαιδευτικών για τις απαιτήσεις της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης και στοχεύει στη δημιουργία μιας κοινής ατζέντας για τη μετατροπή των εκπαιδευτικών συστημάτων ώστε να εξασφαλιστεί η μελλοντική ετοιμότητα της επόμενης γενιάς ταλέντων [12]. Τα χαρακτηριστικά του Education 4.0 είναι τα εικονικά μαθήματα όπου συμπεριλαμβάνεται η διαδραστική παρουσία με τη μορφή του μικτού μοντέλου μάθησης καθώς επίσης και των επτά λειτουργιών που βασίζονται στην Τεχνητή Νοημοσύνη οι οποίες αποτελούν σημαντική πρόκληση στην εκπαιδευτική τεχνολογία. Συμπεριλαμβάνουν την εξατομικευμένη διαδικασία μάθησης, τη μάθηση με βάση το παιχνίδι μέσω της χρήσης εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας (VR/AR), τις ομάδες εξάσκησης, τις προσαρμοστικές τεχνολογίες, την εκμάθηση αναλυτικών στοιχείων, τα έξυπνα Chabot και την ηλεκτρονική αξιολόγηση [13]. Σε αυτό το πλαίσιο οι μαθητές χρειάζονται νέες και στοχευμένες δεξιότητες για το μέλλον τους. Για παράδειγμα, ο Δρ. Tony Wagner (co-director της Change Leadership Group του Χάρβαρντ) προτείνει επτά δεξιότητες για να ανταπεξέλθουμε στις απαιτήσεις της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης [14]. Αυτή η πραγματικότητα του τρόπου της διδασκαλίας γίνεται ένα μείζον πρόβλημα από τη στιγμή που η αγορά εργασίας και η σημερινή ψηφιακή γενιά πρέπει να αναπτύξουν δεξιότητες επικεντρωμένες στην κοινωνία της ψηφιακής εποχής. Ο Bates περιγράφει αυτές τις δεξιότητες ως ικανότητες του 21ου αιώνα ή ως ικανότητες της κοινωνίας της πληροφορίας, ή ακόμη και της κοινωνίας της γνώσης [15]. Η ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και η δυνατότητα επίλυσης προβλημάτων είναι μια από τις δεξιότητες, ενώ η ικανότητα της συνεργασίας και της ηγεσίας είναι η δεύτερη. Άλλη μια δεξιότητα είναι η αποτελεσματική

επικοινωνία, τόσο η προφορική όσο και η γραπτή. Επίσης, η ικανότητα της ανάλυσης των πληροφοριών καθώς και η πρόσβαση σε αυτές είναι κάτι εξίσου σημαντικό. Υπάρχουν και δημιουργικές δεξιότητες όπως η περιέργεια και η φαντασία, αλλά και η πρωτοβουλία κινήσεων και η επιχειρηματικότητα. Τέλος, η ευκινησία και η προσαρμοστικότητα είναι απαραίτητες δεξιότητες καθώς συνδέονται με όλα τα παραπάνω [14].



Εικόνα 1: Τεχνολογικά στοιχεία & εργαλεία του Education 4.0 με διδακτικούς στόχους [12].

Η εκπαίδευση STEM στοχεύει στην προετοιμασία των μαθητών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τις προπτυχιακές και μεταπτυχιακές σπουδές στους τομείς της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών, ενθαρρύνοντας την έρευνα, τη συλλογιστική λογική και τις δεξιότητες συνεργασίας. Το επόμενο μεγάλο βήμα είναι η εισαγωγή της εκπαίδευσης STEM στον τομέα της εκπαιδευτικής διαδικασίας καθώς είναι μια εκπαιδευτική προσέγγιση που ενσωματώνει την Επιστήμη, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά [16].

Η Επιστήμη, η Τεχνολογία, η Μηχανική και τα Μαθηματικά (Science, Technology, Engineering and Mathematics - STEM), η Εκπαιδευτική Ρομποτική (Educational Robotics - ER) και η Υπολογιστική Σκέψη (Computational Thinking - CT) φαίνεται να υποστηρίζουν την προσπάθεια να εκπληρωθεί αυτή η ανάγκη, προετοιμάζοντας τους μαθητές για τις απαιτήσεις του 21ου αιώνα και της 4ης βιομηχανικής επανάστασης [14].

STEM και Εκπαιδευτική Ρομποτική (Educational Robotics - ER) στην εκπαιδευτική διαδικασία

Σήμερα στην ψηφιακή εποχή που διανύουμε, οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) έχουν αλλάξει τον τρόπο που επικοινωνούμε, που αγοράζουμε, που δημιουργούνται οι ανθρώπινες σχέσεις και που αντιμετωπίζουμε τα παγκόσμια προβλήματα. Ωστόσο, μια από τις πιο σημαντικές αλλαγές είναι στον τρόπο που λαμβάνουμε τις πληροφορίες και κατά συνέπεια, τις μαθαίνουμε και τις διδάσκουμε. Παρά τις αλλαγές αυτές μέσω της χρήσης των Ψηφιακών Τεχνολογιών, η σχολική τάξη σε πολλές περιπτώσεις, παραμένει με την ίδια οργάνωση και τις ίδιες παιδαγωγικές πρακτικές που έχουν θέσει τις βάσεις τους εδώ και αιώνες [1].

Οι παλιοί μηχανισμοί μεθόδων διδασκαλίας δεν είναι πλέον ευεργετικοί για τους μαθητές [2, 3]. Στην παραδοσιακή μεθοδολογία της εκπαιδευτικής διαδικασίας, οι διαλέξεις των μαθημάτων θεωρούνται κουραστικές από τους μαθητές. Εφαρμόζοντας την τεχνική της παιχνιδοποίησης (gamification) δίνεται ένα μεγάλο πλεονέκτημα στην επίλυση του προβλήματος καθώς μπορεί να βελτιώσει τα μαθησιακά κίνητρα των μαθητών [2, 3]. Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι η παιχνιδοποίηση (gamification) κάτω από κατάλληλες συνθήκες μπορεί να δημιουργήσει ένα ευνοϊκό περιβάλλον στη μάθηση κατά την διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας και να προσελκύσει το ενδιαφέρον των μαθητών για την ενασχόληση τους με τον προγραμματισμό και τις δραστηριότητες STEM [2, 3, 17].

Ο όρος STEM εισήχθη αρχικά από το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών NSF τη δεκαετία του 1990 ως SMET [18] και χρησιμοποιήθηκε για τη διδασκαλία και την εκμάθηση στους τομείς της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών (παράγωγα STEM). Επίσης, χρησιμοποιείται γενικά σε οποιαδήποτε ενέργεια, πολιτική, πρόγραμμα ή πρακτική που περιλαμβάνει έναν ή περισσότερους από τους κλάδους του [19]. Αυτός ο όρος χρησιμοποιείται συνήθως για την αντιμετώπιση της εκπαιδευτικής πολιτικής και της επιλογής προγράμματος σπουδών στα σχολεία καθώς και για τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας στην ανάπτυξη της επιστήμης και της τεχνολογίας. Επιδρά στην ανάπτυξη του εργατικού δυναμικού, σε θέματα εθνικής ασφάλειας και στη μεταναστευτική πολιτική. Ο όρος επιστήμη στο STEM αναφέρεται συνήθως σε δύο από τους τρεις κύριους κλάδους της επιστήμης, στις φυσικές επιστήμες συμπεριλαμβανομένης της βιολογίας, της φυσικής και της χημείας καθώς και τις επιστήμες που συμπεριλαμβάνουν τα μαθηματικά, τη λογική και τη στατιστική [18].

Στη βιβλιογραφία, υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία του ορισμού του εκπαιδευτικού όρου STEM. Οι Ιωάννου και Μπράτισης το ορίζουν ως μια ολοκληρωμένη προσέγγιση του προγράμματος σπουδών και της διδασκαλίας, του περιεχομένου και των δεξιοτήτων, προσεγγίζοντας όλους τους τομείς ως έναν, χωρίς όρια μεταξύ τους [20]. Οι Vasquez, Sneider και Comer επισημαίνουν ότι δεν είναι ένα πρόγραμμα σπουδών, αλλά ένας τρόπος οργάνωσης και παροχής διδασκαλίας [21] που με την ενσωμάτωση των παραγώγων STEM υπάρχουν πολλά οφέλη που θα μπορούσαν να βελτιώσουν την εκπαίδευση των επιστημών και των μαθηματικών [22]. Οι Τσούπρος, Kohler και Hallinen υποστηρίζουν ότι είναι μια διεπιστημονική προσέγγιση όπου η μάθηση επιτυγχάνεται ενσωματώνοντας τους τέσσερις

κλάδους σε ένα συνεκτικό πρότυπο διδασκαλίας και μάθησης [23]. Για τον Ejiwale είναι μια «μεταπειθαρχία» που σημαίνει ότι η δημιουργία της πειθαρχίας βασίζεται στην ενσωμάτωση άλλων πειθαρχικών γνώσεων σε ένα νέο «σύνολο» παρά σε τμήματα [24]. Τέλος, σύμφωνα με τους Χατζόπουλο, Παπουτσιδάκη, Καλογιαννάκη, και Ψυχάρη, ο όρος STEM συνδέεται με την προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης που ενσωματώνει το περιεχόμενο και τις δεξιότητες των παραπάνω όρων που την αποτελούν, [25, 26] όπου οι μαθητές μπορούν να συμμετέχουν και να ωφεληθούν [27].

Υπάρχουν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις για την ένταξη του STEM στην εκπαίδευση [28, 29, 30]. Η πρώτη προσέγγιση είναι η ενσωμάτωση του περιεχομένου που επικεντρώνεται στη συγχώνευση πεδίων περιεχομένου σε μία μεμονωμένη διδακτική δραστηριότητα για την επισήμανση «μεγάλων ιδεών» από πολλούς τομείς περιεχομένου. Η δεύτερη προσέγγιση είναι η ενσωμάτωση με βάση τα συμφραζόμενα που επικεντρώνεται στο περιεχόμενο ενός ενιαίου επιστημονικού πεδίου, ενώ τα πλαίσια από άλλους κλάδους χρησιμοποιούνται για να κάνουν το θέμα πιο σχετικό [19].

Η επιστήμη έχει να κάνει με μια θεμελιώδη κατανόηση του πώς λειτουργεί ο κόσμος γύρω μας. Τα μαθηματικά είναι η γλώσσα που χρησιμοποιείται για να εκφράσει αυτήν την κατανόηση. Η μηχανική αφορά την εφαρμογή αυτής της γνώσης για την επίλυση πραγματικών προβλημάτων και η τεχνολογία είναι το αποτέλεσμα όλων αυτών των άλλων προσπαθειών. Αυτός είναι ένας άλλος τρόπος προκειμένου να περιγραφεί η διαδικασία της εκπαίδευσης STEM [31].

Ένα πλεονέκτημα της σημερινής εκπαίδευσης STEM είναι ότι παρέχει στους μαθητές την πίστωση και την ευκαιρία να διεξάγουν πειράματα που εφαρμόζουν έννοιες που μαθαίνουν σε κείμενα, σε συζητήσεις και σε παραδείγματα στην τάξη. Για την εκπαίδευση στο σπίτι (home schooling), το STEM ήταν δύσκολο να μιμηθεί την εκπαιδευτική διαδικασία που ακολουθείται στην τάξη, λόγω περιορισμένων πόρων, αν και αυτό φαίνεται να αλλάζει [31]. Πολλοί διαδικτυακοί οργανισμοί (www.homeschool.org), πανεπιστήμια (www.hofstra.edu) και πάροχοι που βασίζονται στο διαδίκτυο, όπως το www.thehomeschoolscientist.com, αγωνίζονται για τη χρηματοδότηση της εκπαίδευσης στο σπίτι (home schooler's dollar) και έχουν δοθεί λύσεις για την βελτίωση της εμπειρίας του εκπαιδευόμενου κατ' οίκον μαθητή. Παρ' όλα αυτά η εκπαίδευση STEM δεν είναι πανάκεια. Απαιτεί αφοσιωμένους και έμπειρους εκπαιδευτές για να είναι επιτυχής [31].

Οι δραστηριότητες STEM είναι εκείνες που προωθούν τη μάθηση στους τομείς της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών. Λέγεται μάλιστα ότι βοηθούν τα παιδιά να εργαστούν και να κάνουν καριέρα σε αυτούς τους τομείς. Προωθούν τη γνωστική, ψυχοκινητική και σε ορισμένες περιπτώσεις τη συναισθηματική ανάπτυξη των παιδιών. Επίσης, οι δραστηριότητες STEM προωθούν την ανάπτυξη δεξιοτήτων και ικανοτήτων του 21^{ου} αιώνα στους μαθητές [32].

Μία τέτοια ενσωμάτωση STEM είναι η Εκπαιδευτική Ρομποτική (ER), ένας ευρύτερος όρος που αναφέρεται σε μια συλλογή δραστηριοτήτων, εκπαιδευτικών προγραμμάτων, τεχνολογίας ή Ρομποτικών Πλατφορμών (RP), εκπαιδευτικών πόρων και παιδαγωγικών

θεωριών μάθησης μέσα και έξω από τα σχολεία [25, 33]. Η Εκπαιδευτική Ρομποτική είναι μια πρωτοποριακή δραστηριότητα όπου εμπλέκει ενεργά τους μαθητές στην εκπαιδευτική διαδικασία [34, 35]. Τα ρομπότ και συγκεκριμένα η εκπαιδευτική ρομποτική κερδίζουν δημοτικότητα τα τελευταία χρόνια [36] και στην Ελλάδα. Η κύρια κινητικότητα που παρατηρείται σήμερα στην εκπαίδευση STEM στα σχολεία αφορά τις εφαρμογές της εκπαιδευτικής ρομποτικής [25]. Μεγάλο είναι και το ενδιαφέρον μεταξύ των ερευνητών [37] και των εκπαιδευτικών [38], καθώς η εκπαιδευτική ρομποτική [39] είναι ένα ισχυρό εργαλείο μάθησης και υποστήριξης για την ανάπτυξη των γνωστικών και των κοινωνικών δεξιοτήτων.

Ο πρωταρχικός στόχος της εκπαιδευτικής ρομποτικής είναι να παρέχει ένα σύνολο εμπειριών προκειμένου να διευκολύνει την ανάπτυξη της γνώσης, των δεξιοτήτων και της συμπεριφοράς του μαθητή επάνω στο σχεδιασμό, την ανάλυση, την εφαρμογή και τη λειτουργία των ρομπότ [16]. Ο σκοπός του μαθήματος είναι να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να μάθουν πώς να σχεδιάζουν και να εφαρμόζουν τα μαθήματα της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών (STEM) χρησιμοποιώντας την ρομποτική. Υπογραμμίζεται ότι η ανάγκη της προετοιμασίας των μαθητών με δεξιότητες του 21ου αιώνα μέσω της διδασκαλίας που σχετίζεται με το STEM είναι ισχυρή και τα εργαστήρια που χρησιμοποιούν kit για την κατασκευή και τον προγραμματισμό ρομπότ είναι μια σύγχρονη μορφή διεπιστημονικής εκπαίδευσης των παιδιών και των νέων καθώς έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην ανάπτυξη του μαθηματικού αλφαριθμητισμού και των επιστημονικών και τεχνικών πληροφοριών και κοινωνικών ικανοτήτων. Η λογική για τη διεξαγωγή τέτοιων δραστηριοτήτων στα σχολεία βρίσκεται στο ευρωπαϊκό πλαίσιο αναφοράς στο πλαίσιο της κατάρτισης των βασικών ικανοτήτων [16].

Υπήρξε μεγάλο ενδιαφέρον μεταξύ των ερευνητών [37] και των εκπαιδευτικών [38] καθώς η εκπαιδευτική ρομποτική [39] είναι ένα ισχυρό εργαλείο μάθησης και υποστήριξης για την ανάπτυξη των γνωστικών και των κοινωνικών δεξιοτήτων. Η εκπαιδευτική ρομποτική εισάγεται σε πολλά μαθησιακά περιβάλλοντα ως ένα καινοτόμο εργαλείο διδασκαλίας και μάθησης που υποστηρίζει τους μαθητές [19, 40] στην ανάπτυξη δεξιοτήτων υψηλού επιπέδου και στη δημιουργία πολλαπλών αναπαραστάσεων κατανόησης του αντικειμένου [41]. Επίσης συμβάλει στην εποικοδομητική επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ τους [42], στην ανάπτυξη και τη βελτίωση της εκπαίδευσής τους με την επίλυση σύνθετων και αυθεντικών προβλημάτων και στην εφαρμογή ιδεών αφηρημένου σχεδιασμού ώστε να αντικατοπτρίζει και να παρατηρεί άμεσα τα αποτελέσματα αυτής της προσπάθειας. Τέλος συμβάλει στη διευκόλυνση της εκπαίδευσης των μαθητών μέσω της έρευνας και του πειραματισμού συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στην ανάπτυξη γνώσεων στους τομείς STEM [41, 42, 43, 44].

Εκτός αυτού, οι δραστηριότητες της εκπαίδευσης STEM και της εκπαιδευτικής ρομποτικής προωθούν τη μάθηση που βασίζεται σε προβλήματα και την κριτική σκέψη καθώς εστιάζουν στην έρευνα και την ανάλυση ενός σύνθετου πραγματικού προβλήματος. Η εκπαιδευτική ρομποτική προτείνει τη μάθηση μέσω του σχεδιασμού και περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως η κατασκευή και η λειτουργία ρομποτικών πλατφορμών που χρησιμοποιούνται επίσης ως εργαλεία για την προώθηση της υπολογιστικής σκέψης, της

κωδικοποίησης και της μηχανικής [45]. Προσφέρουν την κατάλληλη πλατφόρμα για την ανάπτυξη δεξιοτήτων με διασκεδαστικό και ουσιαστικό τρόπο και επίσης εμπλέκουν τους μαθητές ώστε να ασχοληθούν με μια σειρά επιστημονικών κλάδων όπως η επιστήμη, η τεχνολογία, η μηχανική και τα μαθηματικά (STEM), ο αλφαριθμητισμός, οι κοινωνικές επιστήμες, ο χορός, η μουσική και η τέχνη [45]. Επίσης είναι σημαντικό η πτυχή του παιχνιδιού να τις κάνει ιδιαίτερα ελκυστικές για τους μαθητές, ιδίως στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση [46].

Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι η εκπαιδευτική ρομποτική μπορεί να βοηθήσει στην εξάλειψη των στερεοτύπων για τα φύλα σχετικά με το ρόλο των κοριτσιών και την εξοικείωση τους με την τεχνολογία [19, 47, 48, 49]. Υπάρχει μια διεθνώς αναγνωρισμένη υποεκπροσώπηση του γυναικείου φύλου σε τομείς που σχετίζονται με την πληροφορική, τόσο σε ακαδημαϊκούς κύκλους όσο και σε κλάδους που σχετίζονται με το STEM [50, 51]. Διάφοροι ερευνητές προσπάθησαν να διερευνήσουν τους λόγους για τους οποίους τα κορίτσια τείνουν να μην ενδιαφέρονται για την επιστήμη των υπολογιστών ήδη από την περίοδο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Μερικοί από αυτούς ερμηνεύουν αυτή την έλλειψη διάθεσης ως αποτέλεσμα του γεγονότος ότι τα αγόρια μπορεί να έχουν πιο συχνή πρόσβαση σε υπολογιστές, να αναζητούν τεχνολογικές πληροφορίες πιο συχνά ή/και να λαμβάνουν πιο θετική ανάδραση σχετικά με την εκμάθηση υπολογιστών συμπεριλαμβανομένου των ανεπίσημων επιδράσεων, διδακτικών και μη, που δεν λαμβάνουν χώρα στην τάξη και στο σχολείο γενικότερα [50, 51]. Άλλοι ερευνητές δηλώνουν ότι τα κορίτσια παρά τις ψηφιακές τους δεξιότητες, συνεχίζουν να έχουν χαμηλότερη αυτοεκτίμηση σε σχέση με τα αγόρια συμμαθητές τους, οι οποίοι αντιμετωπίζουν τον προγραμματισμό και άλλες δραστηριότητες που σχετίζονται με την επιστήμη της πληροφορικής ως δύσκολες, μη ενδιαφέρουσες ή ακόμη και βαρετές [50, 51].

Η εκπαιδευτική ρομποτική εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1960 όταν ο Seymour Papert, μαθηματικός και διευθυντής του MIT Logo Group [52], άρχισε να αναπτύσσει νέες τεχνολογίες που απευθύνονταν σε παιδιά οι οποίες συνεχίστηκαν από την ερευνητική ομάδα του Mitchel Resnick 's Lifelong Kindergarten στο MIT Media Lab, που συμμετείχε στη σύνδεση μεταξύ παιχνιδιών, υπολογιστών και μάθησης από το 1980 [53, 54]. Το 1984, ο ιδιοκτήτης της LEGO®, Kjeld Kirk Kristiansen, εντυπωσιάστηκε από την ομιλία του Seymour Papert σε μια τηλεοπτική εκπομπή, που παρουσίαζε τη γλώσσα προγραμματισμού του, LOGO για παιδιά. Στη συνέχεια, ο Kjeld Kirk ζήτησε να υπάρξει μια συνάντηση μεταξύ των δύο μερών, κάτι που είχε ως αποτέλεσμα τη συνεργασία μεταξύ LEGO® και MIT. Το 1987, η LEGO® Group κυκλοφόρησε ένα νέο προϊόν, το LEGO® Technic™ Control 0, ένα προϊόν που δύναται να προγραμματιστεί με μια ειδική έκδοση του LOGO που αναπτύχθηκε από τον Seymour Papert [55]. Αργότερα, στα μέσα της δεκαετίας του 1980, ο Mitchel Resnick, ο Steve Ocko και ο Fred Martin [56] στο εργαστήριο του Papert στο MIT, άρχισαν να αναπτύσσουν το πρώτο πρόγραμμα LEGO®-LOGO, αλλά το πιο αξιοσημείωτο προϊόν Εκπαιδευτικής Ρομποτικής (ER) που σχεδιάστηκε από τη συνεργασία τους ήταν το LEGO® MINDSTORMS™, όπου ξεκίνησε το 1998. Δεδομένου ότι τα προϊόντα LEGO® έδωσαν στους μαθητές μια πρακτική λύση STEM, η εκπαιδευτική ρομποτική προσέλκυσε το ενδιαφέρον των ερευνητών και των εκπαιδευτικών ως ένα ισχυρό εργαλείο διδασκαλίας για την

υποστήριξη της μάθησης και την ανάπτυξη των γνωστικών και των κοινωνικών δεξιοτήτων των μαθητών [57, 58].

Μέσω της πολυεπιστημονικότητάς της, η εκπαιδευτική ρομποτική δύναται να αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για το σχεδιασμό δραστηριοτήτων STEM, παρακινώντας τους μαθητές να ασχοληθούν με τις επιστήμες STEM, ιδιαίτερα στην Ελλάδα, όπου είναι η μόνη δραστηριότητα που παρουσιάζεται στις προσεγγίσεις STEM στα σχολεία και σχετίζεται με εκπαιδευτικές εφαρμογές ρομποτικής.

Η ρομποτική είναι ένας διεπιστημονικός κλάδος της τεχνολογίας που περιλαμβάνει στοιχεία από τη μηχανική υπολογιστών, την ηλεκτρική, την ηλεκτρονική, τη μηχανική και τη θεωρία ελέγχου, προσφέροντας στους μαθητές την πρακτική δυνατότητα να εκτεθούν σε αυτά τα επιστημονικά πεδία και αποτελεί ένα χρήσιμο βοήθημα για την εκμάθηση των μαθηματικών, της τεχνολογίας, της επιστήμης και του προγραμματισμού υπολογιστών [34, 35]. Η ρομποτική μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εκπαιδευτικό αντικείμενο ή ως εργαλείο μάθησης. Ως εκπαιδευτικό αντικείμενο η ρομποτική από μόνη της μπορεί να μελετηθεί ως αντικείμενο, ενώ ως εργαλείο μάθησης η ρομποτική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία και την εκμάθηση άλλων θεμάτων όπως τα μαθηματικά και οι επιστήμες [34, 59]. Τα ρομπότ, τα φυσικά αντικείμενα μελέτης της ρομποτικής επιστήμης, είναι ένα εξαιρετικό όχημα για τους μαθητές ώστε να επιδείξουν βασικά προβλήματα της μηχανικής καθώς τους βοηθούν να αναπτύξουν δεξιότητες όπως η επίλυση προβλημάτων, ο σχεδιασμός, η ομαδική εργασία και η δημιουργικότητα [35]. Επιπλέον, επισημαίνεται ότι μέσω της χρήσης της ρομποτικής, είναι δυνατή η προσέλκυση της προσοχής των μαθητών σε εκπαιδευτικό περιεχόμενο που δεν τους είχαν δοθεί κίνητρα [60].

Εκπαιδευτικές Ρομποτικές Πλατφόρμες

Οι ψηφιακές τεχνολογίες εισάγονται πλέον στην εκπαιδευτική διαδικασία από την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, έχοντας ως εκπαιδευτικό υλικό την τεχνολογία που παρέχουν οι έξυπνες οθόνες αλλά και το block περιβάλλον προγραμματισμού, όπου έχουν σχεδιαστεί με γνώμονα την διδασκαλία και την μάθηση [61, 62]. Τα τελευταία έτη, έχουν σχεδιαστεί εργαλεία και έχουν δημιουργηθεί διαδραστικές τεχνολογίες που απευθύνονται σε παιδιά μικρής ηλικίας, όπως είναι τα οπτικοποιημένα περιβάλλοντα προγραμματισμού (Scratch Jr, Scratch, MIT App Inventor, κ.α.) και η εισαγωγή της ρομποτικής στις σχολικές αίθουσες [25, 63] έχοντας ως στόχο την βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας και της μάθησης [42].

Συγκεκριμένα, η εκπαιδευτική ρομποτική θεωρείται ως μια από τις νεότερες τάσεις στην εκπαιδευτική διαδικασία και γι' αυτό τον λόγο έχει ενσωματωθεί στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση έχοντας ως στόχο να εμπλουτίσει το μαθησιακό περιβάλλον και να προωθήσει δραστηριότητες που οικοδομούν την γνώση [64, 65]. Οι Sullivan και Bers αναφέρουν πως η εκπαιδευτική ρομποτική παρέχει ευκαιρίες στους μαθητές να ασχοληθούν με θέματα STEM και δραστηριότητες κωδικοποίησης και έννοιες μηχανικής από την πρώτη κιόλας βαθμίδα εκπαίδευσης [66]. Σημαντική επίσης είναι η ποικιλία των στοιχείων των kit ρομποτικής, όπως είναι τα αισθητήρια και οι δυνατότητες αλληλεπίδρασης, οι δυνατότητες προσαρμογής, τα ουδέτερα φυλετικά χρώματα και ο

σχεδιασμός συνδυαστικά με το φιλικό προγραμματιστικό περιβάλλον για τα παιδιά καθιστούν τις ρομποτικές πλατφόρμες προσβάσιμες σε όλους ανεξαιρέτως [67].

Η εκπαιδευτική ρομποτική θεωρείται μια διεπιστημονική προσέγγιση όπου εμπεριέχει διαφορετικές πτυχές, όπως τους αλγόριθμους σχεδιασμού, τις μηχανικές δομές σχεδιασμού, την κατασκευή και την λειτουργία των ρομπότ και των κιτ ρομποτικής, καθώς και τη δυνατότητα εφαρμογής της μηχανικής, των μαθηματικών, των αρχών της φυσικής και άλλων επιστημονικών θεμάτων [68]. Αυτές οι μέθοδοι και τα χαρακτηριστικά είναι κατάλληλες για τον σχεδιασμό δραστηριοτήτων με STEM προσανατολισμό [62]. Η εκπαιδευτική ρομποτική είναι εφαρμόσιμη στους τομείς των επιστημών, των μαθηματικών και της μηχανικής βοηθώντας στην εξάλειψη της αφηρημένης έννοιας αυτών των επιστημονικών πεδίων, βελτιώνοντας παράλληλα τις μαθησιακές δεξιότητες και τις στρατηγικές μάθησης όπως η προσήλωση στο στόχο, η χωρική ικανότητα, η αναγνώριση του κινδύνου, η ικανότητα λήψης κρίσιμων αποφάσεων κ.α. [69]. Ειδικότερα, οι τεχνολογίες που περιβάλλουν την ρομποτική δύναται να προσφέρουν την ευκαιρία στα παιδιά να κατανοήσουν στην πράξη πράγματα της καθημερινότητας που δεν αντιλαμβάνονται πλήρως, όπως οι ανιχνευτές κίνησης, οι αισθητήρες φωτός και οι αισθητήρες εγγύτητας [70], αιτιολόγηση των αποτυχιών (σφάλματα προγραμματισμού) και αποτυχία συνδεσιμότητας (WiFi, Bluetooth).

Πέρα από τον σκοπό της STEM εκπαίδευσης, οι ρομποτικές πλατφόρμες είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος ώστε να εισαχθούν τα παιδιά της προσχολικής και πρωτοβάθμιας ηλικίας στην σύνταξη κώδικα και στην ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης [47]. Τα παιδιά μέσω της εκπαίδευσης με τις ρομποτικές πλατφόρμες ασχολούνται με την επίλυση πρακτικών ζητημάτων που τους τίθενται αλλά και με την εφαρμογή των λύσεων αυτών [70]. Οι ρομποτικές δραστηριότητες έχουν την δυνατότητα να προσφέρουν ένα ελάχιστο επίπεδο γνώσεων που απαιτείται για την περάτωση ενός έργου, υψηλό επίπεδο εφαρμογών για όσους μπορούν να αναπτύξουν οποιοδήποτε έργο χωρίς να θέτουν ανώτατο όριο αλλά και μεγάλη ποικιλία εφαρμογών με στόχο τον εμπλουτισμό των μαθησιακών εμπειριών στα παιδιά προσχολικής ηλικίας. Η κατασκευή και ο προγραμματισμός ρομποτικών πλατφορμών απαιτεί την συμμετοχή των παιδιών στην επίλυση των σύνθετων προβλημάτων και στην αντιμετώπιση ζητημάτων όπως η ιεράρχηση και ο σχεδιασμός πολύπλοκων εργασιών και η αλλαγή θεωρητικής προσέγγισης. Σε αυτές τις εργασίες, συμμετέχουν γνωστικές λειτουργίες ανώτερου επιπέδου όπως η επεξεργασία πληροφοριών, η αφαιρετική ικανότητα, η συλλογιστική σκέψη, η λήψη αποφάσεων και η επίλυση των προβλημάτων και η αξιολόγησή τους [71]. Επιπλέον, η ύπαρξη της πλατφόρμας μετατρέπει την μάθηση από μια αφηρημένη ομάδα εννοιών σε μια πιο απτή προσέγγιση με την δυνατότητα να εφαρμοστεί σε όλους τους κλάδους STEM [72, 73]. Παρουσιάστηκαν οφέλη στα παιδιά που συμμετείχαν σε ομάδες εργασίας με την χρήση ρομπότ καθώς διαπιστώθηκε ότι απέκτησαν νέες δεξιότητες και γνώσεις στην ανάπτυξη προγραμματιστικών ακολουθιών μέσω της χρήσης κατάλληλων αναπτυξιακών δεξιοτήτων στη ρομποτική, καθώς ήταν σε θέση να ελέγξουν την ακρίβεια των μοντέλων που δημιούργησαν αλλά και να εντοπίσουν τα σφάλματα στον προγραμματισμό τους [74].

Οι χρήση ρομπότ στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς, έχοντας ως γνώμονα την πληθώρα επιλογών ως προς την διαθεσιμότητα των ρομποτικών

πλατφορμών αλλά και το πλήθος των μαθησιακών δραστηριοτήτων που έχουν σχεδιαστεί για να βοηθήσουν τους μαθητές να πετύχουν τους στόχους που έχουν θέσει [75]. Ειδικότερα, οι παιδαγωγικοί στόχοι της εκπαιδευτικής ρομποτικής μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες όπου η πρώτη αφορά τον χειρισμό του ρομπότ και η δεύτερη την κατασκευή του ρομπότ [73]. Στα παιδιά προσχολικής ηλικίας, η εκπαιδευτική ρομποτική εστιάζει κυρίως στο χειρισμό και όχι στην κατασκευή του ρομπότ κάνοντας χρήση ενός εναλλακτικού τρόπου εκμάθησης προγραμματισμού, όπου είναι η κίνηση αντικειμένων στο χώρο [75]. Με αυτά τα δεδομένα μπορούμε να διακρίνουμε δύο ομάδες ρομποτικών πλατφορμών που αφορούν την προσχολική και την πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Στη πρώτη έχουμε τα προγραμματιζόμενα ρομπότ (π.χ. BeeBot) και στη δεύτερη έχουμε τα κιτ ρομποτικής που δίνουν την δυνατότητα κατασκευής και προγραμματισμού του ρομπότ (π.χ. LEGO®-WeDo 2.0) [76].

Υπολογιστική Σκέψη (Computational Thinking- CT)

Το σύνολο των δεξιοτήτων που ο κάθε άνθρωπος μπορεί να χρησιμοποιήσει στην καθημερινή του ζωή για την επίλυση των προβλημάτων που αντιμετωπίζει ορίζεται ως υπολογιστική σκέψη [77]. Για τους μαθητές αποτελεί μία επιπλέον πρακτική STEM η οποία τους επιτρέπει να κάνουν ερωτήσεις, να σχεδιάζουν λύσεις αλλά και να επικοινωνούν τα αποτελέσματα προσεγγίζοντας τα προβλήματα της καθημερινής ζωής [78, 77]. Η υπολογιστική σκέψη περιλαμβάνει έξι διαφορετικές έννοιες οι οποίες είναι η λογική (logic), οι αλγόριθμοι (algorithms), η αποσύνθεση (decomposition), τα μοτίβα (patterns), η αφαίρεση (abstraction) και η αξιολόγηση (evaluation) καθώς και πέντε προσεγγίσεις οι οποίες είναι ο σκεπτικισμός (thinkering), η δημιουργία (creating), η διόρθωση σφαλμάτων (debugging), η επιμονή (persevering) και η συνεργασία (collaborating) προκειμένου να λειτουργήσει [79, 80, 81]. Περισσότερες έννοιες που έχουν προταθεί είναι οι αλληλουχίες (sequences), οι βρόχοι (loops), ο παραλληλισμός (parallelism), τα συμβάντα (events), οι υποθέσεις (conditionals), οι χειριστές (operators) και τα δεδομένα (data) [82, 83].

Στο εκπαιδευτικό εγχειρίδιο του «Οδηγού δασκάλου» της LEGO® που προσφέρεται για την υποστήριξη των δραστηριοτήτων της εκπαίδευσης STEM και της εκπαιδευτικής ρομποτικής, η υπολογιστική σκέψη παρουσιάζεται εν συντομία ως μια σειρά ενεργειών που περιλαμβάνει την αποσύνθεση, τη δημιουργία περίληψης, την αλγοριθμική σκέψη (κώδικας), την αξιολόγηση και τέλος τη γενίκευση [78].

Χρήση μιας διαδικασίας σχεδιασμού μηχανικής για την ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης

Μία διαδικασία για την ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης των μαθητών είναι η χρήση του μηχανικού σχεδιασμού. Αυτή είναι μια σειρά φάσεων που καθοδηγούν τους μαθητές προς μια λύση. Αυτές οι φάσεις χρησιμοποιούν και αναπτύσσουν ορισμένες από τις δεξιότητές τους στην υπολογιστική σκέψη. Μια απλοποιημένη διαδικασία ανάπτυξης της υπολογιστικής σκέψης είναι ο ορισμός του προβλήματος όπου συνήθως το πρόβλημα ή το έργο έχει πολλές λεπτομέρειες. Είναι πιο εύκολο να λυθεί εάν δύναται να χωριστεί σε μικρότερα και πιο κατανοητά μέρη (αποσύνθεση ή τμηματοποίηση). Ο σχεδιασμός της λύσης είναι το επόμενο βήμα και αυτό είναι εφικτό μέσα από την δημιουργία ενός

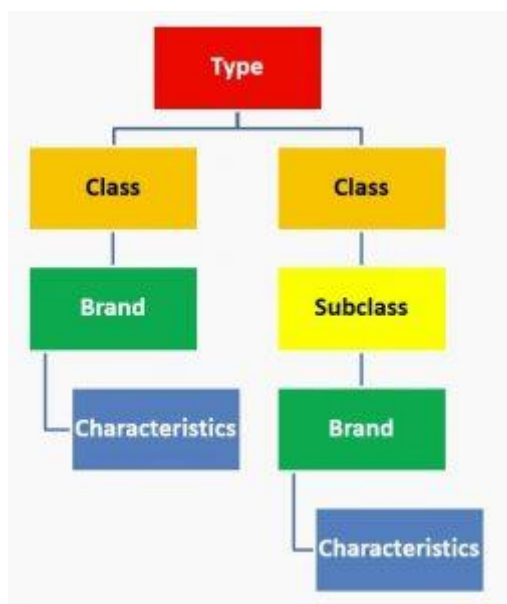
λεπτομερούς σχεδίου. Το σχέδιο θα καθορίσει με σαφήνεια τα βήματα που πρέπει να γίνουν για την επίτευξη της λύσης. Αναγνωρίζοντας τα μέρη της εργασίας που θα μπορούσαν να έχουν εμφανιστεί και προηγουμένως, αναπτύσσεται η ικανότητα της γενίκευσης. Με τη δημιουργία και τον προγραμματισμό της λύσης και χρησιμοποιώντας γλώσσες προγραμματισμού και εργαλεία της εκπαιδευτικής ρομποτικής γράφεται ο κώδικας της λύσης και αναπτύσσεται η ικανότητα της αλγοριθμικής σκέψης. Η τροποποίηση είναι η μέθοδος για την αξιολόγηση της λύσης και εάν αυτή πληροί τα κριτήρια επιτυχίας. Εάν δεν τα πληροί, η τροποποίηση και η επανάληψη των παραπάνω βημάτων είναι επιβεβλημένη. Με την αλλαγή, την επιδιόρθωση, τον εντοπισμό σφαλμάτων ή τη βελτίωση κάποιου μέρους της λύσης αναπτύσσεται η αξιολόγηση (εντοπισμός σφαλμάτων). Τελευταία φάση είναι η εξήγηση της τελικής λύσης που πληροί τα κριτήρια επιτυχίας με το σωστό επίπεδο λεπτομέρειας και αφού έχει προηγηθεί η αφαίρεση των περιττών λεπτομερειών επιτυγχάνεται η ανάπτυξη της ικανότητας της αφαίρεσης και της επικοινωνίας [1, 78].

Ταξινόμηση των Εκπαιδευτικών Ρομποτικών Πλατφορμών

Η Εκπαιδευτική Ρομποτική και η εκπαίδευση STEM για να έχει σωστή εφαρμογή, έχει ως βασική προϋπόθεση την σωστή επιλογή πλατφόρμας που θα πληροί τα κριτήρια και τους στόχους που έχουν τεθεί από τον διδάσκοντα εκπαιδευτικό ή τον επικεφαλής του προγράμματος. Ο Arvin *et al.* ορίζει ότι οι ρομποτικές πλατφόρμες μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες δίνοντας έμφαση στο είδος κίνησης που διαθέτουν [84]. Τα στατικά ρομπότ που είναι στην ουσία βραχίονας σε σταθερή βάση με αρκετούς βαθμούς ελευθερίας και έχουν κυρίως βιομηχανική χρήση, αποτελούν την πρώτη κατηγορία. Τα αρθρόποδα ρομπότ που έχουν την δυνατότητα κίνησης μέσω κινούμενων άκρων αποτελούν την δεύτερη κατηγορία. Τέλος, η τρίτη κατηγορία είναι τα τροχήλατα ρομπότ που βασίζουν την κίνησή τους στην χρήση τροχών [84].

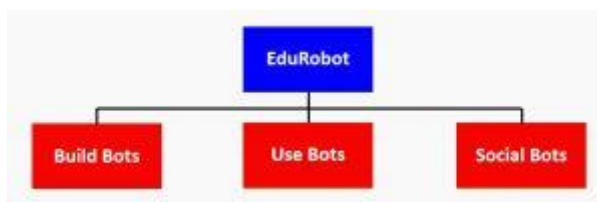
Ο Karim *et al.* κατηγοριοποιεί τις ρομποτικές πλατφόρμες στηριζόμενος στον σχεδιασμό τους και στον βαθμό περιπλοκότητας τους [85]. Έτσι προκύπτουν οι σύνθετες πλατφόρμες - κατασκευές που βασίζονται στα δομικά υλικά της LEGO®, οι ρομποτικές πλατφόρμες αποτελούμενες από μικρά ρομπότ, οι ρομποτικές πλατφόρμες τύπου στατικού ρομποτικού βραχίονα (manipulators), οι ανοιχτού κώδικα (open-source) ρομποτικές πλατφόρμες, οι έτοιμες τυποποιημένες ρομποτικές πλατφόρμες και τέλος τα σμήνη αποτελούμενα από μίνι ρομπότ [85].

Ο μη κερδοσκοπικός οργανισμός Robots for Education έχει δημιουργήσει ένα μηχανισμό παρουσίασης και αναγνώρισης των χαρακτηριστικών των ρομποτικών πλατφορμών. Έχει γίνει προσπάθεια να δημιουργηθούν κριτήρια σύγκρισης ώστε να εντοπίζονται οι διαφορές και οι ομοιότητες μεταξύ των πλατφορμών [86]. Η ταξινόμηση EduRobot έχει προσπαθήσει να παραμείνει απλή, ώστε να είναι λίγα τα επίπεδα διάκρισης των πλατφορμών. Τα επίπεδα είναι ο Τύπος, η Κλάση, η Υποκλάση, τα Χαρακτηριστικά και η Μάρκα της ρομποτικής πλατφόρμας. Ο Τύπος (Type) ενός ρομπότ ομαδικής εκπαίδευσης ορίζεται από τον τρόπο που το χρησιμοποιούμε. Η Κλάση (Class) ορίζεται ως το σαφώς αναγνωρίσιμο σύνολο ρομποτικών πλατφορμών που ανήκουν στον ίδιο τύπο. Η Υποκλάση (Subclass) είναι ένα αναγνωρίσιμο σύνολο ρομπότ που ανήκουν στην ίδια κατηγορία. Τα Χαρακτηριστικά (Characteristics) είναι το σύνολο των ετικετών που αναγράφουν τα στοιχεία του ρομπότ και τέλος, η Μάρκα (Brand) είναι η αναφορά σε συγκεκριμένο ρομπότ [87].



Εικόνα 2: Ταξινόμηση βάσει EduRobot [87].

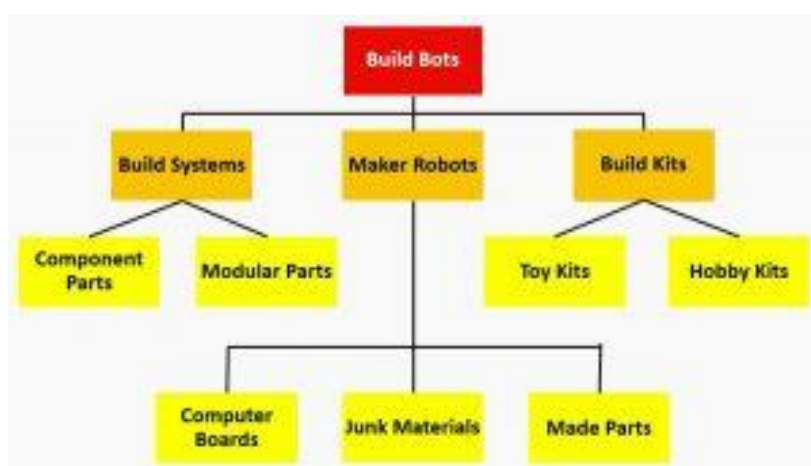
Υπάρχουν τρεις τύποι εκπαιδευτικών ρομπότ που αναφέρονται στην ταξινόμηση του EduRobot. Ο πρώτος τύπος (Build Bots) αφορά τα ρομπότ που προϋποθέτουν την συναρμολόγησή τους ώστε να χρησιμοποιηθούν για τον εκπαιδευτικό σκοπό που δημιουργήθηκαν. Επίσης, έχουν την δυνατότητα να αποσυναρμολογηθούν και να μετατραπούν σε διαφορετικό ρομπότ. Ένας δεύτερος τύπος ρομπότ είναι τα προκατασκευασμένα ρομπότ (Use Bots), τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας από τους μαθητές χωρίς κάποια ιδιαίτερη προεργασία. Κατ' εξαίρεση κάποια ρομπότ απαιτούν συναρμολόγηση, αλλά δεν απευθύνεται στους μαθητές καθώς απαιτούνται εξειδικευμένες γνώσεις για την κατασκευή τους. Αυτό γίνεται από τους κατασκευαστές για μείωση του κόστους παραγωγής. Τέλος, ο τρίτος τύπος εκπαιδευτικών ρομπότ είναι τα λεγόμενα κοινωνικά ρομπότ (Social Bots) όπου οι μαθητές μαθαίνουν να αλληλεπιδρούν με αυτόνομα ρομπότ κάνοντας χρήση HRI και HCI τεχνολογιών [87].



Εικόνα 3: Τύποι εκπαιδευτικών ρομπότ [87].

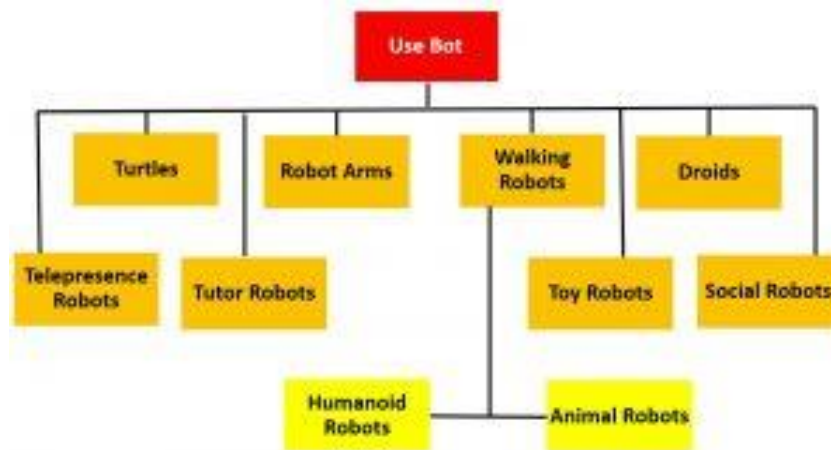
Ο κάθε τύπος εκπαιδευτικού ρομπότ έχει περαιτέρω διαχωρισμούς σε κλάσεις και υποκλάσεις ώστε να ταξινομηθεί σωστά όπως ορίζεται από την EduRobot ταξινόμηση. Για τον πρώτο τύπο ρομπότ έχουμε την κλάση κατασκευής συστημάτων (Build Systems), όπου οι μαθητές κατασκευάζουν ρομπότ από υλικά που ταιριάζουν μεταξύ τους. Η κατασκευή με

εξαρτήματα (Component Parts) όπου οι μαθητές συνδυάζουν γρανάζια, κινητήρες και τροχαλίες και η κατασκευή με αρθρωτά τμήματα (Modular Parts) αποτελούν τις δύο υποκλάσεις. Άλλη κλάση αποτελούν τα ρομποτικά κιτ (Robot Kits) που χωρίζονται σε κιτ παιχνιδιών (Toy Kits) και συναρμολογούνται από παιδιά, αλλά και στα κιτ που χρησιμοποιούνται σαν χόμπι (Hobby Kits) από πιο καταρτισμένους χρήστες. Η τρίτη κλάση είναι τα ρομπότ που κατασκευάζονται από τους ίδιους τους μαθητές (Maker Robots) και χωρίζεται σε τρεις υποκλάσεις. Οι υπολογιστικές πλατφόρμες (Computer Boards) στηρίζονται στους ελεγκτές Raspberry Pi και Arduino όπου οι μαθητές σχεδιάζουν και κατασκευάζουν ρομπότ αποτελούν την πρώτη υποκλάση. Τα ρομπότ από κατασκευασμένα μέρη (Made Parts) μέσω χρήσης laser κοπής ή τρισδιάστατης εκτύπωσης και τα ρομπότ κατασκευασμένα από άχρηστα εξαρτήματα (Junk Parts) αποτελούν τις άλλες δύο υποκλάσεις [87].



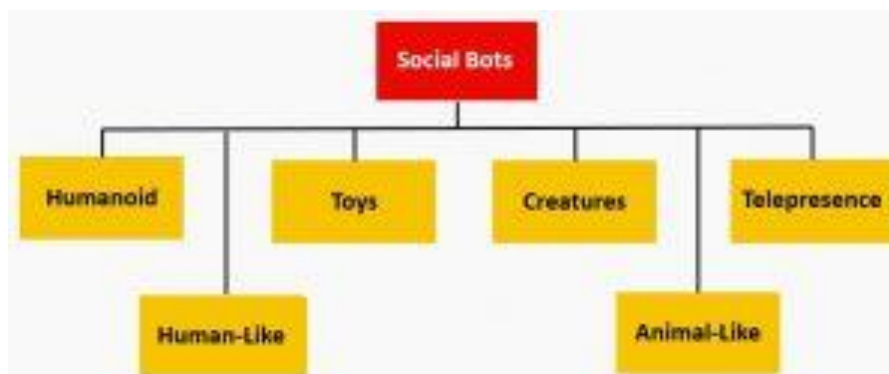
Εικόνα 4: Οι τρεις κλάσεις των εκπαιδευτικών ρομπότ που απαιτούν συναρμολόγηση και οι υποκλάσεις τους [87].

Ο δεύτερος τύπος εκπαιδευτικών ρομποτικών πλατφορμών που αναφέρεται στα προκατασκευασμένα ρομπότ διαχωρίζεται σε οκτώ κλάσεις. Τα 'χελωνοειδή' (Turtle Class) ρομπότ αποτελούν τα ρομπότ που κινούνται στο έδαφος έχοντας κάποιου είδους περίβλημα να τα προστατεύει. Οι πλατφόρμες που κινούνται με βηματισμό (Walking Class) αποτελούνται από ρομπότ που διαθέτουν δύο ή περισσότερα πόδια και χωρίζονται σε δύο ακόμη υποκλάσεις: τα ανθρωπόμορφα (Humanoid) και τα ζώομορφα (Animal). Άλλες κλάσεις είναι οι ρομποτικοί βραχίονες (Robot Arm) που αποτελούν εκπαιδευτικές εκδόσεις των βιομηχανικών ρομπότ, τα drones που είναι ρομπότ με πτητική ικανότητα και τα ρομπότ παιχνίδια (Toy Robots) που συνήθως πωλούνται ως απλά παιχνίδια [87].



Εικόνα 5: Οι κλάσεις των εκπαιδευτικών ρομπότ που είναι προσαρμοσμένα και οι υποκλάσεις τους [87].

Στην εκπαιδευτική διαδικασία, τα κοινωνικά ρομπότ είναι αυτόνομα και αλληλεπιδρούν με τους χρήστες χρησιμοποιώντας HRI τεχνολογίες. Ο τελευταίος τύπος εκπαιδευτικών ρομπότ είναι τα κοινωνικά ρομπότ τα οποία χωρίζονται στα ανθρωπόμορφα ρομπότ (Humanoid) όπου μοιάζουν με μηχανικούς ανθρώπους, στους μιμητές ανθρώπων (Human-Like) και μιμητές ζώων (Animal-Like), στα έξυπνα παιχνίδια (Toys) όπου είναι ρομπότ με κοινωνικά χαρακτηριστικά, στα ρομπότ χωρίς συγκεκριμένο μοτίβο (Creatures) και στα ρομπότ τηλεπαρουσίας (Telepresence) όπου οι μαθητές τα χρησιμοποιούν για να τους εκπροσωπούν σε κοινωνικές περιστάσεις [87].



Εικόνα 6: Οι κλάσεις των κοινωνικών ρομπότ [87].

Τα χαρακτηριστικά είναι αυτά που καθορίζουν την φύση μιας εκπαιδευτικής ρομποτικής πλατφόρμας καθώς και οι βασικές κατασκευαστικές λεπτομέρειες οι οποίες δεν αλλάζουν. Εάν ένας σχεδιαστής προσθέσει καινούργια χαρακτηριστικά στην πλατφόρμα, εμπλουτίζει το ρομπότ, αλλά συνήθως δεν αλλάζει τον τύπο, την κλάση ή την υποκλάση του. Συνεπώς, τα χαρακτηριστικά της πλατφόρμας θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε πως είναι σαν ετικέτες που αναφέρουν τα στοιχεία του εκπαιδευτικού ρομπότ. Ο τρόπος κίνησης της ρομποτικής πλατφόρμας, δηλαδή η ύπαρξη τροχών, ερπυστριών ή ποδιών οποιουδήποτε αριθμού, η έρπηση, η κολύμβηση, η πτήση, η αιώρηση και η στατικότητα αποτελούν ένα

χαρακτηριστικό αναγνώρισης. Η πηγή τροφοδοσίας ρεύματος αποτελεί άλλο χαρακτηριστικό. Μια ρομποτική πλατφόρμα δύναται να διαθέτει μπαταρίες επαναφορτιζόμενες ή μη, μπορεί να τροφοδοτείται απευθείας από το δίκτυο μέσω καλωδίου ή μέσω θύρας USB, όπως επίσης θα μπορούσε να διαθέτει ηλιακό πάνελ για τροφοδοσία με ηλιακή ενέργεια. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό είναι τα είδη των εξόδων που διαθέτει η ρομποτική πλατφόρμα. Η πλατφόρμα μπορεί να διαθέτει ψηφιακές ή αναλογικές εξόδους ελέγχοντας κινητήρες και λάμπες στην πρώτη περίπτωση ή ελέγχοντας την ταχύτητα του κινητήρα και την ένταση του φωτός του λαμπτήρα στη δεύτερη περίπτωση. Επίσης, δύναται να οδηγεί σερβοκινητήρες και βηματικούς κινητήρες, να διαθέτει εξόδους για ηχείο και οθόνη [87].

Το χαρακτηριστικό της εντολής και ελέγχου της πλατφόρμας εξηγεί τον τρόπο επικοινωνίας των μαθητών με αυτή. Ο έλεγχος και οι εντολές πραγματοποιούνται μέσω ενός χειριστηρίου ενσωματωμένου στην πλατφόρμα, μέσω ενός υπολογιστή με χρήση προγραμματισμού, μέσω smartphone ή tablet με ειδικές εφαρμογές, μέσω HRI ή HCI με χρήση οθονών αφής ή διαδραστικών γαντιών και χειριστηρίου, μέσω διάδρασης της πλατφόρμας με το περιβάλλον και τέλος μέσω χρήσης ρομπότ που ελέγχουν άλλα ρομπότ. Σημαντικό χαρακτηριστικό για τον διαχωρισμό των ρομπότ αποτελεί ο τρόπος επικοινωνίας με τις συσκευές ελέγχου. Η επικοινωνία μπορεί να πραγματοποιηθεί με καλώδιο μεταφοράς δεδομένων, ασύρματα μέσω Bluetooth ή WiFi αλλά και μέσω υπερύθρων. Η ύπαρξη ή όχι αισθητήρων, αλλά και αν αυτοί είναι ψηφιακοί ή αναλογικοί αποτελούν ακόμη ένα χαρακτηριστικό των εκπαιδευτικών ρομποτικών πλατφορμών. Υπάρχει η άποψη πως η μη ύπαρξη αισθητήρων σε ένα μηχάνημα του αφαιρεί την ιδιότητα του ρομπότ. Αυτό δεν ισχύει στα εκπαιδευτικά ρομπότ, γιατί το πλήρες σύστημα ελέγχου εμπεριέχει και τον μαθητή, που τροποποιεί τον προγραμματισμό της πλατφόρμας αν χρειαστεί και στην ουσία επεμβαίνει αντί των αισθητήρων. Το είδος προγραμματισμού αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά αλλά και κριτήρια επιλογής της πλατφόρμας καθώς έχει να κάνει με το επίπεδο γνώσεων του χρήστη. Η χρήση εικονιδίων ενσωματωμένων στην πλατφόρμα και η ακολούθηση εντολών που είναι σχεδιασμένες στο πάτωμα με χρωματικό κώδικα αποτελούν μορφές προγραμματισμού. Ο block και text προγραμματισμός επίσης αποτελούν διαδομένους τρόπους προγραμματισμού, όπως είναι η μίμηση και η μηχανική όπου οι μαθητές οργανώνουν τα μηχανικά, τα ηλεκτρικά και τα ηλεκτρονικά μέρη σε διαφορετικές διατάξεις. Η αρχιτεκτονική της ρομποτικής πλατφόρμας αναφέρεται στις στρατηγικές που χρησιμοποιεί για την επίλυση προβλημάτων, την αναπαράσταση γνώσεων, τη λήψη αποφάσεων και εκτέλεση συμπεριφορών αλλά και τον προγραμματισμό και την οργάνωση των δεδομένων. Η αρχιτεκτονική σαν χαρακτηριστικό της πλατφόρμας δύναται να είναι άμεση, δηλαδή ο χρήστης να είναι υπεύθυνος για τους στόχους που έχει το ρομπότ. Δύναται να είναι αντιδραστική, μέσω της απευθείας σύνδεσης της πλατφόρμας με αισθητήρες και ενεργοποιητές. Επίσης, θα μπορούσε η πλατφόρμα να εμπεριέχει τον σχεδιασμό, τον συλλογισμό και ένα μοντέλο του περιβάλλοντος που αλληλεπιδρά ώστε να είναι διαβουλευτική. Έτσι, η πλατφόρμα λαμβάνει δεδομένα από τους αισθητήρες και αποφασίζει πως θα δράσει υπολογίζοντας τους μακροπρόθεσμους και βραχυπρόθεσμους στόχους. Τέλος, υπάρχει και η υβριδική αρχιτεκτονική που αποτελεί ένα συνδυασμό της αντιδραστικής και διαβουλευτικής αρχιτεκτονικής [87].

Ολοκληρώνοντας την ανάλυση των χαρακτηριστικών των εκπαιδευτικών ρομπότ υπάρχουν δύο χαρακτηριστικά που αναφέρονται στην λειτουργικότητα της ρομποτικής πλατφόρμας και στην μορφολογία της. Οι πλατφόρμες διακρίνονται σε αυτές που δεν τροποποιούνται, σε αυτές που επιδέχονται μετατροπών με εξειδικευμένα εξαρτήματα που απευθύνονται σε

αυτές και υπάρχει και μια τρίτη κατηγορία πλατφορμών που τροποποιούνται με εξαρτήματα που επεκτείνουν τις λειτουργίες της και δεν έχουν εφαρμογή μόνο στην συγκεκριμένη πλατφόρμα. Υπάρχει μια ομάδα ρομποτικών πλατφορμών όπου η μορφολογία τους δεν τροποποιείται, όμως υπάρχουν άλλες που μπορούν να μεταμορφωθούν βάσει προσωπικών επιλογών του χρήστη. Τέλος, υπάρχουν πλατφόρμες που ο τρόπος δόμησης θα δημιουργήσει την τελική μορφή του ρομπότ, όπως υπάρχουν και πλατφόρμες που επιβάλλεται η αλλαγή της μορφολογίας τους από τον χρήστη για να τροποποιηθεί η λειτουργία τους [87].

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Η εποχή που διανύουμε κατακλύζεται από τεχνολογικές εξελίξεις σε όλους τους τομείς των επιστημών. Ποτέ δεν υπήρξε μεγαλύτερη ανάγκη για ενίσχυση της εκπαίδευσης STEM απ' ότι τώρα. Οι μαθητές όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης, οι μελλοντικοί επιστήμονες, μηχανικοί και παγκόσμιοι ηγέτες χρειάζονται δεξιότητες που μόνο το STEM μπορεί να προσφέρει. Για να καλλιεργηθούν καλύτερα αυτά τα νεαρά μυαλά, οι εκπαιδευτικοί χρειάζονται δίκαιη πρόσβαση σε πλατφόρμες που θα τους βοηθήσουν σε κάθε σενάριο μάθησης [88]. Το ερώτημα είναι το πώς μπορούν οι χώροι εκπαίδευσης να προσφέρουν προγράμματα αρκετά ευέλικτα ώστε να εξυπηρετούν εκπαιδευτικούς και μαθητές όπου βρίσκονται, χωρίς συμβιβασμούς στην ποιότητα, την ακεραιότητα και την ισότητα. Ευτυχώς, η ρομποτική και οι πλατφόρμες προγραμματισμού βοηθούν τα σχολεία να απαντήσουν σε αυτές και σε άλλες ερωτήσεις με εξαιρετικά προσιτό και προσιτό τρόπο και ανεξάρτητα από το πώς ή πού παρέχεται η εκπαίδευση [88]. Η ποιότητα του προγράμματος STEM είναι υψίστης σημασίας για τους εκπαιδευτικούς. Για να διασφαλιστούν υψηλά επίπεδα ποιότητας προγράμματος STEM, θα πρέπει να είναι βασισμένο σε πρότυπα, το περιεχόμενο της πλατφόρμας θα πρέπει να είναι κατάλληλο για την ηλικία και τις δεξιότητες των χρηστών. Ενσωματωμένοι οδηγοί για τους εκπαιδευτικούς και πλάνο μαθημάτων είναι επιθυμητά καθώς μειώνουν τον χρόνο αναζήτησης εκπαιδευτικού υλικού. Πρέπει να εφαρμόζονται πραγματικές επιστημονικές προκλήσεις που είναι επίκαιρες, σχετικές και υποστηρίζουν τη διεπιστημονική μάθηση. Επίσης, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην οικοδόμηση δεξιοτήτων STEM μαζί με δεξιότητες έτοιμες για το μέλλον όπως η συνεργασία, η επίλυση προβλημάτων, η κριτική σκέψη, ο υπολογισμός και η επικοινωνία [88].

Τα κριτήρια που έχουν επιλεγεί για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων από την περιγραφή των πλατφορμών STEM που θα αναλυθούν στη συνέχεια, είναι εξειδικευμένα, έχουν άμεση συσχέτιση με την εκπαιδευτική διαδικασία και αποτελούν αλληλένδετους κρίκους στην προσπάθεια να βαθμολογηθούν οι εκπαιδευτικές ρομποτικές πλατφόρμες. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι για την αξιολόγηση των πλατφορμών θα γίνει χρήση κλίμακας βαθμολόγησης από το ένα έως το δέκα, θεωρώντας το ένα ως κακή βαθμολόγηση και το δέκα ως άριστη βαθμολόγηση.

Πρώτο κριτήριο που θα χρησιμοποιήσουμε για την αξιολόγηση των ρομποτικών πλατφορμών είναι η εμπορική τιμή του προϊόντος που είναι ένας σημαντικός παράγοντας όπου καθορίζει το πόσο ελκυστικό είναι το προϊόν στον καταναλωτή. Είναι ένα σημαντικό κριτήριο γιατί αν η ρομποτική πλατφόρμα δεν ανταποκρίνεται στις προσδοκίες του χρήστη-

καταναλωτή, θα καταλήξει να μετατραπεί σε μια μη ανταποδοτική επένδυση. Μια εμπορική τιμή η οποία θα κινείται γύρω στα πενήντα ευρώ με ένα καλό πακέτο λειτουργιών θα αποτελούσε ιδανική επιλογή και θα αντιστοιχούσε στην μέγιστη βαθμολογία [19]. Το εύρος εμπορικών τιμών που θα μας απασχολήσει είναι από 40€ έως 550€ καθώς οι ρομποτικές πλατφόρμες που θα περιγράψουμε κινούνται σε αυτό το πεδίο. Βάσει αυτών των δεδομένων, η κλίμακα των εμπορικών τιμών θα διαμορφωθεί όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Εύρος τιμών	Βαθμολογία (Πόντοι)
0€ -49€	10
50€ -99€	9
100€ -149€	8
150€ -199€	7
200€ -249€	6
250€ -299€	5
300€ -349€	4
350€ -399€	3
400€ -449€	2
>450€	1

Πίνακας 1: Αντιστοίχιση βαθμολογίας με την εμπορική τιμή της αξιολογούμενης πλατφόρμας.

Επόμενο κριτήριο αφορά την κατανόηση και τεκμηρίωση της ρομποτικής πλατφόρμας, όπου θα αναφερθούμε στην οργάνωση των πληροφοριών που παρέχονται από την εκάστοτε εταιρία. Θα ελεγχθεί αν η εταιρία κατασκευής του προϊόντος παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες στο χρήστη ώστε να προχωρήσει στην κατασκευή της πλατφόρμας ή στην εγκατάσταση λογισμικού που είναι απαραίτητο για την λειτουργία και τον χειρισμό της πλατφόρμας. Οι παρεχόμενες πληροφορίες μπορεί να εμπεριέχονται στην συσκευασία με την μορφή εγχειριδίου, να μπορούν να εντοπιστούν στην ιστοσελίδα της εταιρίας, ή να υπάρχουν σαν οδηγίες στο λογισμικό που θα διαθέτει η ρομποτική πλατφόρμα [89].

Κριτήριο	Βαθμολογία (Πόντοι)
A. Οδηγός κατασκευής της πλατφόρμας ή εγκατάστασης του λογισμικού εντός συσκευασίας	Πλήρης = 2 Ελλιπής = 1 Δεν εμπεριέχεται = 0
B. Οδηγός κατασκευής της πλατφόρμας ή εγκατάστασης του λογισμικού στην ιστοσελίδα της εταιρίας	Πλήρης = 2 Ελλιπής = 1 Δεν υπάρχει = 0
	Σύνολο Πόντων (A+B)

Πίνακας 2: Αντιστοίχιση βαθμολογίας για οδηγό κατασκευής πλατφόρμας και εγκατάστασης λογισμικού.

Η διαδικασία κατασκευής και ο βαθμός δυσκολίας συναρμολόγησης της ρομποτικής πλατφόρμας αποτελεί το τρίτο κριτήριο που θα μας απασχολήσει, αφού μπορεί να αποτελέσει ανασταλτικό παράγοντα για τον χρήστη εφόσον θεωρεί πως είναι περίπλοκη ή δεν εξηγείται ικανοποιητικά από τα εγχειρίδια που έχει στην διάθεσή του. Μπορεί να απαιτηθεί η βοήθεια ενός ενήλικου ατόμου όπου μπορεί να είναι ο εκπαιδευτικός ή ο γονιός [89]. Η ανθεκτικότητα της ρομποτικής πλατφόρμας στην καταπόνηση που μπορεί να δεχθεί από τους μικρούς σε ηλικία χρήστες είναι κάτι πολύ σημαντικό. Παρά το γεγονός ότι οι πλατφόρμες διαθέτουν ένα ή περισσότερα προγράμματα από τον κατασκευαστή, είναι απαραίτητο για τον χρήστη να του παρέχεται η δυνατότητα να εγκαταστήσει το λογισμικό που θα ελέγχει την πλατφόρμα σε υπολογιστή, tablet ή smartphone [89].

Κριτήριο	Βαθμολογία (Πόντοι)
A. Βαθμός δυσκολίας συναρμολόγησης της κατασκευής	Εύκολο = 2 Μέτριο = 1 Δύσκολο = 0
B. Ανθεκτικότητα της κατασκευής	Υψηλή = 2 Μέτρια = 1 Χαμηλή = 0
Γ. Δυνατότητα εγκατάστασης λογισμικού σε υπολογιστή, tablet ή smartphone	Ναι = 1 Όχι = 0
	Σύνολο Πόντων (A+B+Γ)

Πίνακας 3: Αντιστοίχιση βαθμολογίας για συναρμολόγηση και ανθεκτικότητα της πλατφόρμας και δυνατότητας εγκατάστασης λογισμικού.

Η εξοικείωση με την ρομποτική πλατφόρμα και ο βαθμός δυσκολίας στην εκμάθησή της παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην βαθμολογία, γι' αυτό και αποτελεί το τέταρτο κριτήριο. Αποτελεί αναγκαιότητα για τον χρήστη η άμεση κατανόηση της πλατφόρμας ώστε να ξεκινήσει να πειραματίζεται άμεσα χωρίς να προκύπτουν εμπόδια από το περιβάλλον του ίδιου του προγράμματος. Το προσφερόμενο περιβάλλον προγραμματισμού από τις ρομποτικές πλατφόρμες πρέπει να είναι φιλικό γιατί απευθύνεται κυρίως σε άπειρους χρήστες. Ιδανικό για τα αρχικά επίπεδα κατανόησης είναι η χρήση εικονιδίων, κάτι που παρέχεται στον scratch και block προγραμματισμό [90].

Κριτήριο	Βαθμολογία (Πόντοι)
<p>Βαθμός δυσκολίας εκμάθησης προγραμματισμού της πλατφόρμας (Σε περίπτωση δυνατότητας προγραμματισμού με δύο ή περισσότερους τρόπους λαμβάνουμε υπόψιν την μεγαλύτερη βαθμολογία)</p>	<p>Χρήση ενσωματωμένων εικονιδίων (εύκολο)= 3 Μίμηση κίνησης (εύκολο)= 3 Χρήση χρωματικού κώδικα (μέτριο)= 2 Block/ Scratch προγραμματισμός (μέτριο)= 2 Text προγραμματισμός (δύσκολο)= 1</p>

Πίνακας 4: Αντιστοίχιση βαθμολογίας με κριτήριο το είδος προγραμματισμού της πλατφόρμας.

Ο κυριότερος λόγος απόκτησης μιας ρομποτικής πλατφόρμας είναι η εκμάθηση και εξοικείωση με τις βασικές αρχές που διέπουν τον προγραμματισμό και την ρομποτική. Μέσω της πλατφόρμας STEM ο χρήστης θα πρέπει να κατανοήσει έννοιες όπως τα συμβάντα, τους βρόχους, τις ακολουθίες, τους εξαρτώμενους όρους, τους χειριστές και τα δεδομένα. Ο χρήστης θα πρέπει να αποκτήσει γνώση σε υπολογιστικές πρακτικές όπως η σταδιακή επίλυση της κάθε άσκησης που θα εκτελεί η ρομποτική πλατφόρμα, ο έλεγχος και ο εντοπισμός σφαλμάτων στον κώδικα, η ικανότητα αφαιρετικής σκέψης και διαμόρφωσης του κώδικα. Η παρεχόμενη γνώση και οι ικανότητες που δύναται να αποκτήσει ο χρήστης από την ενασχόληση του με την ρομποτική πλατφόρμα αποτελεί το πέμπτο κριτήριο επιλεξιμότητας [91, 92, 93].

Κριτήριο	Βαθμολογία (Πόντοι)
Πλήθος μεθόδων εκμάθησης προγραμματισμού της πλατφόρμας	Χρήση ενσωματωμένων εικονιδίων = 1 Μίμηση κίνησης = 1 Χρήση χρωματικού κώδικα = 1 Block/ Scratch προγραμματισμός = 1 Text προγραμματισμός = 1
	Σύνολο Πόντων (Προκύπτει από το άθροισμα των διαθέσιμων μεθόδων προγραμματισμού)

Πίνακας 5: Αντιστοίχιση βαθμολογίας με κριτήριο το πλήθος των δυνατοτήτων προγραμματισμού.

Ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια αφορά τον βαθμό που μία πλατφόρμα ρομποτικής μπορεί να συνδράμει στην εξέλιξη των ικανοτήτων και των γνώσεων του χρήστη [92, 93]. Το επίπεδο βελτίωσης των ικανοτήτων του χρήστη αποτελεί το έκτο κριτήριο επιλεξιμότητας και μπορεί να οριοθετηθεί από την ποικιλία των ασκήσεων που μπορεί να εκτελέσει η πλατφόρμα, από τον βαθμό δυσκολίας των ασκήσεων και από την ποικιλία των κατασκευών και μετατροπών που προσφέρει η κάθε πλατφόρμα [92, 93].

Κριτήριο	Βαθμολογία (Πόντοι)
A. Ποικιλία των ασκήσεων που μπορούν να εκτελεστούν	Ευρεία = 3 Μέτρια = 2 Περιορισμένη = 1
B. Βαθμός δυσκολίας ασκήσεων	Μεγάλος = 3 Μέτριος = 2 Χαμηλός = 1
Γ. Ποικιλία κατασκευών και μετατροπών της πλατφόρμας	Μεγάλη = 2 Μικρή = 1 Αδυναμία μετατροπής = 0
	Σύνολο Πόντων (A+B+Γ)

Πίνακας 6: Αντιστοίχιση βαθμολογίας με κριτήριο το εύρος γνώσεων που διατίθεται στους χρήστες.

Συμπληρωματικά αυτών των κριτηρίων, θα προσθέσουμε άλλα δύο τα οποία δεν αποτελούν παράγοντες επηρεασμού της λειτουργίας των ρομποτικών πλατφορμών, αλλά θα έχουν θετική συνεισφορά στην γενικότερη αξιολόγηση. Κάποιες από τις αξιολογούμενες πλατφόρμες ρομποτικής παρέχουν στην ιστοσελίδα της εταιρίας κατασκευής τομείς όπου

οι χρήστες μπορούν να αλληλοεπιδράσουν, να μοιραστούν γνώσεις και απορίες ή να παρουσιάσουν τις δημιουργίες τους. Αυτοί οι τομείς αποτελούν την κοινότητα της ρομποτικής πλατφόρμας [89].

Κριτήριο	Βαθμολογία (Πόντοι)
A. Συνολικός αριθμός χρηστών της κοινότητας (Μέσα κοινωνικής δικτύωσης – κοινότητες των ιστοτόπων των πλατφορμών)	Μικρός 0-1499 = 1 Μέτριος 1500-4999 =2 Υψηλός >5000 =3
B. Συνολικός αριθμός αναρτήσεων από χρήστες (Οπτικοακουστικό υλικό)	Μεγάλος (>251) = 3 Μέτριος (151-250) = 2 Χαμηλός (0-150) = 1
Γ. Αναρτήσεις σε άλλους ιστοτόπους (Pinterest, Twitter, Facebook, Instagram, Youtube, LinkedIn)	Έως τρεις = 1 Έως πέντε = 2 Πάνω από πέντε = 3
	Σύνολο Πόντων (A+B+Γ)

Πίνακας 7: Αντιστοίχιση βαθμολογίας με κριτήριο την αξιολόγηση της κοινότητας της ρομποτικής πλατφόρμας.

Η ευχρηστία της ιστοσελίδας, δηλαδή η ευκολία με την οποία μπορεί να περιηγηθεί ο χρήστης και να αποκτήσει πληροφορίες για την ρομποτική πλατφόρμα που έχει στην διάθεσή του αποτελεί το τελευταίο κριτήριο επιλεξιμότητας που θα εξετάσουμε [89].

Κριτήριο	Βαθμολογία (Πόντοι)
A. Μαθήματα προγραμματισμού	1
B. Εκπαιδευτικό υλικό σε μορφή PDF	1
Γ. Εκπαιδευτικό υλικό σε μορφή βίντεο	1
Δ. Διαδικτυακή κοινότητα/ Ανταλλαγή απόψεων (Blog)	1
	Σύνολο Πόντων (A+B+Γ+Δ)

Πίνακας 8: Αντιστοίχιση βαθμολογίας με κριτήριο την ανάκτηση πληροφοριών από τον ιστότοπο της ρομποτικής πλατφόρμας.

Η τελική βαθμολογία από την αξιολόγηση των ρομποτικών πλατφορμών θα προκύψει από το άθροισμα των πόντων που λαμβάνουν από τα κριτήρια.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ

Edison - Robot V2.0



Εικόνα 7: Η ρομποτική πλατφόρμα Robot V2.0 [94].

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: 40€ +Φ.Π.Α.

Ηλικιακός στόχος: 5+

Χαρακτηριστικά [94]:

- Δύναται να προγραμματιστεί μέσω καλωδίου USB, βύσματος ακουστικού (audio jack), μέσω υπολογιστή ή tablet.
- Διαθέτει αισθητήρα ήχου.
- Διαθέτει αισθητήρα φωτός.
- Διαθέτει αισθητήρα ακολούθησης γραμμικής πορείας.
- Διαθέτει κουμπιά ελέγχου ενσωματωμένα στην πλατφόρμα.
- LED φωτισμός.
- Εγκοπές συμβατές με LEGO® Kit.

Περιγραφή:

Το Robot V2.0 αποτελεί μια πλατφόρμα εκμάθησης STEM η οποία δίνει τη δυνατότητα σε παιδιά από πέντε ετών και άνω, να κάνουν τα πρώτα τους βήματα στο προγραμματισμό ρομποτικών πλατφορμών εύκολα και διασκεδαστικά. Το Robot V2.0 έχει πολλές δυνατότητες, καθώς σαν πλατφόρμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από μόνη της σαν ατομική πλατφόρμα ή υπάρχει η δυνατότητα να συνδυαστεί με άλλη μια πλατφόρμα Robot V2.0, έχοντας σαν αποτέλεσμα την δημιουργία περίπλοκων κατασκευών. Υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί άμεσα, αφού συνοδεύεται από ένα τηλεχειριστήριο και είναι ήδη προγραμματισμένη με κάποιες βασικές ρουτίνες, οι οποίες θα αναφερθούν στη συνέχεια. Ο χρήστης έχει την επιλογή να κάνει χρήση του block programming ή αλλιώς EdBlocks, όπως το ονομάζει η εταιρία, για να αρχίσει να πειραματίζεται στην δημιουργία των δικών του προγραμμάτων. Σε μεγαλύτερες

ηλικίες μπορεί ο χρήστης με την χρήση των EdBlocks ή ακόμη και με την χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Python, να δημιουργήσει περίπλοκα προγράμματα [94, 95, 96].



Εικόνα 8: Εναλλακτικές κατασκευές με το Robot V2.0 [94].

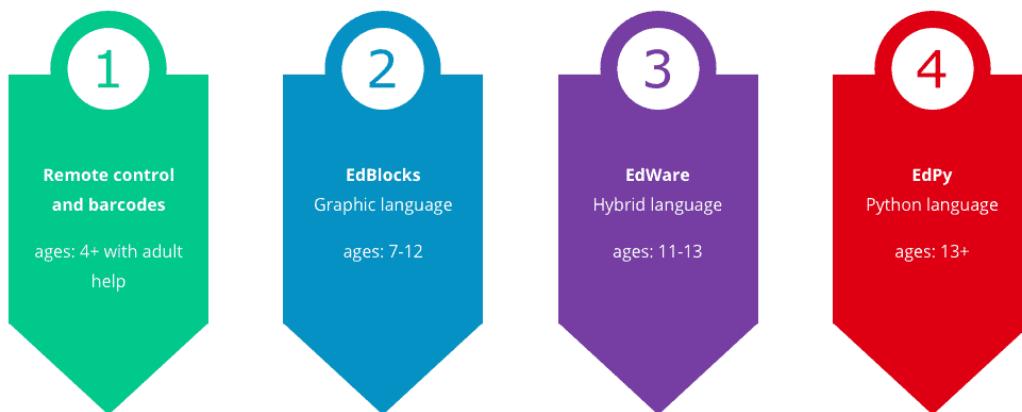
Δυνατότητες:

Εφαρμογή/APP

Η πλατφόρμα Robot V2.0 μπορεί να συνδεθεί μέσω headphone jack (βύσμα ακουστικών) ή μέσω θύρας USB με υπολογιστή ή tablet πολύ εύκολα. Ωστόσο, δεν υπάρχει κάποια εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα μέσω της οποίας να μπορούν να περαστούν τα προγράμματα των χρηστών στην πλατφόρμα. Επιπλέον, η πλατφόρμα δεν έχει την δυνατότητα επικοινωνίας μέσω Bluetooth [94].

Βασικές Λειτουργίες

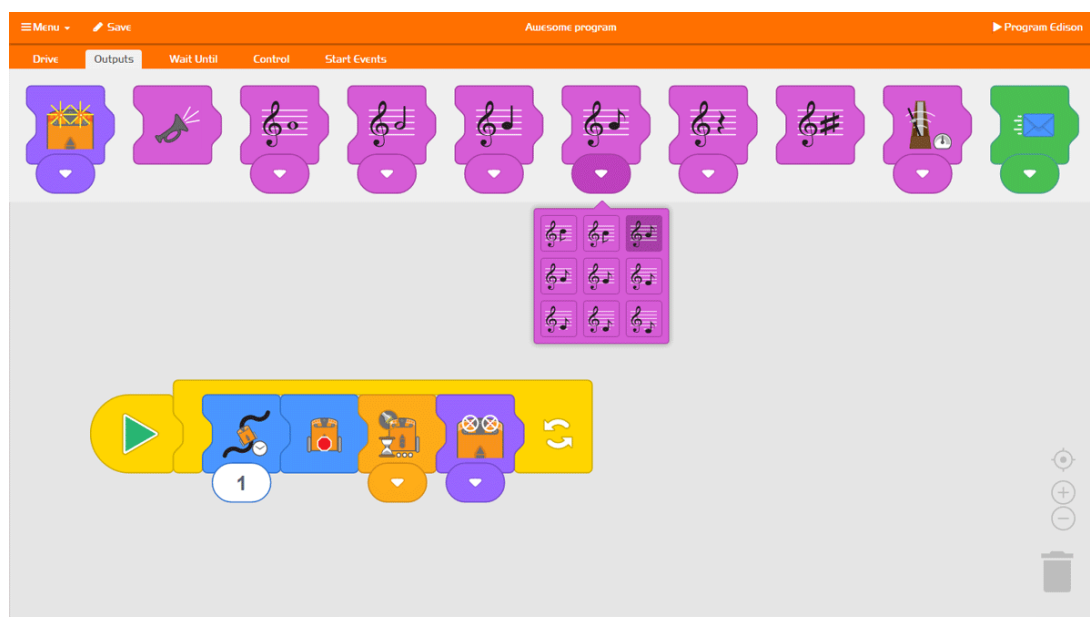
Ένα επιπρόσθετο θετικό της πλατφόρμας, είναι ότι μπορεί να συνδυαστεί με δομικά υλικά LEGO®, δίνοντας με αυτό τον τρόπο ένα επιπλέον κίνητρο στα παιδιά να αφιερώσουν περισσότερο χρόνο παίζοντας και κατασκευάζοντας την δική τους μοναδική πλατφόρμα. Η πλατφόρμα Robot V2.0 διαθέτει μεγάλη ποικιλία απλών προγραμμάτων που δίνουν την δυνατότητα στους χρήστες να ξεκινήσουν να προγραμματίζουν και να παίζουν, χωρίς να απαιτείται πολύς χρόνος στην εξοικείωση με το προγραμματιστικό περιβάλλον της πλατφόρμας [96]. Υπάρχουν συνολικά τέσσερα επίπεδα με δραστηριότητες τα οποία χωρίζονται με ηλικιακό κριτήριο.



Εικόνα 9: Τα επίπεδα προγραμματισμού του Robot V2.0 [96].

Στο πρώτο επίπεδο η πλατφόρμα Robot V2.0 μπορεί να προγραμματιστεί έτσι ώστε να εκτελεί κάποιες απλές ρουτίνες (προγράμματα) χρησιμοποιώντας Barcodes για τον προγραμματισμό. Μερικά παραδείγματα είναι: να ακολουθεί το φως μιας φωτεινής πηγής (π.χ. φακός), να ακολουθεί μια μαύρη γραμμή, να κινείται όταν κτυπά κάποιος παλαμάκια και να αποφεύγει εμπόδια. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα να προγραμματιστεί ώστε να λειτουργεί σαν τηλεκατευθυνόμενο, με την χρήση ενός τηλεκοντρόλ από οποιαδήποτε τηλεόραση [94, 95, 96].

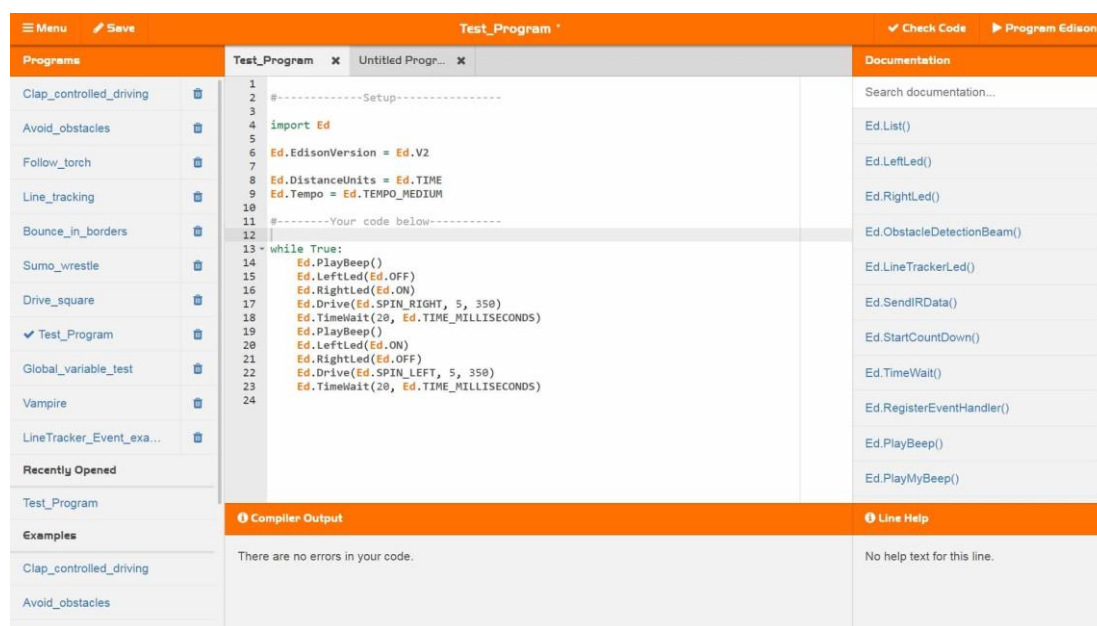
Στο δεύτερο επίπεδο η πλατφόρμα Robot V2.0 έχει την δυνατότητα να προγραμματιστεί με τη βοήθεια του EdBlocks. Διατίθεται η δυνατότητα δημιουργίας προκλήσεων, όπως λαβύρινθοι και διαδρομές με εμπόδια, με σκοπό το ρομπότ να φτάσει στο τέρμα της διαδρομής. Στην παρακάτω εικόνα, δίνεται ένα παράδειγμα το πώς γίνεται ο προγραμματισμός σε περιβάλλον EdBlocks [94, 95, 96].



Εικόνα 10: Περιβάλλον προγραμματισμού EdBlocks [94].

Στο τρίτο επίπεδο η πλατφόρμα Robot V2.0 μπορεί να προγραμματιστεί με την χρήση του EdWare. Το EdWare είναι παρόμοιο με το EdBlocks. Γίνεται χρήση block εντολών για την δημιουργία προγράμματος, αλλά υπάρχουν πιο περίπλοκες εντολές και μεγαλύτερη ποικιλία αυτών έτσι ώστε να δημιουργηθούν πιο σύνθετες ρουτίνες [94, 95, 96].

Στο τέταρτο επίπεδο ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να προγραμματίσει κάνοντας χρήση της γλώσσας προγραμματισμού EdPy. Η EdPy βασίζεται κατά κύριο λόγο στη γλώσσα προγραμματισμού Python. Το τέταρτο επίπεδο δίνει την δυνατότητα στα παιδιά από την ηλικία των δεκατριών ετών να ξεκινήσουν να μαθαίνουν και να εξασκούνται σε μια δημοφιλή γλώσσα προγραμματισμού η οποία θα γίνει η βάση για την ανάπτυξη μελετών και έρευνας στο κόσμο του προγραμματισμού και της ρομποτικής [94, 95, 96].



Εικόνα 11: Περιβάλλον προγραμματισμού EdPy [94].

Συμπέρασμα:

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η πλατφόρμα Robot V2.0 έχει μεγάλη ποικιλία εφαρμογών και δίνει στο χρήστη μεγάλη ευελιξία σαν αποτέλεσμα. Τα τέσσερα επίπεδα που δραστηριοποιείται έχουν μεγάλη απήχηση τόσο στους άπειρους όσο και στους έμπειρους χρήστες. Το μεγάλο πλεονέκτημα της πλατφόρμας Edison είναι ότι από την στιγμή που ο χρήστης αποφασίσει να ασχοληθεί με το κομμάτι της ρομποτικής ή του προγραμματισμού, η δυνατότητα προγραμματισμού σε περιβάλλον Python κάνει την πλατφόρμα μια πολύ δελεαστική επιλογή. Τέλος, το χαμηλό κόστος αγοράς την κάνει προσιτή στους καταναλωτές.

Αξιολόγηση:

Χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που έχουμε θέσει, η πλατφόρμα Robot V2.0 βαθμολογείται ως:

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: Η τιμή της πλατφόρμας είναι εξαιρετικά καλή στηριζόμενοι στα βασικά κριτήρια [95].

Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών: Όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για την κατασκευή της πλατφόρμας είναι γραμμένες στο εσωτερικό μέρος της συσκευασίας. Όλα τα

εγχειρίδια για τον προγραμματισμό και την λειτουργία της πλατφόρμας Robot V2.0 βρίσκονται στην ιστοσελίδα της εταιρίας και όχι στην συσκευασία [94, 96].

Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας: Η κατασκευή του Robot V2.0 είναι πολύ εύκολη και το ίδιο το ρομπότ είναι πολύ ανθεκτικό. Η εγκατάσταση και ο προγραμματισμός της πλατφόρμας γίνονται με απλά βήματα με την βοήθεια των online εγχειριδίων. Χρειάζεται η χρήση καλωδίου για να συνδεθεί η πλατφόρμα με τον υπολογιστή [95].

Εκμάθηση της πλατφόρμας: Η πλατφόρμα Robot V2.0 κάνει χρήση block και scratch προγραμματισμού, δύο από τις καλύτερες γλώσσες εκμάθησης και εξοικείωσης για έναν αρχάριο ώστε να προγραμματίσει την πλατφόρμα [94].

Γνώση/Ικανότητες: Όπως αναφέρθηκε το περιβάλλον προγραμματισμού της πλατφόρμας Robot V2.0 περιλαμβάνει σε αρχικό στάδιο τον block και scratch προγραμματισμό. Δεν περιορίζεται όμως μόνο εκεί καθώς δίνει την δυνατότητα προγραμματισμού σε περιβάλλον Python [94].

Επίπεδα ικανότητας: Στην ιστοσελίδα της εταιρίας, υπάρχουν πολλές ρουτίνες και δραστηριότητες με τις οποίες ο χρήστης μπορεί να εξελίξει τις ικανότητες και να εμπλουτίσει τις γνώσεις του στο πεδίο της ρομποτικής. Το αρνητικό είναι πως για την ανάπτυξη αυτών των δραστηριοτήτων απαιτείται η χρήση δύο πλατφορμών Robot V2.0, που συνεπάγεται αύξηση του κόστους. Ο αριθμός δραστηριοτήτων για μια μόνο πλατφόρμα είναι αρκετά περιορισμένος [94].

Κοινότητα της πλατφόρμας: Υπάρχουν αρκετά βίντεο κυρίως στο Youtube, όμως είναι υλικό το οποίο υπάρχει ήδη στην ιστοσελίδα της εταιρίας.

Ευχρηστία της ιστοσελίδας: Η σελίδα της εταιρίας είναι οργανωμένη και παρέχει το υλικό στον χρήστη γρήγορα και με ευκολία.

Κριτήρια Αξιολόγησης Πλατφόρμας	Βαθμολογία (Πόντοι)
Εμπορική τιμή πλατφόρμας:	10
Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών:	3
Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας:	5
Εκμάθηση της πλατφόρμας:	2
Γνώση/Ικανότητες:	2
Επίπεδα ικανότητας:	5
Συνολική Βαθμολογία:	27
Επιπλέον Πόντοι	
Κοινότητα της πλατφόρμας:	6
Ευχρηστία της ιστοσελίδας:	4

Πίνακας 9: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Robot V2.0.

Robotical - Marty the Robot V2



Εικόνα 12: Η ρομποτική πλατφόρμα Marty the Robot V2 [97].

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: 370€ +Φ.Π.Α.

Ηλικιακός στόχος: 5+

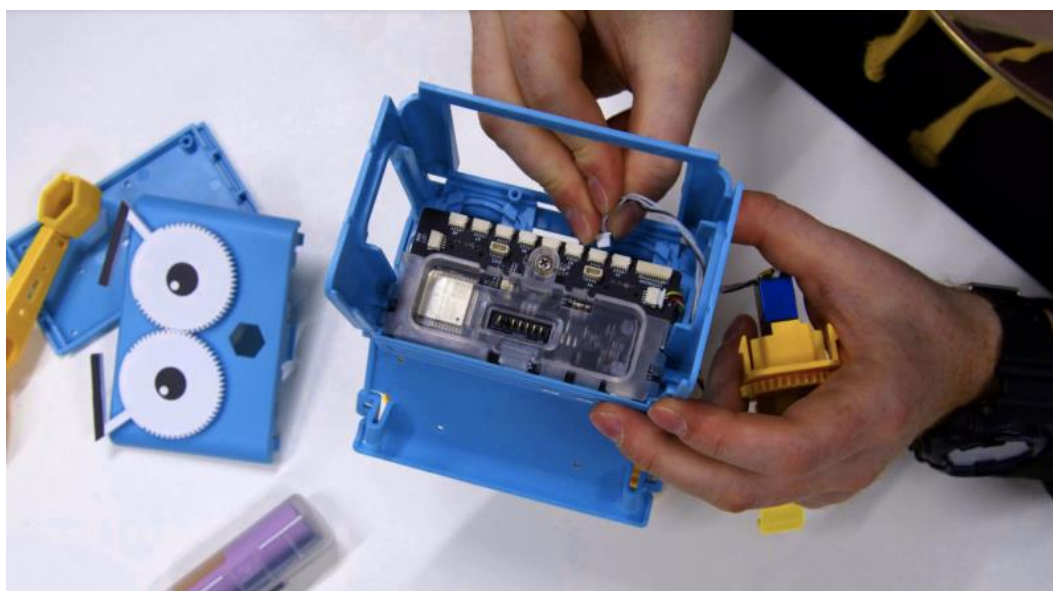
Χαρακτηριστικά [98]:

- Συνδεσιμότητα μέσω Bluetooth, WiFi.
- Θύρα σύνδεσης USB.
- Εννέα ανεξάρτητα ελεγχόμενοι, έξυπνοι σερβοκινητήρες με μεταλλικό γρανάζι.
- Αισθητήρες θέσης κινητήρα.
- Αισθητήρας επιτάχυνσης & κλίσης.
- Αισθητήρας εγγύτητας.
- Αισθητήρας αναγνώρισης χρώματος.
- Προγραμματιζόμενο με Scratch Jr, Scratch, Python και Javascript.
- Δύναται να προστεθεί υπολογιστής Raspberry Pi και να προγραμματιστεί με το ROS(Robot Operating System).

Περιγραφή:

Το 2016, η Robotical με έδρα το Εδιμβούργο παρουσίασε τη ρομποτική πλατφόρμα της, Marty the Robot. Με επιτυχή χρηματοδότηση μέσω μιας καμπάνιας Crowdfunding, το ρομπότ έχει πλέον ενημερωθεί στην έκδοση V2 [99]. Η ρομποτική πλατφόρμα Marty the Robot V2 είναι ένα μικρό ρομπότ με δύο πόδια που κάνει χρήση εννέα διαφορετικών σερβοκινητήρων για να κινείται. Έχει την ικανότητα να πραγματοποιεί ένα ευρύ φάσμα μικρών κινήσεων, συμπεριλαμβανομένου της βάδισης και προς τις δύο κατευθύνσεις, της περιστροφής, του πλάγιου βηματισμού και του κουνήματος των ματιών του. Όλη αυτή η

κίνηση ελέγχεται από ένα προσαρμοσμένο RIC (Robot Interface Controller) που βασίζεται σε έναν μικροελεγκτή ESP32. Διαθέτει ενσωματωμένο Bluetooth, ασύρματο LAN, επιταχυνσιόμετρο και ηχείο. Η πλατφόρμα τροφοδοτείται από μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία με ενσωματωμένο φορτιστή USB-C [100]. Η ρομποτική πλατφόρμα Marty the Robot V2 είναι ένα πλήρως προγραμματιζόμενο, με δυνατότητα σύνδεσης με WiFi, κινούμενο ρομπότ για παιδιά, δημιουργούς και εκπαιδευτικούς και για όποιον απλώς θέλει ένα πολύ ρεαλιστικό - coding ρομπότ. Ο Marty κάνει τη μάθηση του προγραμματισμού, των ηλεκτρονικών συστημάτων και της μηχανικής, μια διαδικασία που οξύνει το νου και διασκεδάζει συγχρόνως. Είναι σχεδιασμένος να είναι προσαρμόσιμος με τρισδιάστατα εκτυπωμένα κομμάτια (3D Printing) και είναι επίσης πλήρως αναβαθμίσιμος. Η πλατφόρμα είναι ακόμα συμβατή με μητρικές κάρτες υπολογιστών όπως η Raspberry Pi. Το πακέτο περιλαμβάνει όλα όσα χρειάζονται για να συναρμολογηθεί η πλατφόρμα. Υπάρχει η δυνατότητα τηλεκατευθυνόμενου ελέγχου μέσω WiFi ή προγραμματισμός μέσω εφαρμογών όπως είναι τα Scratch Jr, Python και ROS [101].



Εικόνα 13: Διαδικασία συναρμολόγησης της ρομποτικής πλατφόρμας [100].

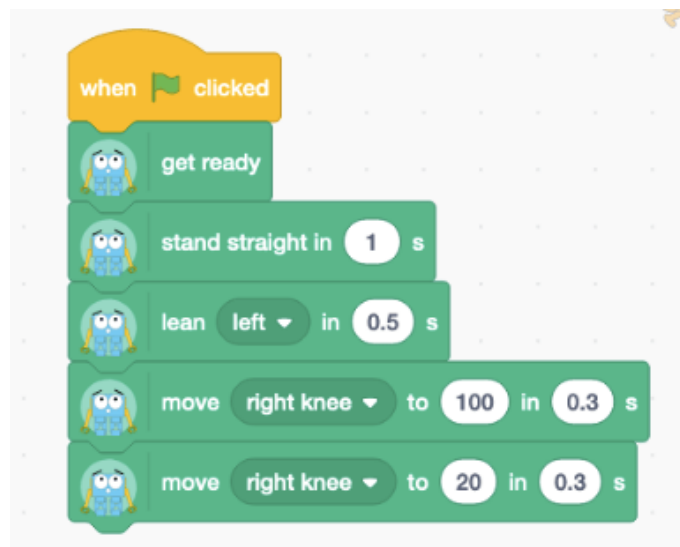
Δυνατότητες:

Εφαρμογή/APP

Η ρομποτική πλατφόρμα δύναται να χρησιμοποιηθεί χωρίς τον κλασικό προγραμματισμό. Μια απλή λειτουργία που εκτελεί η πλατφόρμα είναι να αρχίσει να χορεύει. Αυτό είναι εφικτό μέσω της λήψης της δωρεάν εφαρμογής στην Apple iOS ή Android OS συσκευή σας. Η εγκατάσταση γίνεται μέσω της ενεργοποίησης του Bluetooth στην έξυπνη συσκευή σας και την τοποθέτηση του διακόπτη στη θέση ενεργοποίησης που βρίσκεται στην πλάτη του Marty the Robot V2. Η ρομποτική εφαρμογή θα πρέπει να εντοπίσει το ρομπότ και να συνδεθεί. Παρέχεται μια λίστα με εντολές όπως είναι το περπάτημα, ο χορός και η κλωτσιά όπου δεν απαιτείται ο προγραμματισμός για να εκτελεστούν [102].

Βασικές Λειτουργίες

Η ρομποτική πλατφόρμα μπορεί να ελεγχθεί με ένα τηλεχειριστήριο από smartphone ή tablet. Η εφαρμογή για την πλατφόρμα Marty the Robot V2 μπορεί να ληφθεί σε οποιοδήποτε smartphone ή tablet με Bluetooth 4.2 ή νεότερη έκδοση, με Android OS ή Apple iOS. Απαραίτητη είναι η ενεργοποίηση του Bluetooth και να επιτραπούν στις άδειες τοποθεσίας να συνδεθούν με την πλατφόρμα. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία εκκινεί η πλατφόρμα κάνοντας βαθμονόμηση των ματιών, των χεριών και των ποδιών, συγχρονίζεται και συνδέεται με το WiFi ή το Bluetooth. Η χρήση του τηλεχειριστηρίου είναι μια δραστηριότητα ιδανική για να εκτελεστούν κάποιες από τις βασικές λειτουργίες του ρομπότ. Υπάρχουν πολλές επιλογές προγραμματισμού της πλατφόρμας καλύπτοντας όλο το εύρος των χρηστών, από αρχάριους έως προχωρημένους. Η κωδικοποίηση χωρίς την χρήση οθόνης είναι ιδανική για αρχάριους χρήστες παρέχοντας μια εξαιρετική εισαγωγή στην κωδικοποίηση και τις εντολές αλληλουχίας. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση έγχρωμων καρτών μεγέθους A5 που χρησιμοποιούνται όταν η ρομποτική πλατφόρμα βρίσκεται σε λειτουργία "Screen free mode". Μέσω της εφαρμογής, η αλλαγή από το Scratch Jr σε Scratch 3 γίνεται με δύο κλικ. Οι χρήστες δύναται να κωδικοποιήσουν την πλατφόρμα με το Scratch Jr. Είναι αρκετά βασικό και είναι άριστη επιλογή για αρχάριους [102].



Εικόνα 14: Παράδειγμα Scratch προγραμματισμού [99].

Ο Scratch προγραμματισμός είναι ιδανικός για χρήστες που γνωρίζουν ανάγνωση. Ξεκινώντας από την ηλικία των 8 ετών μπορούν να ανακαλύψουν τις δυνατότητες του block προγραμματισμού μέσω του Scratch 3, δημιουργώντας προγράμματα στον υπολογιστή ή μέσω της εφαρμογής στο tablet ή το smartphone [102].

Συμπέρασμα:

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η πλατφόρμα Marty the Robot V2 έχει μεγάλη ποικιλία εφαρμογών και δίνει στο χρήστη μεγάλη ευελιξία. Είναι εύκολη στη χρήση στην πρώτη περίπτωση όπου μπορεί να λειτουργήσει απευθείας από την εφαρμογή μέσω tablet ή smartphone και απλώς να μετακινηθεί με τη χρήση του τηλεχειριστηρίου που παρέχεται στην εφαρμογή. Παρέχεται αυτή η δυνατότητα πριν ο χρήστης εισέλθει στον πιο περίπλοκο

προγραμματισμό που βασίζεται στη γλώσσα Scratch. Η πλατφόρμα είναι υψηλής αντοχής στην καταπόνηση που μπορεί να υποστεί από την επαναλαμβανόμενη χρήση. Η βαθμονόμηση της πλατφόρμας γίνεται εύκολα, χρησιμοποιώντας την εφαρμογή. Οι σερβοκινητήρες αποτελούνται από μεταλλικά γρανάζια, επομένως η κίνηση του ρομπότ είναι ομαλή και αυτοί οι κινητήρες θα έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους αντίστοιχους πλαστικούς [99]. Στα θετικά στοιχεία συγκαταλέγεται η δυνατότητα προγραμματισμού σε πολλές γλώσσες διαφορετικής διαβάθμισης, όμως ο προγραμματισμός σε ανώτερο επίπεδο επιτυγχάνεται μόνο μετά από την απόκτηση επιπλέον εξοπλισμού [100, 102]. Η τιμή του Marty the Robot v2 είναι στα 370€ όπου αρχικά φαίνεται αρκετά υψηλή, όμως περιλαμβάνεται και η τεχνική υποστήριξη καθώς και το εκπαιδευτικό υπόβαθρο που παρέχεται από την εταιρία όπου είναι σε εξαιρετικό επίπεδο [99].

Αξιολόγηση:

Χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που έχουμε θέσει, η πλατφόρμα Marty the Robot V2 βαθμολογείται ως [99, 100, 102]:

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: Η τιμή της πλατφόρμας είναι αρκετά υψηλή, αλλά η αναλογία είναι ένα ρομπότ για τρεις χρήστες.

Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών: Όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για την συναρμολόγηση της πλατφόρμας είναι γραμμένες στο εσωτερικό μέρος της συσκευασίας. Όλα τα εγχειρίδια για τον προγραμματισμό και την λειτουργία της πλατφόρμας Marty the Robot V2 βρίσκονται στην ιστοσελίδα της εταιρίας και κάποια στην συσκευασία.

Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας: Η κατασκευή του Marty the Robot V2 έχει ένα βαθμό δυσκολίας και απαιτείται η επίβλεψη από ενήλικο, αν και υπάρχει η δυνατότητα να το παραγγείλεις έτοιμο συναρμολογημένο. Το ίδιο το ρομπότ αποτελείται από 3D εκτυπωμένα και ανθεκτικά υλικά. Η εγκατάσταση και ο προγραμματισμός της πλατφόρμας γίνονται με απλά βήματα με την βοήθεια των online εγχειριδίων. Δεν είναι απαραίτητη η χρήση καλωδίου για να συνδεθεί η πλατφόρμα με τον υπολογιστή.

Εκμάθηση της πλατφόρμας: Η πλατφόρμα Marty the Robot V2 κάνει χρήση block και scratch προγραμματισμού, δύο από τις καλύτερες γλώσσες εκμάθησης και εξοικείωσης για έναν αρχάριο ώστε να προγραμματίσει την πλατφόρμα. Υπάρχει και η δυνατότητα προγραμματισμού με Python.

Γνώση/Ικανότητες: Όπως αναφέρθηκε το περιβάλλον προγραμματισμού της πλατφόρμας Marty the Robot V2 περιλαμβάνει σε αρχικό στάδιο τον block και scratch προγραμματισμό. Δεν περιορίζεται όμως μόνο εκεί καθώς δίνει την δυνατότητα προγραμματισμού σε περιβάλλον Python, C++ και άλλες γλώσσες αν συνδεθεί με Raspberry Pi.

Επίπεδα ικανότητας: Στην ιστοσελίδα της εταιρίας, υπάρχουν πολλές ρουτίνες και δραστηριότητες με τις οποίες ο χρήστης μπορεί να εξελίξει τις ικανότητες και να εμπλουτίσει τις γνώσεις του στο πεδίο της ρομποτικής. Βέβαια πολλές από τις εφαρμογές απαιτούν την χρήση υλικών που δεν περιλαμβάνονται στην αρχική συσκευασία, με αποτέλεσμα να ανεβαίνει το κόστος της πλατφόρμας.

Κοινότητα της πλατφόρμας: Υπάρχουν αρκετά βίντεο κυρίως στο Youtube, όμως υπάρχει υλικό το οποίο είναι στην ιστοσελίδα της εταιρίας.

Ευχρηστία της ιστοσελίδας: Η σελίδα της εταιρίας είναι οργανωμένη και παρέχει το υλικό στον χρήστη γρήγορα και με ευκολία.

Κριτήρια Αξιολόγησης Πλατφόρμας	Βαθμολογία (Πόντοι)
Εμπορική τιμή πλατφόρμας:	3
Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών:	3
Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας:	3
Εκμάθηση της πλατφόρμας:	2
Γνώση/Ικανότητες:	2
Επίπεδα ικανότητας:	5
Συνολική Βαθμολογία:	18
Επιπλέον Πόντοι	
Κοινότητα της πλατφόρμας:	6
Ευχρηστία της ιστοσελίδας:	4

Πίνακας 10: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Marty the Robot V2.



Εικόνα 15: Η ρομποτική πλατφόρμα BeeBot [103].

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: 80€ +Φ.Π.Α.

Ηλικιακός στόχος: 4+

Χαρακτηριστικά [103, 104]:

- Συμπαγής κατασκευή και μικρό μέγεθος.
- Μεγάλα κουμπιά πλοήγησης της πλατφόρμας.
- Δυνατότητα αποθήκευσης στην μνήμη έως και 40 βημάτων.
- Εύκολη δυνατότητα προγραμματισμού.
- Παραγωγή ηχητικών σημάτων και αναβόσβημα των ματιών της για επιβεβαίωση καταχώρησης των εντολών.
- Διαθέτει μεγάλο εύρος σεναρίων για την κίνηση της πλατφόρμας.
- Εκτέλεση κίνησης 15 εκατοστών σε κάθε βήμα και αλλαγή πορείας κατά 90° με ακρίβεια.

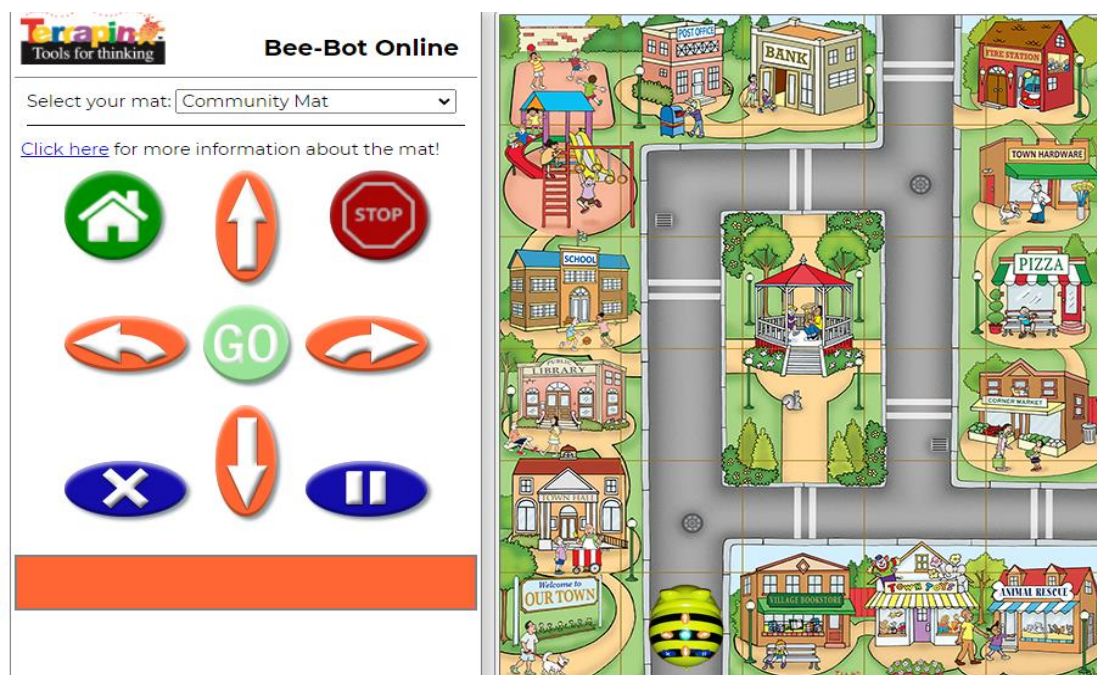
Περιγραφή:

Η πλατφόρμα BeeBot, ή αλλιώς «έξυπνη μέλισσα», είναι ένα προγραμματιζόμενο ρομπότ δαπέδου, το οποίο είναι σχεδιασμένο ώστε να χρησιμοποιείται τόσο από παιδιά προσχολικής ηλικίας όσο και από παιδιά που φοιτούν στις πρώτες τάξεις της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η πλατφόρμα μπορεί να προγραμματιστεί από τα πλήκτρα που βρίσκονται πάνω της. Η πλατφόρμα BeeBot δύναται να κινηθεί προς τα εμπρός ή προς τα πίσω, καθώς να στρίψει και δεξιά ή αριστερά. Η πλατφόρμα BeeBot αποτελεί ένα κομβικό σημείο έναρξης για το παιδί ώστε να ξεκινήσει η ενασχόλησή του με τον προγραμματισμό, τον έλεγχο και την κατεύθυνση, όπου αυτό οφείλεται στον απλό και φιλικό σχεδιασμό της πλατφόρμας [103, 104].

Δυνατότητες:

Εφαρμογή/ APP

Η πλατφόρμα BeeBot δεν χρησιμοποιεί κάποια εφαρμογή OS. Αυτό είναι λογικό καθώς όλες οι κινήσεις της γίνονται μέσω των πλήκτρων που βρίσκονται πάνω στην πλατφόρμα και δεν είναι απαραίτητη η σύνδεση με κάποια συσκευή (smartphone, tablet, PC). Ωστόσο υπάρχει μια εφαρμογή που προσομοιώνει την κίνηση του BeeBot και δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να εξασκηθεί χωρίς να είναι απαραίτητη η παρουσία της πλατφόρμας.



Εικόνα 16: Περιβάλλον προσομοίωσης του BeeBot [105].

Βασικές λειτουργίες

Η πλατφόρμα BeeBot έχει κατασκευαστεί ειδικά για χρήση από παιδιά προσχολικής ηλικίας ή και μαθητές των πρώτων τάξεων του δημοτικού σχολείου. Ο προγραμματισμός του γίνεται μέσω των πλήκτρων που βρίσκονται πάνω στην πλατφόρμα και μπορεί να κινηθεί με ακρίβεια στο χώρο. Δύναται να κινηθεί επάνω σε λείες και με μικρή κλίση επιφάνειες καθώς επίσης και σε διάφορα είδη επιφάνειας όπως είναι το χαρτί, το τσιμέντο, τα πλακάκια, το μάρμαρο, το ξύλο, το πλαστικό, το χαλί και ο μουσαμάς [103, 104]. Η πλατφόρμα BeeBot δεν χρειάζεται περιφερειακά βοηθήματα, αλλά για να αξιοποιηθούν οι δυνατότητες της πλατφόρμας στο μέγιστο από τον χρήστη, θα πρέπει να κατασκευάσει μια πίστα, να αγοράσει μια από τις έτοιμες διαδρομές που διαθέτει η εταιρία, ή να «κατεβάσει» και να εκτυπώσει μια από τις πίστες κλιμακούμενης δυσκολίας που υπάρχουν στην ιστοσελίδα της εταιρίας και στις άλλες συνεργαζόμενες ιστοσελίδες. Αυτός είναι ένας τρόπος που βοηθά τα παιδιά να αναπτύξουν και να εξασκήσουν την αναλυτική τους σκέψη ώστε να προχωρούν στην επίλυση πιο δύσκολων και περίπλοκων προβλημάτων.



Εικόνα 17: Πρότυπο πίστας για την πλατφόρμα BeeBot [105].

Συμπέρασμα:

Η πλατφόρμα BeeBot απευθύνεται σε παιδιά προσχολικής και πρώιμης σχολικής ηλικίας και στόχος της είναι να τα βοηθήσει να αναπτύξουν και να εξασκήσουν την αναλυτική σκέψη, την ικανότητα να λύνουν προβλήματα και την ενδυνάμωση της μνήμης τους [106]. Είναι ιδιαίτερα εύχρηστο, χωρίς να απαιτείται περαιτέρω χειρισμός από τον γονιό ή εκπαιδευτικό. Ο σχεδιασμός του είναι τέτοιος που προσελκύει το ενδιαφέρον των παιδιών. Το μοναδικό πράγμα που περιορίζει την πλατφόρμα BeeBot είναι η αδυναμία σύνδεσης με ηλεκτρονικό υπολογιστή ώστε ο χρήστης να μπορέσει να πειραματιστεί περαιτέρω. Τελικά, η πλατφόρμα BeeBot είναι μια άριστη επιλογή για την εισαγωγή του παιδιού στον προγραμματισμό και στην ρομποτική [106].

Αξιολόγηση:

Χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που έχουμε θέσει, η πλατφόρμα BeeBot βαθμολογείται ως:

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: Η τιμή είναι λίγο ανεβασμένη στα 78€.

Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών: Αν και η πλατφόρμα είναι πολύ απλή στη χρήση της, η έλλειψη πληροφοριών στην ιστοσελίδα της εταιρίας αποτελεί αποθαρρυντικό παράγοντα για κάποιους χρήστες που δεν είναι εξοικειωμένοι με την πλατφόρμα [103, 104].

Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας: Η πλατφόρμα BeeBot έρχεται συναρμολογημένη από την εταιρία κατασκευής και είναι ιδιαίτερα ανθεκτική και με καλή ποιότητα κατασκευής [103, 104].

Εκμάθηση της πλατφόρμας: Η εκμάθηση της πλατφόρμας BeeBot είναι απλή αφού περιορίζεται στα ευανάγνωστα πλήκτρα που βρίσκονται επάνω σε αυτή.

Γνώση/Ικανότητες: Ο στόχος της πλατφόρμας είναι να δημιουργήσει τα κατάλληλα ερεθίσματα στο παιδί ώστε μέσω της απλότητας στο χειρισμό και την ευκολία στην εκμάθηση να το εισάγει στην έννοια του προγραμματισμού και της αναλυτικής σκέψης [103, 104].

Επίπεδα ικανότητας: Η πλατφόρμα BeeBot δεν προσφέρεται για μεγαλύτερο βαθμό εξοικείωσης σε πιο περίπλοκα περιβάλλοντα ή γλώσσες προγραμματισμού με αποτέλεσμα να περιορίζει την χρήση της. Ο κύριος στόχος της είναι να εντάξει τον χρήστη στον χώρο του STEM.

Κοινότητα της πλατφόρμας: Η κοινότητα που ασχολείται με την πλατφόρμα είναι μικρή. Παράγει καινούργιο υλικό αλλά είναι περιορισμένο.

Ευχρηστία της ιστοσελίδας: Η ιστοσελίδα της εταιρίας έχει περιορισμένο υλικό και πληροφορίες.

Κριτήρια Αξιολόγησης Πλατφόρμας	Βαθμολογία
Εμπορική τιμή πλατφόρμας:	9
Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών:	2
Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας:	4
Εκμάθηση της πλατφόρμας:	3
Γνώση/Ικανότητες:	1
Επίπεδα ικανότητας:	2
Συνολική Βαθμολογία:	21
Επιπλέον Πόντοι	
Κοινότητα της πλατφόρμας:	4
Ευχρηστία της ιστοσελίδας:	3

Πίνακας 11: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα BeeBot.

MakeBlock - mBot



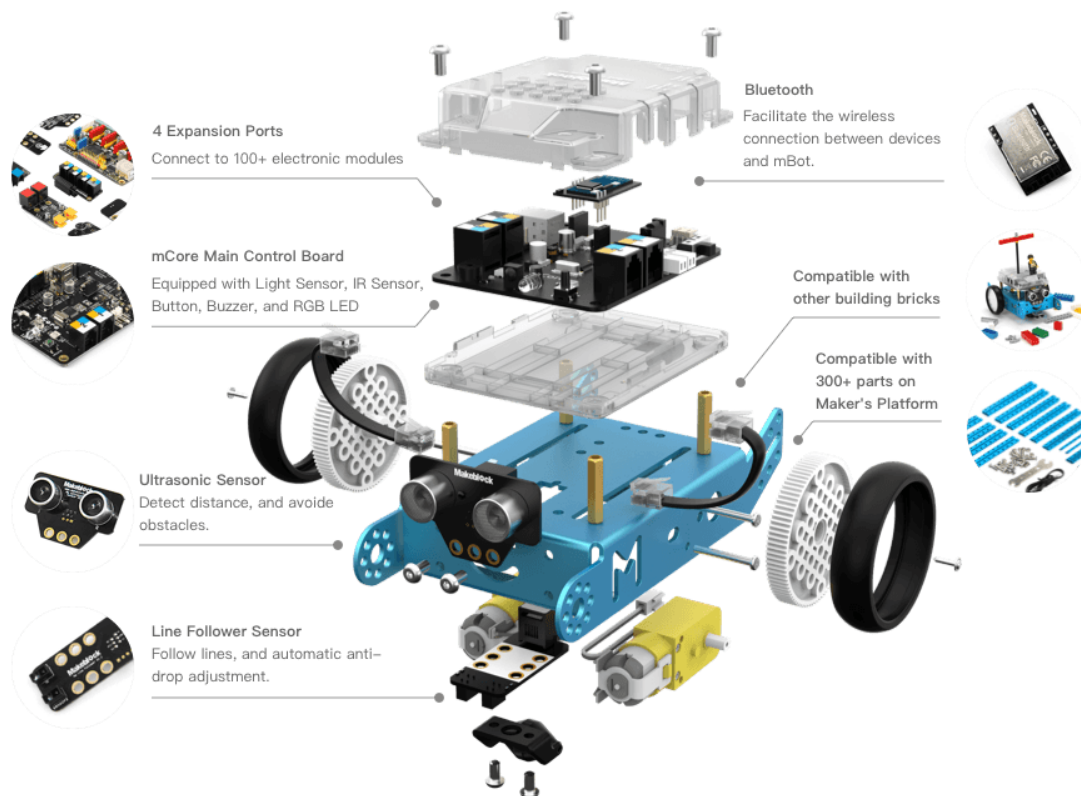
Εικόνα 18: Η ρομποτική πλατφόρμα mBot [107].

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: 70€ +Φ.Π.Α.

Ηλικιακός στόχος: 8+

Χαρακτηριστικά [108]:

- Σύνδεση μέσω Bluetooth.
- Αισθητήρας υπερήχων.
- Αισθητήρας παρακολούθησης γραμμής.
- Η κεντρική πλακέτα περιλαμβάνει αισθητήρα φωτός, αισθητήρα υπεριώδους ακτινοβολίας, RGB LED και Buzzer.
- Τέσσερεις (4) πόρτες επέκτασης (Ports).
- Συμβατό με άλλα κιτ κατασκευής.
- Δυνατότητα σύνδεσης με 300+ δομικά υλικά της πλατφόρμας Maker's Platform.
- Έλεγχος μέσω τηλεχειριστηρίου.



Εικόνα 19: Τεχνικά χαρακτηριστικά της ρομποτικής πλατφόρμας mBot [108].

Περιγραφή:

Το mBot είναι μια πλατφόρμα ρομποτικής, η οποία απευθύνεται σε παιδιά άνω των οκτώ ετών. Δίνει την δυνατότητα στα παιδιά να μάθουν να προγραμματίζουν με απλό και διασκεδαστικό τρόπο. Το mBot συναρμολογείται εύκολα με τη βοήθεια του εγχειριδίου και του κατσαβιδιού που εμπεριέχεται στη συσκευασία. Ο χρήστης μπορεί να ξεκινήσει να το προγραμματίζει αμέσως μετά τη συναρμολόγησή του. Το mBot περιλαμβάνει κάποια βασικά εισαγωγικά προγράμματα από τον κατασκευαστή, όπως την αποφυγή εμποδίων ή την παρακολούθηση γραμμής μέσω του ειδικού αισθητήρα που διαθέτει. Το δυνατό σημείο του mBot είναι η δυνατότητα προγραμματισμού απευθείας μέσω του ελεγκτή Arduino που διαθέτει, όμως παρέχεται και η επιλογή του block programming. Η δυνατότητα άμεσου προγραμματισμού μας παρέχει πολύ περισσότερες επιλογές ώστε να δημιουργηθούν πιο περίπλοκα και εξειδικευμένα προγράμματα. Το στοιχείο που το κάνει πραγματικά να ξεχωρίζει είναι η δυνατότητα ταυτόχρονου προγραμματισμού και στις δύο γλώσσες, συγκεκριμένα ο χρήστης προγραμματίζει σε block programming και σε διπλό παράθυρο παρακολουθεί την μορφή του κώδικα στο Arduino και αντιστρόφως [108].

Δυνατότητες:

Εφαρμογή/APP

Για να τεθούν σε λειτουργία οι βασικές λειτουργίες που έχει συμπεριλάβει στο mBot ο κατασκευαστής, θα πρέπει να χρησιμοποιήσει την υπάρχουσα εφαρμογή, μέσω της οποίας συνδέεται το mBot με το smartphone ή το tablet με Bluetooth [108].



Εικόνα 20: Περιβάλλον της εφαρμογής που προσφέρεται με την πλατφόρμα mBot [108].

Βασικές Λειτουργίες

Το mBot διαθέτει μια πληθώρα προγραμμάτων, προεγκατεστημένων από τον κατασκευαστή, τα οποία περιλαμβάνουν [108]:

- Αποφυγή εμποδίων με τη χρήση αισθητήρα υπερήχων
- Παρακολούθηση συνεχούς γραμμής με την χρήση αισθητήρα ακολούθησης γραμμικής πορείας
- Χρήση σαν τηλεκατευθυνόμενο με το τηλεχειριστήριο που εμπεριέχεται στη συσκευασία ή με τη χρήση της εφαρμογής
- Χρήση του buzzer του mBot για την παραγωγή μουσικής μέσω της εφαρμογής
- Χάραξη διαδρομών από τον χρήστη, ώστε να τις ακολουθεί το mBot, χωρίς την χρήση κώδικα προγραμματισμού

Block Programming

Η πλατφόρμα mBot παρέχει την δυνατότητα στο χρήστη να προγραμματίσει σε μορφή block programming, το οποίο είναι πολύ ευεργετικό για τις μικρές ηλικίες, καθώς κάνουν τα πρώτα τους βήματα στον κόσμο του προγραμματισμού και της ρομποτικής [108, 109].

Arduino/Scratch Programming

Το mBot παρέχει την δυνατότητα προγραμματισμού με κώδικα μέσω του περιβάλλοντος του Arduino είτε μέσω του περιβάλλοντος του mBot. Σε αντίθεση με άλλες πλατφόρμες προγραμματισμού το mBot δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να γράφει παράλληλα τον Scratch και C κώδικα, κάτι το οποίο μπορεί να είναι πολύ χρήσιμο για τον χρήστη που κάνει τα πρώτα του βήματα στο χώρο του προγραμματισμού έχοντας μια παράλληλη απεικόνιση του κώδικα και στις δύο μορφές. Ένα ακόμη προτέρημα της πλατφόρμας MakeBlock mBot είναι ο open-source επεξεργαστής Arduino, γεγονός που δίνει την δυνατότητα μεγάλης ποικιλίας στις εφαρμογές όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί [108, 109].

Συμπέρασμα:

Το mBot είναι μια αξιόλογη και οικονομική πλατφόρμα ρομποτικής STEM για τους χρήστες που θέλουν να κάνουν τα πρώτα τους βήματα στον προγραμματισμό και την ρομποτική. Κάνοντας χρήση των γλωσσών προγραμματισμού scratch και block programming ένας μη έμπειρος χρήστης δύναται να κάνει τα πρώτα του βήματα στις βασικές έννοιες και την λογική του προγραμματισμού, καθώς στον έλεγχο μιας ρομποτικής πλατφόρμας. Η δυνατότητα προγραμματισμού του mBot σε Scratch και η παράλληλη απεικόνιση σε γλώσσα C++ αποτελεί το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της πλατφόρμας, όπου σε συνδυασμό με τον open-source επεξεργαστή Arduino απογειώνει τις δυνατότητες που αυτή έχει [108, 109, 110]. Κάποια προβλήματα κατά την διάρκεια του προγραμματισμού καταγράφονται στα αρνητικά χαρακτηριστικά της πλατφόρμας, όπως επίσης δεν υπάρχει η δυνατότητα αναβάθμισης για χρήση ανώτερης γλώσσας προγραμματισμού από την C++. Απαραίτητη είναι και η χρήση καλωδίου για την επικοινωνία της πλατφόρμας με τον υπολογιστή, όπως επίσης η επέκταση των δυνατοτήτων του mBot επιτυγχάνεται μόνο με την αγορά επιπλέον εξαρτημάτων ανεβάζοντας το κόστος [110].

Αξιολόγηση:

Βάσει των κριτηρίων που έχουν τεθεί για την σύγκριση των πλατφορμών, το mBot βαθμολογείται ως [108]:

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: Πολύ καλή αναλογία προσφοράς – τιμής, ξεκινώντας από τα 55€.

Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών: Υπάρχουν οδηγίες χρήσης και συναρμολόγησης μέσα στη συσκευασία, αλλά και οπτικοακουστικό υλικό στην ιστοσελίδα της εταιρίας. Το υλικό έχει εξαιρετική ποιότητα αλλά δεν απεικονίζεται με την μορφή εγχειριδίου.

Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση πλατφόρμας: Οι οδηγίες κατασκευής της πλατφόρμας είναι απλοποιημένες και σαφείς, όμως η λήψη προγραμμάτων από τον υπολογιστή στον επεξεργαστή παρουσιάζει δυσκολίες.

Εκμάθηση της πλατφόρμας: Κατά την διαδικασία εκμάθησης προσφέρονται ασκήσεις κλιμακούμενης δυσκολίας δίδοντας τον απαραίτητο χρόνο στον χρήστη να εξοικειωθεί.

Γνώση/Ικανότητες: Ο χρήστης εκπαιδεύεται στον προγραμματισμό στις γλώσσες scratch, block και C++.

Επίπεδα ικανότητας: Προσφέρει την δυνατότητα προγραμματισμού σε Scratch και C++ παράλληλα και συνδυαστικά με τον open-source επεξεργαστή του Arduino μπορούν να δημιουργηθούν πολυάριθμα πρότζεκτ.

Κοινότητα της πλατφόρμας: Παρέχεται αρκετό οπτικοακουστικό υλικό από την εταιρία για την πλατφόρμα της.

Ευχρηστία της ιστοσελίδας: Η περιήγηση στη σελίδα της εταιρίας για την εύρεση πληροφοριών είναι εύκολη.

Κριτήρια Αξιολόγησης Πλατφόρμας	Βαθμολογία
Εμπορική τιμή πλατφόρμας:	9
Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών:	2
Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας:	3
Εκμάθηση της πλατφόρμας:	2
Γνώση/Ικανότητες:	2
Επίπεδα ικανότητας:	6
Συνολική Βαθμολογία:	24
Επιπλέον Πόντοι	
Κοινότητα της πλατφόρμας:	8
Ευχρηστία της ιστοσελίδας:	4

Πίνακας 12: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα mBot.

OzoBot - Evo Educator



Εικόνα 21: Η ρομποτική πλατφόρμα Evo Educator [111].

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: 150€ +Φ.Π.Α.

Ηλικιακός στόχος: 5+

Χαρακτηριστικά [112]:

- Σύνδεση μέσω Bluetooth και παροχή εμβέλειας έως και εννέα μέτρα.
- Τέσσερις (4) αισθητήρες απόστασης, δύο στο μπροστινό και δύο πίσω μέρος.
- Οπτικοί αισθητήρες.
- Ηχείο.
- Εφτά λαμπτήρες LED .
- Ανθεκτικό πολυανθρακικό (polycarbonate) περίβλημα.

Περιγραφή:

Το Evo Educator είναι μία πλατφόρμα ρομποτικής, η οποία απευθύνεται σε παιδιά άνω των πέντε ετών. Έρχεται προγραμματισμένο με μία πληθώρα εφαρμογών για παιδιά μικρής ηλικίας, όπως η ακολούθηση ενός αντικειμένου, π.χ. ένα δάχτυλο. Δεν περιορίζεται μόνο σε αυτά καθώς μπορεί να προγραμματιστεί ώστε να κάνει αρκετά πολύπλοκες διεργασίες [112].

Δυνατότητες:

Εφαρμογή/APP

Αρχικά για να μπορέσει κάποιος να χρησιμοποιήσει όλες τις δυνατότητες του Evo Educator, θα πρέπει να 'κατεβάσει' και να κάνει εγγραφή στην εφαρμογή μέσω της οποίας θα μπορεί να δει τις ρυθμίσεις και το λογισμικό του. Η εφαρμογή έχει διάφορες προκλήσεις που μπορούν να ολοκληρωθούν μέσω του Evo Educator οι οποίες δίνουν πόντους για να

ξεκλειδώσουν καινούρια αντικείμενα σε αυτή. Επιπλέον, παρέχει κι άλλες δυνατότητες όπως η οδήγηση του Eno Educator σαν τηλεκατευθυνόμενο. Τέλος, περιέχει καινούριες ιδέες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν επιπλέον υλικό [112, 113].

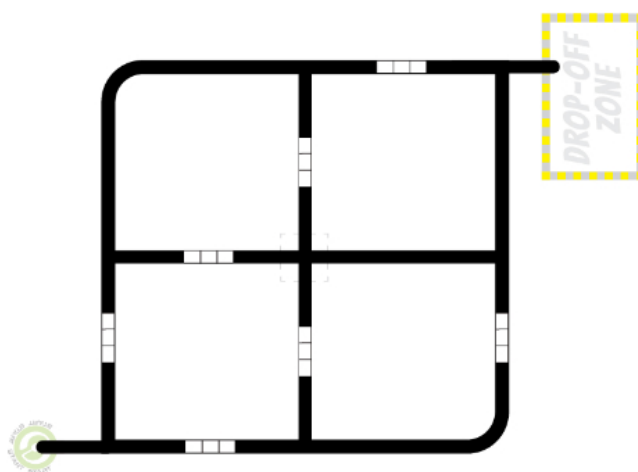
Βασικές Λειτουργίες

Το ρομπότ περιέχει κάποια προγράμματα από τον κατασκευαστή του με τα οποία μπορεί ο χρήστης να ξεκινήσει να πειραματίζεται κατευθείαν μετά την αγορά του. Μερικά από αυτά είναι [114]:

- Το Eno Educator μπορεί να ακολουθεί την κίνηση του ανθρώπινου δακτύλου ή οποιουδήποτε αντικειμένου τοποθετηθεί μπροστά του.
- Οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν το Eno Educator για να παίξουν μουσική μέσω των τεσσάρων αισθητήρων απόστασής του.
- Χρησιμοποιώντας πάλι το ανθρώπινο χέρι ή κάποιο άλλο αντικείμενο οι χρήστες μπορούν να κάνουν το Eno Educator να προσπαθεί να ξεφύγει μακριά τους.

Ακολουθήστε τη γραμμή:

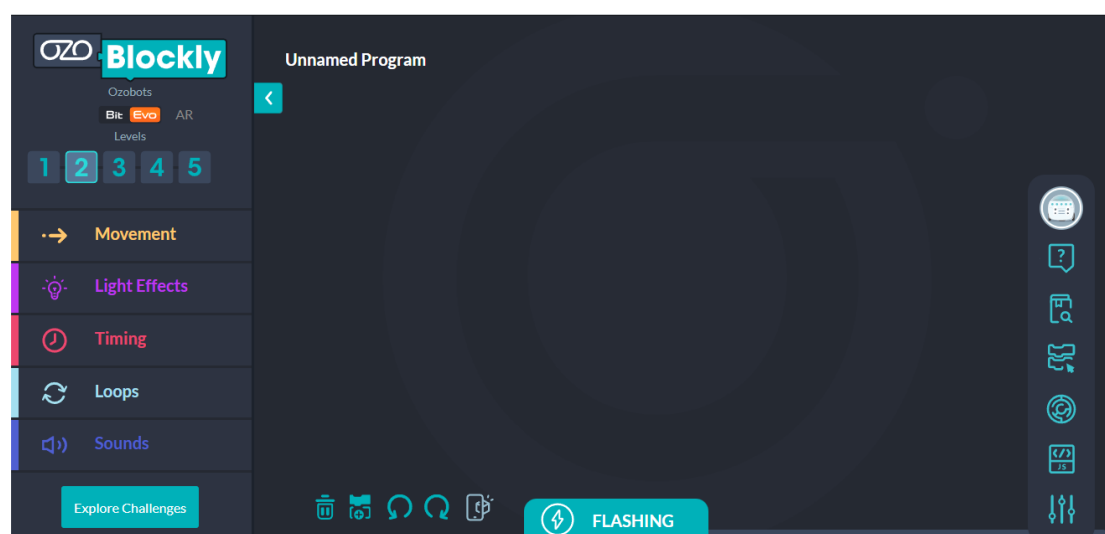
Το Eno Educator μπορεί να προγραμματιστεί ώστε να ακολουθεί μια συνεχή γραμμή την οποία χαράσσει το άτομο με τους ειδικούς μαρκαδόρους που περιέχονται στη συσκευασία. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να φτιάξει ότι διαδρομή θέλει, δηλαδή διαδρομές με τη μορφή δρόμων ή λαβυρίνθων. Παρέχεται η δυνατότητα χρήσης συνδυασμού χρωμάτων για την ενεργοποίηση διαφορετικών εντολών στο Eno Educator όπως είναι το κόκκινο-πράσινο-κόκκινο-πράσινο που δίνει την εντολή κίνησης 'τυφώνα' στο Eno Educator το οποίο κάνει δύο περιστροφές γύρω από τον άξονα του με επιταχυνόμενη κίνηση. Στην ιστοσελίδα της εταιρίας υπάρχουν όλοι οι συνδυασμοί χρωμάτων και οι εντολές στις οποίες αντιστοιχούν [114].



Εικόνα 22: Παράδειγμα χρωματικών δοκιμασιών και παρακολούθησης γραμμής [115].

OzoBlockly:

Το πρώτο στάδιο έναρξης προγραμματισμού του Eno Educator είναι μέσω του OzoBlockly που παρέχει στο χρήστη ένα block programming περιβάλλον. Εκεί βρίσκονται όλα τα απαραίτητα εργαλεία για τον προγραμματισμό του Eno Educator. Μόλις γραφεί το πρόγραμμα υπάρχει η δυνατότητα χρήσης δύο απλών και εύχρηστων τρόπων για να περαστεί το πρόγραμμα που μόλις γράφτηκε στο Eno Educator. Ο πρώτος είναι μέσω της ίδιας της εφαρμογής ενώ είναι συνδεδεμένο το Eno Educator. Ο δεύτερος είναι απευθείας μέσω της οθόνης, μέσω των οπτικών αισθητήρων που βρίσκονται στο κάτω μέρος του Eno Educator [114, 116].



Εικόνα 23: Το περιβάλλον προγραμματισμού OzoBlockly [113].

Συμπέρασμα:

Η πλατφόρμα Eno Educator έχει αρκετά καλά στοιχεία. Είναι ανθεκτική σε πτώσεις και χτυπήματα παρά το γεγονός ότι μιλάμε για μία ρομποτική πλατφόρμα. Στα θετικά συγκαταλέγεται το γεγονός ότι η πλατφόρμα είναι έτοιμη για χρήση αμέσως μόλις βγει από τη συσκευασία της και είναι προγραμματισμένη από τον κατασκευαστή να εκτελεί κάποιες βασικές ρουτίνες. Παρά τα θετικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζει η πλατφόρμα Eno Educator, υπάρχει και ένα αρνητικό στοιχείο. Με εξαίρεση τον block programming προγραμματισμό που διαθέτουν οι περισσότερες πλατφόρμες ρομποτικής που απευθύνονται σε παιδιά σε μικρή ηλικία, δεν προσφέρει κάτι παραπάνω στο κομμάτι εξέλιξης στον προγραμματισμό κάτι το οποίο παρέχουν άλλες πλατφόρμες σε πιο οικονομικό πακέτο. Συνοψίζοντας, η πλατφόρμα Eno Educator, απευθύνεται σε όσους επιθυμούν μία εύχρηστη και υψηλής αντοχής πλατφόρμα που δεν χρειάζεται ιδιαίτερη προετοιμασία, κατασκευή ή εγκατάσταση. Επιπλέον είναι κατασκευασμένη για χρήστες που το οικονομικό σκέλος δεν αποτελεί βασικό κριτήριο για την αγορά της πλατφόρμας παρά την έλλειψη της δυνατότητας προγραμματισμού με κώδικα όπως C++ ή Python [114, 116].

Αξιολόγηση:

Χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που έχουν τεθεί η πλατφόρμα Eno Educator βαθμολογείται ως [114, 116]:

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: Η τιμή του είναι υψηλή αφού είναι κοντά στα 150 €.

Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών: Το εγχειρίδιο έχει περιορισμένες πληροφορίες με αποτέλεσμα να πρέπει ο χρήστης να κατεβάσει την εφαρμογή για να ξεκινήσει. Παρ' όλα αυτά παρέχεται βασικό υλικό όπως κομμάτια διαδρομής και μαρκαδόροι ώστε να ξεκινήσει ο χρήστης.

Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση πλατφόρμας: Το Eno Educator είναι συναρμολογημένο στην συσκευασία και η εγκατάσταση προγραμμάτων σε αυτό δεν παρουσιάζει δυσκολίες. Λόγω των υλικών κατασκευής και του πολυανθρακικού περιβλήματος που διαθέτει θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως πολύ ανθεκτικό.

Εκμάθηση της πλατφόρμας: Στην εφαρμογή και στην ιστοσελίδα της εταιρίας υπάρχει αρκετό υλικό για να ξεκινήσει ο χρήστης να εξοικειώνεται με το Eno Educator.

Γνώση/Ικανότητες: Οι γνώσεις που προσφέρει το Eno Educator περιορίζονται σε απλές εφαρμογές όπως το να ακολουθά μία γραμμή, να εκτελεί εντολές μέσω μιας χρωματικής ακολουθίας και να συντάσσονται εντολές με block προγραμματισμό μέσω του OzoBlockly.

Επίπεδα ικανότητας: Δεν έχει να προσφέρει πολλά σε έμπειρους χρήστες.

Κοινότητα της πλατφόρμας: Η εταιρία έχει πολλές διαδρομές που μπορεί να εκτυπώσει ο χρήστης και να βάλει το Eno Educator να τρέξει σε αυτές όπως επίσης αρκετές δημιουργίες από άλλους χρήστες.

Ευχρηστία της ιστοσελίδας: Στην ιστοσελίδα της εταιρίας υπάρχουν πολλά παραδείγματα διαθέσιμα καθώς και προγράμματα εκμάθησης της πλατφόρμας.

Κριτήρια Αξιολόγησης Πλατφόρμας	Βαθμολογία
Εμπορική τιμή πλατφόρμας:	7
Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών:	2
Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας:	5
Εκμάθηση της πλατφόρμας:	3
Γνώση/Ικανότητες:	3
Επίπεδα ικανότητας:	3
Συνολική Βαθμολογία:	23
Επιπλέον Πόντοι	
Κοινότητα της πλατφόρμας:	8
Ευχρηστία της ιστοσελίδας:	3

Πίνακας 13: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Eno Educator.



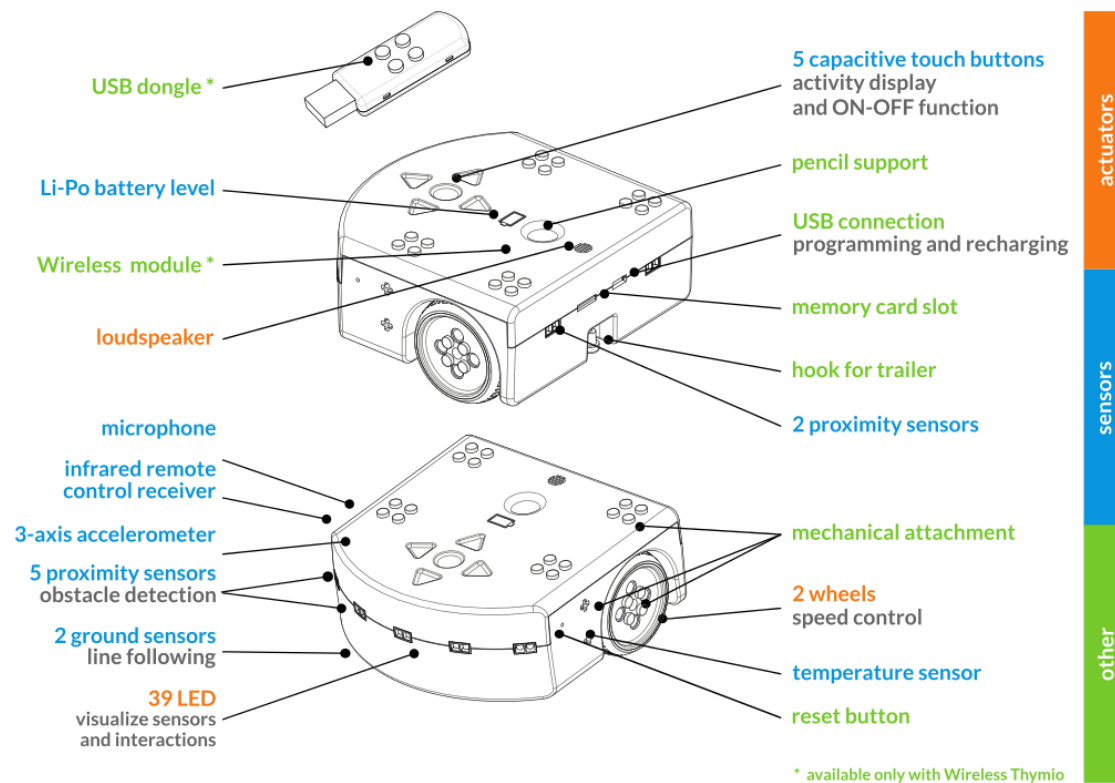
Εικόνα 24: Η ρομποτική πλατφόρμα Thymio II [117].

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: 225€ +Φ.Π.Α.

Ηλικιακός στόχος: 6+

Χαρακτηριστικά [117]:

- Μπαταρία Li-Po Battery: 3.7 V, 1,500 mAh με δυνατότητα φόρτισης μέσω microUSB θύρας.
- Αυτονομία πάνω από δύο ώρες.
- Μέγιστη ταχύτητα: 14cm/s.
- Το λογισμικό Aseba μπορεί να εγκατασταθεί σε: Linux, Mac OS και Windows.
- Εννέα αισθητήρες υπέρυθρων.
- Πέντε (5) πλήκτρα αφής.
- Επιταχυνσιόμετρο τριών αξόνων.
- Θερμόμετρο.
- Αισθητήρας υπέρυθρων για το τηλεχειριστήριο.
- Περισσότερους από τριάντα λαμπτήρες LED .
- Μικρόφωνο.
- Δύο (2) DC κινητήρες για κίνηση στους τροχούς.



Εικόνα 25: Χαρακτηριστικά της ρομποτικής πλατφόρμας Thymio II [117].

Περιγραφή:

Ο κύριος στόχος του Thymio II είναι να προσφέρει ένα ρομπότ στο ευρύ κοινό, να κάνει την εξερεύνηση της τεχνολογίας προσιτή σε όλους και να επιτρέψει την ενσωμάτωση της ρομποτικής τεχνολογίας στη διδακτική διαδικασία. Γι' αυτό το Thymio II είναι πλήρως open-source και σε επίπεδο υλικού και σε επίπεδο λογισμικού. Το Thymio αναπτύχθηκε σε συνεργασία με το Ελβετικό Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Τεχνολογίας στη Λωζάνη (EPFL) και την Σχολή Τεχνών της Λωζάνης (ECAL). Στόχος τους είναι να παρέχουν ένα εκπαιδευτικό κινητό ρομπότ σε χαμηλή τιμή. Το ρομπότ Thymio II είναι εύκολο στο χειρισμό χάρη στο μικρό του μέγεθος και το βάρος του και είναι πολύ ελκυστικό χάρη στα ευμεγέθη του κουμπιά και στα χρωματιστά LED. Παρέχει πολλούς αισθητήρες (μικρόφωνο, δέκτη υπέρυθρων, θερμοκρασίας, εγγύτητας, επιταχυνσιόμετρο 3 αξόνων, αισθητήρες γείωσης για ακολουθία γραμμής), ενεργοποιητές (κινητήρες, ηχεία, LED) και συνδεσιμότητα (USB, κάρτα μνήμης). Ο χρήστης δύναται να προσθέσει ένα στυλό στο κέντρο του ρομπότ και να το προγραμματίσει ώστε να δημιουργεί σχέδια. Τέλος, είναι συμβατό με τα δομικά υλικά LEGO® για την τοποθέτηση εξωτερικών δομικών στοιχείων, πράγμα που δίνει στην πλατφόρμα μεγάλη ευελιξία και δυνατότητες επέκτασης στον αριθμό των εφαρμογών στις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί [117, 118].

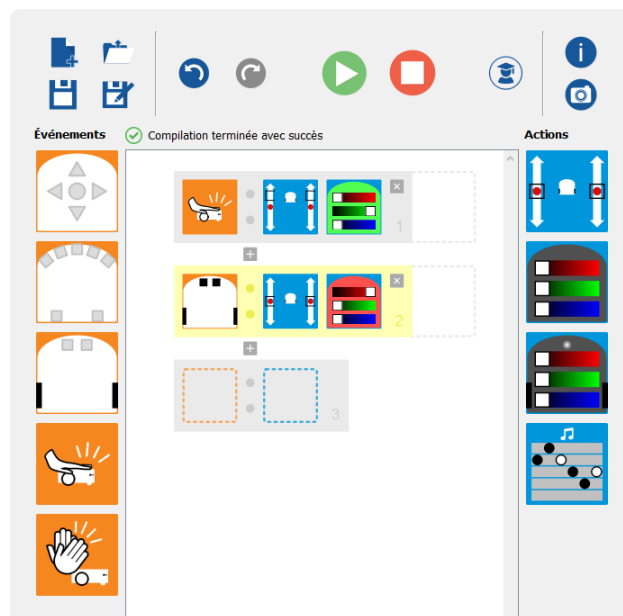
Δυνατότητες:

Οι δυνατότητες της ρομποτικής πλατφόρμας Thymio II χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες με βάση το βαθμό δυσκολίας τους και τη γνώση που πρέπει να έχει ο χρήστης για να μπορέσει να εργαστεί αποδοτικά σε αυτές.

1. Η πρώτη και πιο βασική κατηγορία είναι προεγκατεστημένη από τον κατασκευαστή. Το Thymio II έχει έξι διαφορετικές 'συμπεριφορές' με την κάθε μία να έχει μοναδικές λειτουργίες και χρωματισμούς για να ξεχωρίζουν.
2. Το Thymio II μπορεί να προγραμματιστεί συνδέοντας το με έναν υπολογιστή από τον χρήστη μέσω:
 - Προγραμματιστικού περιβάλλοντος scratch
 - Blockly προγραμματισμού
 - Γλώσσα προγραμματισμού Aseba
3. Χάρη στη δυνατότητα του Thymio II να προσαρμόσει δομικά υλικά και άλλα εξαρτήματα Lego, μπορεί ο χρήστης να πειραματιστεί και να δημιουργήσει δικές του μοναδικές κατασκευές. Μπορεί επίσης να το μετατρέψει με τη βοήθεια υλικού της εταιρείας σε διάφορες κατασκευές όπως ζώα, φαντάσματα ή ιππότες [118, 119].

Εφαρμογή/APP

Η εφαρμογή του Thymio II μπορεί να εγκατασταθεί σε περιβάλλον Linux, Mac OS και Windows αλλά και σε iOS(iPad) ή έξυπνες συσκευές όπως smartphone/tablet. Η πλατφόρμα μπορεί να ελεγχθεί μέσω της εφαρμογής και είναι απαραίτητη για να μπορέσει ο χρήστης να την προγραμματίσει με τον δικό του κώδικα.



Εικόνα 26: Περιβάλλον προγραμματισμού της πλατφόρμας Thymio II [120].

Βασικές Λειτουργίες

Όπως προαναφέρθηκε οι λειτουργίες της πλατφόρμας STEM Thymio II χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

1. Συμπεριφορές

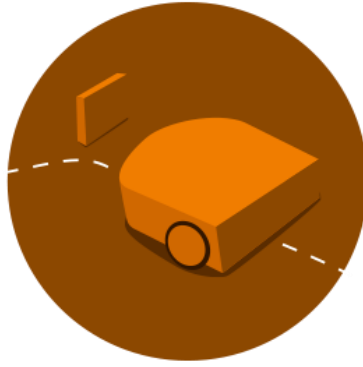
Το Thymio II έχει έξι διαφορετικές συμπεριφορές – αντιδράσεις που μπορεί να αναπτύξει, οι οποίες αντιστοιχούν σε διαφορετικό χρώμα η κάθε μία και αλλάζουν ανάλογα με τον τρόπο που συμπεριφέρεται η ρομποτική πλατφόρμα [118, 119].

- Φιλικός (πράσινο χρώμα): Τοποθετεί ο χρήστης το χέρι του ή κάποιο αντικείμενο σε απόσταση είκοσι εκατοστών μπροστά από τον αισθητήρα. Στη συνέχεια πλησιάζει το χέρι του προς τον αισθητήρα και όταν το εντοπίσει θα αρχίσει να κινείται μπροστά. Αν πλησιάσει το χέρι του ο χρήστης προς την πλατφόρμα Thymio II αυτή θα κάνει πίσω. Αν αλλάξει τη θέση του χεριού του τότε η πλατφόρμα Thymio II θα γυρίσει προς τη θέση που κινήθηκε το χέρι του χρήστη. Τέλος αν φτάσει στην άκρη ενός τραπέζιου θα σταματήσει αυτόματα [121].



Εικόνα 27: Συμπεριφορά της πλατφόρμας Thymio II [122].

- Εξερευνητής (πορτοκαλί χρώμα): Η πλατφόρμα Thymio II κινείται μπροστά και αποφεύγει εμπόδια. Αν εντοπίσει ένα εμπόδιο δεξιά ή αριστερά θα κινηθεί προς την αντίθετη κατεύθυνση μέχρι να μην το εντοπίζει και συνεχίζει να κινείται μπροστά. Αν φτάσει στην άκρη ενός τραπέζιου τότε θα ακινητοποιηθεί. Με τα πλήκτρα αφής της πλατφόρμας Thymio II ο χρήστης μπορεί να ελέγξει την ταχύτητα που κινείται η ρομποτική πλατφόρμα ή ακόμη να το κάνει να κινηθεί προς τα πίσω. Όταν κινείται προς τα πίσω θα συνεχίσει να αποφεύγει εμπόδια με τους οπίσθιους αισθητήρες που διαθέτει [121].



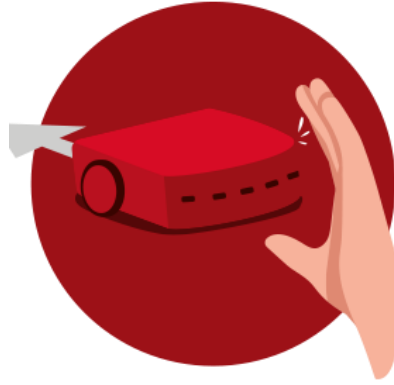
Εικόνα 28: Συμπεριφορά της πλατφόρμας Thymio II [122].

- Προσεκτικός (μπλε χρώμα): Η πλατφόρμα Thymio II ανταποκρίνεται στον κρότο που δημιουργείται από το χτύπημα των παλαμών των χεριών:
 - Ένας κρότος: Εάν η ρομποτική πλατφόρμα κινείται εμπρός τότε με έναν κρότο θα αρχίσει να στρίβει δεξιά ή θα κινηθεί ευθεία αν στρίβει. Ένας κίτρινος κύκλος LED θα είναι ενεργοποιημένος.
 - Δύο κρότοι: Η ρομποτική πλατφόρμα ξεκινά να κινείται αν είναι βρίσκεται σε κατάσταση ακινησίας ή σταματά εφόσον βρίσκεται σε κίνηση. Τρεις κίτρινοι κύκλοι LED θα είναι ενεργοποιημένοι.
 - Τρεις κρότοι: Η πλατφόρμα Thymio θα αρχίσει να κινείται κυκλικά δεξιόστροφα. Πέντε κίτρινοι κύκλοι LED θα είναι ενεργοποιημένοι [121].



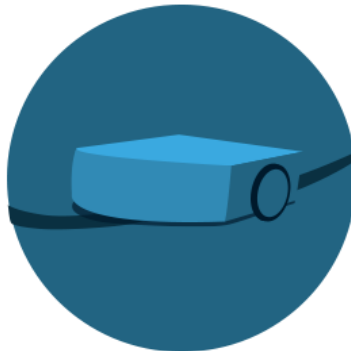
Εικόνα 29: Συμπεριφορά της πλατφόρμας Thymio II [122].

- Φοβισμένος (κόκκινο χρώμα): Χτυπώντας απαλά την πλατφόρμα Thymio II θα παράξει έναν σύντομο έντονο ήχο. Αν εντοπίσει κάποιο αντικείμενο, το ρομπότ θα στρίψει να το αποφύγει και θα παράξει έναν σύντομο έντονο ήχο. Επίσης αν φτάσει στην άκρη του τραπέζιού, θα σταματήσει. Αν ακουμπήσει ο χρήστης την πλατφόρμα Thymio II στο πλάι θα ανάψει το κίτρινο LED που είναι εγγύτερα στο έδαφος [121].



Εικόνα 30: Συμπεριφορά της πλατφόρμας Thymio II [122].

- Εξερευνητής (γαλάζιο χρώμα): Η πλατφόρμα Thymio II ακολουθεί μία μαύρη γραμμή. Αν η αρχή αυτής της γραμμής συμπίπτει με το τέλος της τότε η πλατφόρμα θα εκτελεί αυτό το δρομολόγιο αενάως. Αν η γραμμή ολοκληρώνεται σε κάποιο σημείο, η πλατφόρμα θα αρχίσει να δονείται ώστε να βρει τη συνέχεια της γραμμής, αν αυτό συμβεί θα συνεχίσει να την πορεία της [121].



Εικόνα 31: Συμπεριφορά της πλατφόρμας Thymio II [122].

- Υπάκουος (μοβ χρώμα): Η πλατφόρμα Thymio II ανταποκρίνεται στα πλήκτρα αφής που έχει επάνω του ή στο τηλεχειριστήριο του. Τα πλήκτρα στο εμπρόσθιο και οπίσθιο τμήμα αυξάνουν ή ελαττώνουν την ταχύτητα του ρομπότ αντίστοιχα, ενώ αυτά που βρίσκονται δεξιά και αριστερά το κάνουν να αλλάξει αντίστοιχα κατεύθυνση [121].

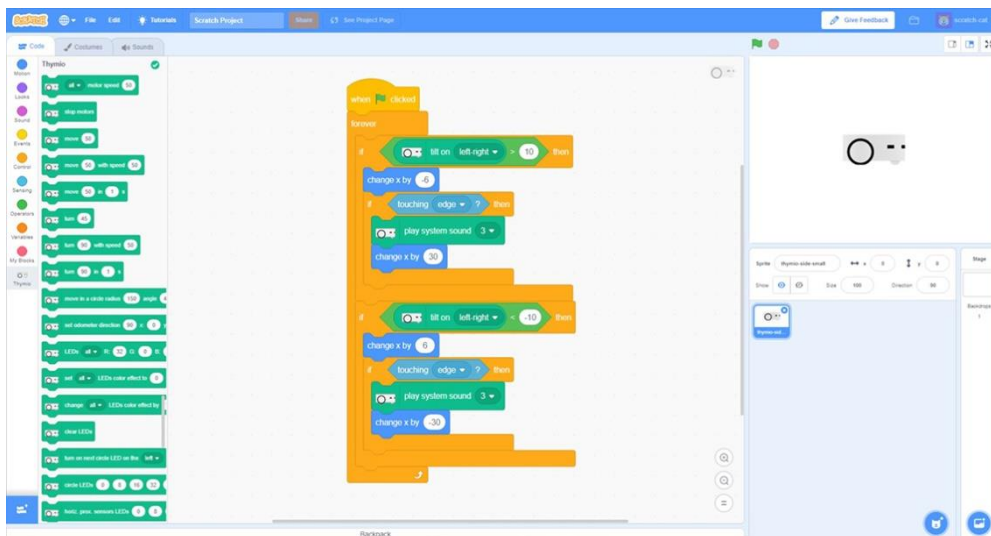


Εικόνα 32: Συμπεριφορά της πλατφόρμας Thymio II [122].

2. Προγραμματισμός

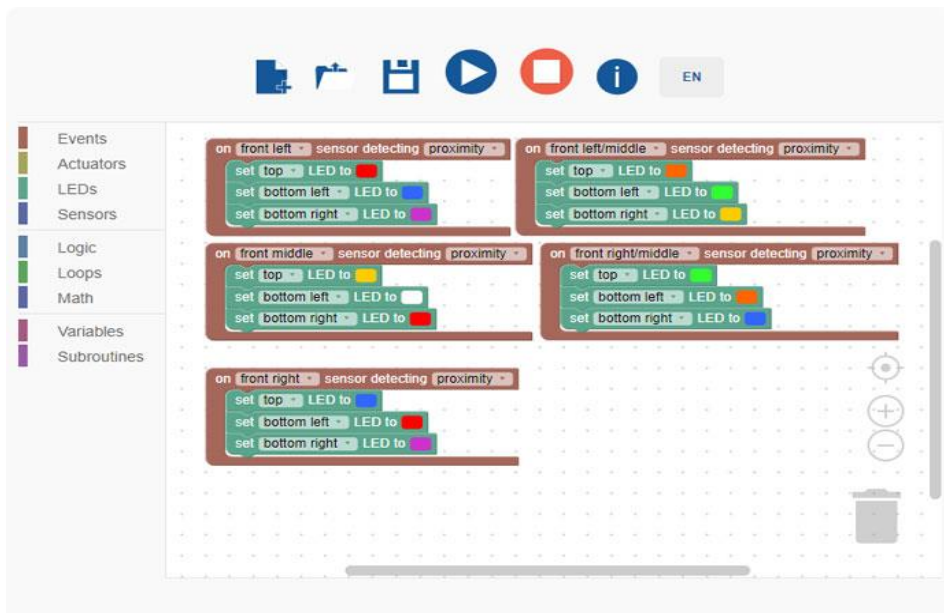
Η πλατφόρμα Thymio II δύναται να προγραμματιστεί μέσω υπολογιστή ή κάποιας έξυπνης συσκευής με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

- Scratch προγραμματισμό, με τον οποίο μπορεί να ξεκινήσει να εξοικειώνεται κάποιος χρήστης με την πλατφόρμα Thymio II κάνοντας τα πρώτα του βήματα. Το προγραμματιστικό περιβάλλον είναι κατασκευασμένο με γνώμονα ότι απευθύνεται κυρίως σε άπειρους χρήστες [123].



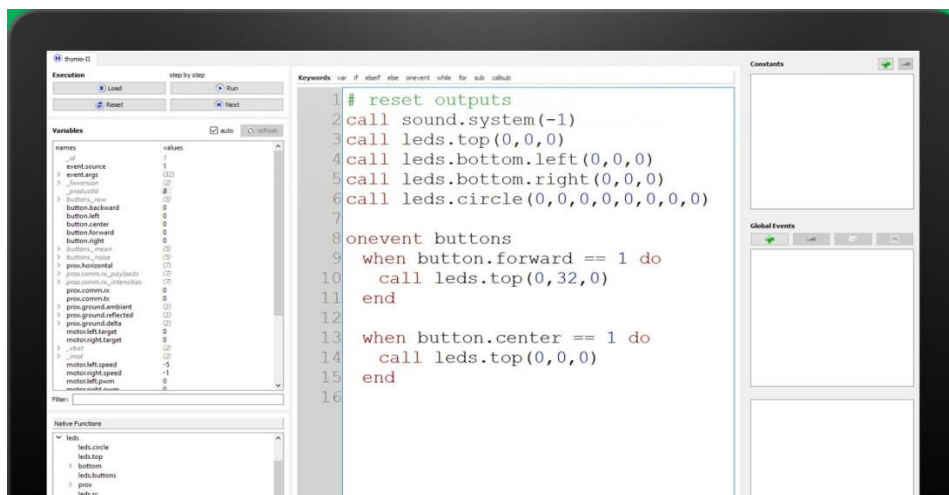
Εικόνα 33: Περιβάλλον προγραμματισμού Scratch [124].

- Block προγραμματισμό, όπου η χρησιμότητα του έγγυται στο ότι απευθύνεται σε χρήστες που διαθέτουν κάποιες βασικές γνώσεις προγραμματισμού αλλά θέλουν να εξασκηθούν περαιτέρω. Αυτό επιτυγχάνεται με την παράλληλη απεικόνιση των block του κώδικα με αναλυτική γραφή κώδικα σε κείμενο για την εξοικείωση του χρήστη σε μορφές προγραμματισμού χωρίς οπτικά βοηθήματα [123].



Εικόνα 34: Περιβάλλον προγραμματισμού Blockly [125].

- ο Προγραμματισμός με κείμενο, χρησιμοποιώντας τη γλώσσα προγραμματισμού Aseba δύναται ο χρήστης να ξεκινήσει να προγραμματίζει την πλατφόρμα Thymio II η οποία θα του δώσει μεγαλύτερη ευελιξία στον τρόπο που θα προγραμματίσει και το τι εντολές θα εκτελεί η πλατφόρμα [123].



Εικόνα 35: Περιβάλλον προγραμματισμού με γλώσσα Aseba [126].

3. Δημιουργία

Η πλατφόρμα Thymio II δύναται να τροποποιηθεί εξωτερικά με τη χρήση δομικών υλικών LEGO®. Η συγκεκριμένη δυνατότητα επιτρέπει στην πλατφόρμα Thymio II να μετατραπεί σε ένα ρομπότ το οποίο μπορεί να εκτελέσει ένα τεράστιο εύρος εφαρμογών και προκλήσεων αφού μπορεί να δομηθεί κατασκευαστικά όπως επιθυμεί ο χρήστης. Συνδυάζοντας τις

δυνατότητες των τριών διαφορετικών επιλογών που διαθέτει ως προς το λογισμικό του, η πλατφόρμα Thymio II σίγουρα δεν περιορίζει τη φαντασία και τη δημιουργικότητα του χρήστη [117, 118].

Συμπέρασμα:

Η ρομποτική πλατφόρμα Thymio II είναι από τις πιο εύχρηστες, καλοφτιαγμένες και προσιτές πλατφόρμες που διατίθενται στην αγορά [127]. Το περιβάλλον προγραμματισμού είναι ιδιαίτερα φιλικό λόγω της χρήσης εικονικών βοηθημάτων [128]. Οι βασικοί πυλώνες που αποτελούν τα θετικά χαρακτηριστικά της πλατφόρμας Thymio II είναι η δυνατότητα της χρήσης του ως μέσο για μεγάλο εύρος δραστηριοτήτων, ξεκινώντας από απλές δραστηριότητες ώστε να ενθαρρύνει τους νεότερους χρήστες έως περίπλοκες δραστηριότητες ανάλογα με το επίπεδο του χρήστη. Τέλος, παρέχει την δυνατότητα διαφορετικών μορφών επίτευξης του ελέγχου της πλατφόρμας από τον χρήστη όπου έχουν δοκιμαστεί στις ηλικιακές ομάδες-στόχους, καθώς δίδεται στους χρήστες η αίσθηση ότι έμαθαν κάτι χρήσιμο. Φυσικά, στα θετικά αποτιμάται το μεγάλο εύρος ηλικιών όπου απευθύνεται και στα δύο φύλα [129].

Αξιολόγηση:

Χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που έχουν τεθεί, η πλατφόρμα Thymio II βαθμολογείται ως:

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: Η τιμή του είναι εξαιρετική σε συνδυασμό με το πακέτο που προσφέρει.

Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών: Πολύ καλή επεξήγηση των δυνατοτήτων του από την ιστοσελίδα της εταιρίας αλλά και από άλλες πηγές πληροφόρησης.

Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση Πλατφόρμας: Η πλατφόρμα είναι προκατασκευασμένη και η επικοινωνία με τον υπολογιστή ή με έξυπνη συσκευή γίνεται πολύ εύκολα μέσω του καλωδίου USB.

Εκμάθηση της πλατφόρμας: Υπάρχει μεγάλο πλήθος προγραμμάτων εκμάθησης παρεχόμενο από την εταιρία θέτοντας διάφορες προκλήσεις ώστε η έναρξη της εκμάθησης να είναι εύκολη και κατανοητή.

Γνώση/Ικανότητες: Μέσω της πλατφόρμας δύναται ο χρήστης να θέσει τις βάσεις για την εκμάθηση των βασικών αρχών του προγραμματισμού εύκολα και απλά προχωρώντας σε όλο και πιο περίπλοκες δομές προγραμματισμού.

Επίπεδα ικανότητας: Η δυνατότητα προγραμματισμού στην γλώσσα Aseba σε συνδυασμό με την ικανότητα της πλατφόρμας να προσαρμόζεται κατασκευαστικά με τα δομικά υλικά LEGO® δίνει στον χρήστη τη δυνατότητα να δημιουργήσει χωρίς περιορισμούς αποτελώντας και το κυριότερο στοιχείο της open-source φύσης του.

Κοινότητα της πλατφόρμας: Η κοινότητα του Thymio II δεν είναι αρκετά ενεργή οπότε αυτό δεν κρίνεται ως ικανοποιητικό.

Ευχρηστία της ιστοσελίδας: Στην ιστοσελίδα της εταιρίας υπάρχει πάρα πολύ υλικό με στόχο την εξοικείωση με τα στοιχεία της πλατφόρμας καθώς για τη διευκόλυνση στην εκμάθηση της πλατφόρμας.

Κριτήρια Αξιολόγησης Πλατφόρμας	Βαθμολογία
Εμπορική τιμή πλατφόρμας:	6
Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών:	3
Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας:	5
Εκμάθηση της πλατφόρμας:	3
Γνώση/Ικανότητες:	2
Επίπεδα ικανότητας:	7
Συνολική Βαθμολογία:	26
Επιπλέον Πόντοι	
Κοινότητα της πλατφόρμας:	4
Ευχρηστία της ιστοσελίδας:	2

Πίνακας 14: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Thymio II.

LEGO® - WeDo 2.0



Εικόνα 36: Η ρομποτική πλατφόρμα WeDo 2.0 [130].

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: 230€ +Φ.Π.Α.

Ηλικιακός στόχος: 7+

Χαρακτηριστικά [131]:

- **Lego Medium Motor (κινητήρας):**
Ο κινητήρας προγραμματίζεται ώστε να εκτελεί αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη κίνηση με ισχύ που επιλέγει ο χρήστης.
- **Lego Motion Sensor:**
Ο αισθητήρας κίνησης δύναται να ανιχνεύσει αντικείμενα σε απόσταση έως δεκαπέντε εκατοστών ανάλογα με το αντικείμενο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ανιχνευτής εμβέλειας και μπορεί να ανιχνεύσει αν ένα αντικείμενο είναι κοντά ή μακριά.
- **Lego Tilt Sensor:**
Ο αισθητήρας κλίσης εντοπίζει αλλαγές ανάλογα με την θέση του ως προς το έδαφος.
- **Smarthub:** Είναι ο εγκέφαλος της πλατφόρμας και αποτελεί μέρος της σειράς LEGO® Power Functions (LPF) 2.0, μια νέα τεχνολογική πλατφόρμα της LEGO® Education. Διαθέτει ενσωματωμένο Bluetooth τεχνολογίας Low Energy, που εξυπηρετεί τη σύνδεση με το λογισμικό. Τροφοδοτείται με δύο AA μπαταρίες ή με επαναφορτιζόμενη μπαταρία, η οποία δεν περιλαμβάνεται στη συσκευασία. Διαθέτει δύο θύρες εισόδου/εξόδου για τη σύνδεση κινητήρων ή αισθητήρων καθώς και μια λυχνία LED που παράγει δέκα διαφορετικές αποχρώσεις.
- Η συσκευασία περιλαμβάνει 280 δομικά υλικά για την δημιουργία κατασκευών και μοντέλων.

Περιγραφή:

Η σειρά LEGO® WeDo 2.0 είναι από τις πιο απλές πλατφόρμες ρομποτικής η οποία βασίζεται στα πιο σύγχρονα επιστημονικά πρότυπα και δημιουργήθηκε με σκοπό να ενισχύσει τη δημιουργικότητα, τη φαντασία και την περιέργεια των μαθητών άνω των επτά ετών, καθώς και για την ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης και την εισαγωγή στο STEM μέσω διαδραστικών εφαρμογών [131].

Η πλατφόρμα LEGO® WeDo 2.0 έχει το πλεονέκτημα ότι αποτελείται εξ'ολοκλήρου από δομικά υλικά LEGO®, πράγμα που βοηθάει στην εξοικείωση των παιδιών με αυτή και δύναται να χρησιμοποιηθεί ως παιχνίδι που συνδυάζει τη διασκέδαση με την εκπαίδευση. Οι χρήστες τις πλατφόρμας κάνουν τα πρώτα τους βήματα στην εκπαιδευτική ρομποτική μέσω ενός γνώριμου περιβάλλοντος. Δίνει επίσης στους χρήστες επιπλέον κίνητρο να εξασκήσουν και να εξελίξουν τις ικανότητες και τις γνώσεις τους στο τομέα της ρομποτικής αφού εμβαθύνοντας σε αυτόν θα αυξάνει ο αριθμός εφαρμογών/παιχνιδιών που θα μπορούν να δημιουργούν και να ασχολούνται [78].

Δυνατότητες:

Η πλατφόρμα WeDo 2.0 μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα απλό παιχνίδι Lego αφού αποτελείται από δομικά υλικά LEGO®. Χρειαζόμαστε το Lego Smarthub και το Lego Motor για να συνδεθεί σε έναν υπολογιστή ή tablet ώστε να ρυθμίσουμε τον κινητήρα μέσω προγραμματισμού και να εκτελέσει τις κινήσεις που επιθυμούμε. Οι χρήστες μπορούν να πειραματιστούν, να δημιουργήσουν και να προγραμματίσουν την πλατφόρμα όπως επιθυμούν καθώς το λογισμικό παρέχει ένα φιλικό και εύχρηστο περιβάλλον [132].

Εφαρμογή/APP

Η πλατφόρμα WeDo 2.0 προγραμματίζεται μέσω της εφαρμογής της αφού έχει προεγκατεστημένες κάποιες ρουτίνες ή προγράμματα όπως για παράδειγμα να ακολουθεί μια μαύρη γραμμή ή να αποφεύγει εμπόδια. Το πλήθος και η ποικιλία των εφαρμογών που μπορούν να δημιουργηθούν από τον χρήστη μπορεί να απέχουν τόσο πολύ κατασκευαστικά που καθίσταται ανούσιο για την εταιρία να προσθέσει κάποια προγράμματα [78, 132].

Βασικές λειτουργίες

Η πλατφόρμα WeDo 2.0 μέσα στο λογισμικό που διατίθεται έχει κάποιες ενδεικτικές εφαρμογές που μπορούν να κατασκευαστούν οι οποίες αποτελούνται από τον κώδικα τους και το σχέδιο υλοποίησης με τα δομικά υλικά LEGO®. Η πλατφόρμα περιλαμβάνει πληθώρα αισθητήρων μέσω των οποίων μπορούν να ελεγχθούν οι κατασκευές των χρηστών [78].

- Αισθητήρας κίνησης (Lego Motion Sensor)

Με αυτόν τον αισθητήρα μπορούν να προγραμματιστούν οι κατασκευές των χρηστών έτσι ώστε να αντιδρούν όταν εμφανίζεται εντός του πεδίου του αισθητήρα ένα αντικείμενο. Ο τρόπος αντίδρασης διαφέρει αναλόγως την εφαρμογή αφού εξαρτάται από τον χρήστη το πως έχει προγραμματίσει την πλατφόρμα. Θα μπορούσε με το που εντοπίζει ένα εμπόδιο να ακινητοποιείται ή να αλλάζει κατεύθυνση μετά από μία χρονοκαθυστέρηση που θα έχει ορίσει ο χρήστης [78]. Ο αισθητήρας κίνησης δύναται να ανιχνεύσει αντικείμενα σε απόσταση έως δεκαπέντε εκατοστών ανάλογα με το αντικείμενο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ανιχνευτής εμβέλειας και μπορεί να ανιχνεύσει αν ένα αντικείμενο είναι κοντά ή μακριά [131].

- Αισθητήρας κλίσης (Lego Tilt Sensor):

Ο αισθητήρας κλίσης εντοπίζει αλλαγές ανάλογα με την θέση του ως προς το έδαφος. Ανιχνεύει αλλαγές σε έξι διαφορετικές θέσεις: κλίση προς τα δεξιά, κλίση προς τα αριστερά, κλίση προς τα πάνω, κλίση προς τα κάτω, σταθερό χωρίς κλίση, εκτέλεση ακανόνιστης κλίσης (τράνταγμα). Ο συγκεκριμένος αισθητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προγραμματισμό της εφαρμογής έτσι ώστε να αντιδρά ανάλογα με την κλίση της επιφάνειας πάνω στην οποία βρίσκεται ή ακόμα και στην κατασκευή ενός τηλεχειριστηρίου για να ελέγχεται η εφαρμογή μέσω της φυσικής κίνησης [131].

Block programming:

Η πλατφόρμα WeDo 2.0 προγραμματίζεται αποκλειστικά μέσω block προγραμματισμού. Αυτό δε σημαίνει άμεσα ότι οι δυνατότητες της προγραμματισμού της είναι περιορισμένες, αντιθέτως ο χρήστης δύναται να χρησιμοποιήσει τα δομικά υλικά της εταιρίας για να δημιουργήσει δικές του κατασκευές και να πειραματιστεί. Το περιβάλλον προγραμματισμού της πλατφόρμας είναι δομημένο και κατασκευασμένο για αυτόν το σκοπό [132].



Εικόνα 37: Περιβάλλον προγραμματισμού της πλατφόρμας WeDo 2.0 [133].

Συμπέρασμα:

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η πλατφόρμα WeDo 2.0, είναι μια εξαιρετική πλατφόρμα για αρχάριους χρήστες στα πεδία της ρομποτικής και του προγραμματισμού. Το λογισμικό που παρέχει η εταιρία είναι εύχρηστο και προσιτό αλλά περιορίζει της δυνατότητες προγραμματισμού. Τα δομικά υλικά της LEGO® δίνουν στο χρήστη μεγάλη ευελιξία στις κατασκευές που δημιουργεί και δεν τον περιορίζουν με αποτέλεσμα να κεντρίζει το ενδιαφέρον παιδιών των χρηστών [132]. Το βασικό μειονέκτημα της πλατφόρμας, είναι η τιμή αγοράς της αν αναλογιστούμε ότι υπάρχουν και άλλες πλατφόρμες που διατίθενται σε χαμηλότερη τιμή προσφέροντας τις αντίστοιχες δυνατότητες. Τέλος, οι δυνατότητες προγραμματισμού της πλατφόρμας περιορίζονται λόγω της ύπαρξης λογισμικού μόνο για block προγραμματισμό με αποτέλεσμα την μη διεύρυνση των γνώσεων και των ικανοτήτων του χρήστη μακροπρόθεσμα [134].

Αξιολόγηση:

Χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που έχουμε θέσει, η πλατφόρμα WeDo 2.0 βαθμολογείται ως:

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: Η τιμή της είναι σχετικά καλή αφού είναι κάτω των 250€.

Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών: Το εγχειρίδιο που υπάρχει μέσα στη συσκευασία περιέχει βασικές πληροφορίες συνεπώς ο χρήστης είναι απαραίτητο να επισκεφτεί την ιστοσελίδα της εταιρίας για να λάβει πιο εξειδικευμένες πληροφορίες.

Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση πλατφόρμας: Η κατασκευή της πλατφόρμας WeDo 2.0 είναι πολύ απλή λόγω των δομικών υλικών που παρέχονται από την εταιρία. Αντιθέτως, το λογισμικό παρουσιάζει αρκετά σφάλματα που θα προβληματίσουν τον χρήστη.

Εκμάθηση της πλατφόρμας: Το λογισμικό που παρέχεται από την εταιρία κάνει χρήση μόνο block programming προγραμματισμού που είναι εύκολος στη κατανόηση.

Γνώση/Ικανότητες: Η χρήση του block προγραμματισμού σε συνδυασμό με την ευελιξία που προσφέρουν τα δομικά υλικά LEGO®, παρέχουν τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει εξειδικευμένες και μοναδικές κατασκευές.

Επίπεδα ικανότητας: Ο αριθμός των εφαρμογών που μπορούν να εκτελεστούν είναι περιορισμένος.

Κοινότητα της πλατφόρμας: Υπάρχει μεγάλη κοινότητα στη συγκεκριμένη πλατφόρμα, πέρα από τις κατασκευές που παρέχονται στην ιστοσελίδα της εταιρίας.

Ευχρηστία της ιστοσελίδας: Οι πληροφορίες στην ιστοσελίδα της εταιρίας είναι προσιτές στους χρήστες.

Κριτήρια Αξιολόγησης Πλατφόρμας	Βαθμολογία
Εμπορική τιμή πλατφόρμας:	6
Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών:	3
Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας:	4
Εκμάθηση της πλατφόρμας:	2
Γνώση/Ικανότητες:	1
Επίπεδα ικανότητας:	4
Συνολική Βαθμολογία:	20
Επιπλέον Πόντοι	
Κοινότητα της πλατφόρμας:	8
Ευχρηστία της ιστοσελίδας:	4

Πίνακας 15: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα WeDo 2.0.

LEGO® - Education SPIKE™ Essential Set



Εικόνα 38: Η ρομποτική πλατφόρμα Education SPIKE™ Essential Set [135].

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: 240€ +Φ.Π.Α.

Ηλικιακός στόχος: 6+

Χαρακτηριστικά [135]:

- Ένα Hub με δύο θύρες εισόδου/εξόδου με δυνατότητα σύνδεσης μέσω Bluetooth. Ενσωματωμένο γυροσκόπιο έξι αξόνων στο Hub και επαναφορτιζόμενη μπαταρία Li-ion με φορτιστή micro USB και θύρα σύνδεσης με τον υπολογιστή.
- Δύο μικροί κινητήρες (Small Motor).
- Colour Light Matrix 3x3.
- Ένας αισθητήρας χρώματος LEGO® Technic™ Colour Sensor.
- 449+ δομικά υλικά LEGO®.
- Ένα σετ αντικατάστασης (Replacement pack).

Περιγραφή:

Η πλατφόρμα LEGO® Education SPIKE™ Essential Set δημιουργήθηκε για τους μαθητές των τάξεων της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και να τους εισάγει στην STEAM εκπαίδευση. Η νέα λύση του συστήματος μάθησης της LEGO® (LEGO® Learning System), που έρχεται να αντικαταστήσει την πλατφόρμα LEGO® WeDo 2.0, προσφέρει μοναδικές εμπειρίες μάθησης που βασίζονται στο παιχνίδι, την αφήγηση ιστοριών και στη βιωματική μάθηση, με απώτερο στόχο να ενθαρρύνει τους χρήστες να διερευνήσουν τις γνώσεις τους σε έννοιες του STEAM, συμβάλλοντας παράλληλα στην κοινωνικοσυναισθηματική τους ανάπτυξη [136]. Το σετ των 449 δομικών υλικών περιλαμβάνει τέσσερις μικροφιγούρες (minifigures), οι οποίες έχουν βασικό ρόλο στις δραστηριότητες και τα προβλήματα που θα κληθούν να επιλύσουν οι χρήστες [135]. Οι χρήστες τις πλατφόρμας κάνουν τα πρώτα τους βήματα στην

εκπαιδευτική ρομποτική μέσω ενός γνώριμου περιβάλλοντος. Δίνει επίσης στους χρήστες επιπλέον κίνητρο να εξασκήσουν και να εξελίξουν τις ικανότητες και τις γνώσεις τους στο τομέα της ρομποτικής αφού εμβαθύνοντας σε αυτόν θα αυξάνει ο αριθμός εφαρμογών/παιχνιδιών που θα μπορούν να δημιουργούν και να ασχολούνται [78].

Δυνατότητες:

Η πλατφόρμα LEGO® Education SPIKE™ Essential Set μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα απλό παιχνίδι Lego αφού αποτελείται από δομικά υλικά LEGO® και τέσσερις μικροϋγούρες. Κάνοντας χρήση των δύο μικρών κινητήρων, του Small Hub, του γυροσκοπίου και της colour matrix οθόνης μέσω προγραμματισμού γίνεται εφικτή η εκτέλεση των κινήσεων που επιθυμούμε. Οι χρήστες μπορούν να πειραματιστούν, να δημιουργήσουν και να προγραμματίσουν την πλατφόρμα όπως επιθυμούν καθώς το λογισμικό παρέχει ένα φιλικό και εύχρηστο περιβάλλον [136, 137].



Εικόνα 39: Τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα της πλατφόρμας [138].

Εφαρμογή/APP

Η πλατφόρμα LEGO® Education SPIKE™ Essential Set προγραμματίζεται μέσω της εφαρμογής της SPIKE™ App. Η εφαρμογή SPIKE™ App, βασίζεται στο scratch προγραμματισμό, όπου βοηθά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων προγραμματισμού και είναι διαθέσιμη σε Android, iOS, MacOS, Windows 10 και Chromebook. Όλο αυτό βεβαίως συνοδεύεται από τεχνική υποστήριξη εντός της εφαρμογής αλλά και μέσω του διαδικτύου [135].

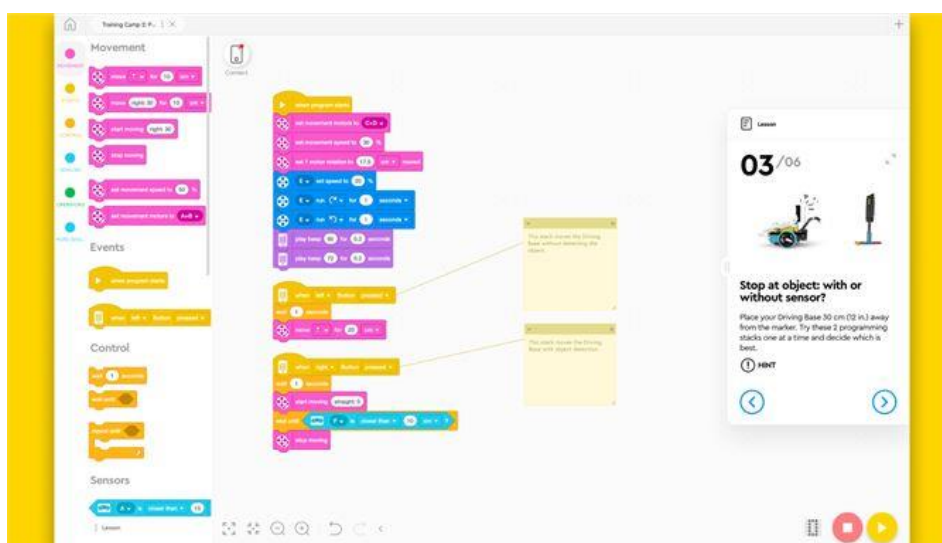
Βασικές λειτουργίες

Η πλατφόρμα LEGO® Education SPIKE™ Essential Set μέσα στο λογισμικό που διατίθεται έχει πέντε προγράμματα σπουδών με οκτώ μαθήματα των 45 λεπτών καθώς και ενδεικτικές εφαρμογές που μπορούν να κατασκευαστούν οι οποίες αποτελούνται από τον κώδικα τους

και το σχέδιο υλοποίησης με τα δομικά υλικά LEGO®. Κάθε μάθημα ξεκινά με μια σχετική ιστορία με πρωταγωνιστές τα Minifigures και ο μαθητής πρέπει να τον βοηθήσει να λύσει ένα πρόβλημα φτιάχνοντας πρώτα ένα σύνολο και μετά κωδικοποιώντας ένα σύνολο οδηγιών για να το ενεργοποιήσει. Όχι μόνο ζωντανεύει τη φαντασία, αλλά η δραστηριότητα καλύπτει όλους τους πυλώνες του STEAM, από τη μηχανική και τις τέχνες μέχρι την τεχνολογία και τα μαθηματικά [135]. Το εξελιγμένο αλλά απλό στη χρήση LEGO® Technic™ Small Hub συνδυάζει και ελέγχει τους LEGO® Technic™ κινητήρες, αισθητήρες καθώς και άλλα στοιχεία LEGO® με στόχο την δημιουργία διαδραστικών μοντέλων. Διαθέτοντας δύο θύρες input/output, σύνδεση μέσω Bluetooth, γυροσκόπιο έξι αξόνων και επαναφορτιζόμενη μπαταρία ιόντων λιθίου μέσω θύρας micro USB, το Small Hub αποτελεί την καρδιά οποιουδήποτε SPIKE™ Essential μοντέλου [136]. Η πλατφόρμα περιλαμβάνει πληθώρα αισθητήρων μέσω των οποίων μπορούν να ελεγχθούν οι κατασκευές των χρηστών [78].

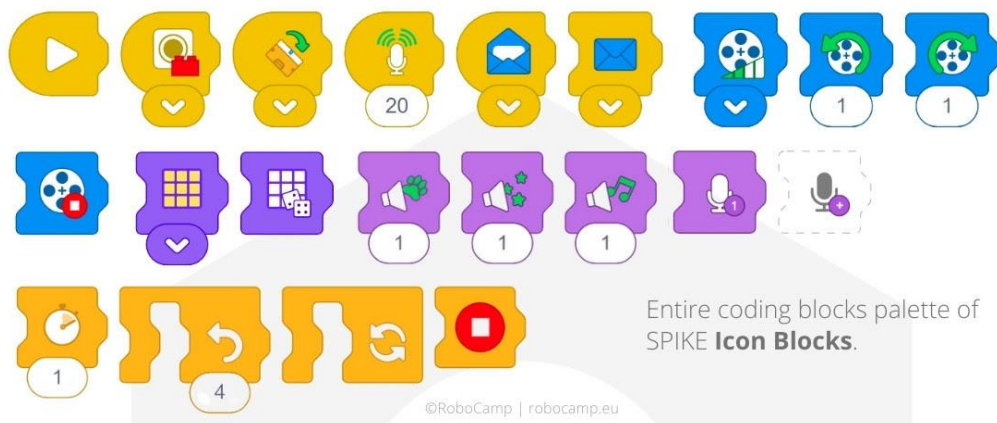
Block και scratch programming:

Η πλατφόρμα LEGO® Education SPIKE™ Essential Set προγραμματίζεται μέσω block και scratch programming προγραμματισμού. Αυτό δε σημαίνει άμεσα ότι οι δυνατότητες της προγραμματισμού της είναι περιορισμένες, αντιθέτως ο χρήστης δύναται να χρησιμοποιήσει τα δομικά υλικά της εταιρίας για να δημιουργήσει δικές του κατασκευές και να πειραματιστεί.



Εικόνα 40: Περιβάλλον scratch προγραμματισμού της πλατφόρμας LEGO® Education SPIKE™ Essential Set [139].

Το περιβάλλον προγραμματισμού της πλατφόρμας είναι δομημένο και κατασκευασμένο για αυτόν το σκοπό [135]. Η εφαρμογή SPIKE™ χρησιμοποιεί μια διαισθητική γλώσσα προγραμματισμού Drag&Drop που βασίζεται στο Scratch. Μερικά από τα μπλοκ είναι πανομοιότυπα με αυτά που χρησιμοποιούνται στο Scratch 3.0. Ενώ άλλα είναι ειδικά μπλοκ που αναπτύχθηκαν για να αλληλοεπιδρούν με το υλικό LEGO® Education SPIKE™ [140].



Εικόνα 41: Οι διαθέσιμες εντολές στο block προγραμματισμό [138].

Συμπέρασμα:

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η πλατφόρμα LEGO® Education SPIKE™ Essential Set, είναι μια εξαιρετική πλατφόρμα για αρχάριους χρήστες στα πεδία της ρομποτικής και του προγραμματισμού. Το λογισμικό που παρέχει η εταιρία είναι εύχρηστο και προσίτο αλλά περιορίζει τις δυνατότητες προγραμματισμού. Τα δομικά υλικά της LEGO® δίνουν στο χρήστη μεγάλη ευελιξία στις κατασκευές που δημιουργεί και δεν τον περιορίζουν με αποτέλεσμα να κεντρίζει το ενδιαφέρον παιδιών των χρηστών [136]. Το βασικό μειονέκτημα της πλατφόρμας, είναι η τιμή αγοράς της αν αναλογιστούμε ότι υπάρχουν και άλλες πλατφόρμες που διατίθενται σε χαμηλότερη τιμή προσφέροντας τις αντίστοιχες δυνατότητες. Τέλος, οι δυνατότητες προγραμματισμού της πλατφόρμας περιορίζονται λόγω της ύπαρξης λογισμικού μόνο για block και scratch προγραμματισμό με αποτέλεσμα την μη διεύρυνση των γνώσεων και των ικανοτήτων του χρήστη μακροπρόθεσμα καθώς επίσης αποτελεί περιοριστικό παράγοντα η ύπαρξη μόνο δύο θυρών αφού περιορίζει το εύρος των διαδραστικών κατασκευών που μπορούν να κατασκευαστούν [138].

Αξιολόγηση:

Χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που έχουμε θέσει, η πλατφόρμα LEGO® Education SPIKE™ Essential Set βαθμολογείται ως:

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: Η τιμή της είναι σχετικά καλή αφού είναι κάτω των 250€ [136].

Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών: Το εγχειρίδιο που υπάρχει μέσα στη συσκευασία περιέχει βασικές πληροφορίες συνεπώς ο χρήστης είναι απαραίτητο να επισκεφτεί την ιστοσελίδα της εταιρίας για να λάβει ένα πλήρες πακέτο εκμάθησης που περιλαμβάνει πέντε ενότητες με οκτώ μαθήματα των 45 λεπτών αναλόγως το επίπεδο του χρήστη [136].

Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση πλατφόρμας: Η κατασκευή της πλατφόρμας LEGO® Education SPIKE™ Essential Set είναι πολύ απλή λόγω των δομικών υλικών που παρέχονται από την εταιρία. Η έλλειψη γραναζιών στα δομικά υλικά που παρέχονται στο αρχικό σετ αποτελεί ένα αρνητικό χαρακτηριστικό αφού περιορίζει το εύρος των κατασκευών. Τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα είναι υψηλής ποιότητας κατασκευής και εξαιρετικής αντοχής, καθώς επίσης δουλεύουν χωρίς κανένα πρόβλημα [138].

Εκμάθηση της πλατφόρμας: Το λογισμικό που παρέχεται από την εταιρία χωρίζει τον προγραμματισμό σε icon blocks που αντιπροσωπεύει τον block προγραμματισμό και σε word blocks που είναι ο scratch προγραμματισμός που είναι και ο βέλτιστος τρόπος κατανόησης του SPIKE™ Essential Set [138].

Γνώση/Ικανότητες: Η χρήση του block και scratch προγραμματισμού σε συνδυασμό με την ευελιξία που προσφέρουν τα δομικά υλικά LEGO®, παρέχουν τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει εξειδικευμένες και μοναδικές κατασκευές.

Επίπεδα ικανότητας: Ο αριθμός των εφαρμογών που μπορούν να εκτελεστούν είναι περιορισμένος εξαιτίας της έλλειψης γραναζιών, που είναι βασικό υλικό για τις ρομποτικές εφαρμογές, καθώς επίσης αρνητικό στοιχείο αποτελεί η ύπαρξη μόνο δύο θυρών στο Small Hub που διαθέτει η εφαρμογή [138].

Κοινότητα της πλατφόρμας: Η κοινότητα της LEGO® είναι αρκετά μεγάλη και στη συγκεκριμένη πλατφόρμα παραχωρούνται και ενότητες μαθημάτων στην ιστοσελίδα της εταιρίας.

Ευχρηστία της ιστοσελίδας: Οι πληροφορίες στην ιστοσελίδα της εταιρίας είναι προσιτές στους χρήστες.

Κριτήρια Αξιολόγησης Πλατφόρμας	Βαθμολογία
Εμπορική τιμή πλατφόρμας:	6
Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών:	3
Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας:	4
Εκμάθηση της πλατφόρμας:	2
Γνώση/Ικανότητες:	1
Επίπεδα ικανότητας:	4
Συνολική Βαθμολογία:	20
Επιπλέον Πόντοι	
Κοινότητα της πλατφόρμας:	8
Ευχρηστία της ιστοσελίδας:	4

Πίνακας 16: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Education SPIKE™ Essential Set.

LEGO® - Mindstorms™ EV3



Εικόνα 42: Η ρομποτική πλατφόρμα Mindstorms™ EV3 [141].

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: 550€ +Φ.Π.Α.

Ηλικιακός στόχος: 10+

Χαρακτηριστικά [142, 143]:

- Η καρδιά της πλατφόρμας είναι το EV3 Intelligent Brick με έναν πολύ δυνατό επεξεργαστή ARM9 που κάνει δυνατό τον έλεγχο κινητήρων και τη συλλογή δεδομένων από τους αισθητήρες.
- USB θύρες, συνδεσιμότητα στο Internet μέσω WiFi, και δυνατότητα ανάγνωσης καρτών micro SD, κουμπιά και τέσσερις πόρτες για τους κινητήρες.
- Παρέχει τρεις (3) σερβοκινητήρες.
- Αισθητήρας χρωμάτων.
- Δύο (2) αισθητήρες αφής.
- Αισθητήρας υπέρυθρων.
- Εμπεριέχονται περισσότερα από πεντακόσια σαράντα δομικά υλικά LEGO® για κατασκευές.
- Συμβατή με τους αισθητήρες Hi –Technik.
- Έλεγχος της πλατφόρμας με τηλεχειριστήριο ή μέσω της εφαρμογής που μπορεί να εγκαταστήσει ο χρήστης στη smart συσκευή ή στον υπολογιστή του.
- Εμπεριέχονται οδηγίες για τη συναρμολόγηση μιας πλατφόρμας με τη δυνατότητα ο χρήστης να βρει οδηγίες για ακόμη τέσσερις στην ιστοσελίδα της LEGO® καθώς και άλλες κατασκευές από χρήστες που υποστηρίζει η LEGO®.

Περιγραφή:

Η πλατφόρμα ρομποτικής της LEGO®, η Mindstorms™ EV3 εκμεταλλεύεται τις δυνατότητες που έχουν τα δομικά υλικά LEGO® και τις συνδυάζει με την πιο προηγμένη τεχνολογία της με σκοπό την δημιουργία κατασκευών που έχουν τη δυνατότητα να περπατήσουν, να μιλήσουν, να σκεφτούν και να κάνουν ότι επιθυμεί ο χρήστης. Η LEGO® έχει μία σειρά από προκλήσεις και αποστολές που μπορούν να πραγματοποιήσουν οι κατασκευές: TRACK3R, R3PTAR, SPIK3R, EV3RSTORM και GRIPP3R και ο χρήστης έρχεται αντιμέτωπος με προκλήσεις που θα κληθεί να ανταπεξέλθει μέσω της δημιουργίας κατάλληλων προγραμμάτων ανά περίπτωση. Η επικοινωνία μεταξύ της πλατφόρμας Mindstorms™ EV3 και της smart συσκευής ή του υπολογιστή καθώς και ο σχεδιασμός των προγραμμάτων γίνονται μέσω της εφαρμογής που παρέχεται από την εταιρία. Επίσης η κοινότητα της LEGO® Mindstorms™ EV3 δημιουργεί και μοιράζεται καινούριες κατασκευές και προκλήσεις τις οποίες υποστηρίζει και η εταιρία LEGO® [142, 144].

Δυνατότητες:

Η πλατφόρμα ρομποτικής Mindstorms™ EV3 απευθύνεται σε παιδιά ηλικίας δέκα χρονών και άνω. Η πλατφόρμα είναι δομημένη έτσι ώστε να μετατρέπει την εισαγωγή στην εκπαίδευση STEM, στην ρομποτική και στο προγραμματισμό σε μια ευχάριστη διαδικασία εύκολη και προσιτή. Η πλατφόρμα διαθέτει ένα πρόγραμμα το οποίο έχει ρυθμιστεί να ρίχνει κάτω κάποια λάστιχα που περιέχονται στη συσκευασία τα οποία τοποθετεί ο χρήστης πάνω σε μια ειδική πλατφόρμα για να τρέξει η ρουτίνα. Ο βαθμός πολυπλοκότητας της άσκησης είναι τέτοιος ώστε να μην ενδείκνυται για μικρούς ηλικιακά χρήστες χωρίς τη βοήθεια κάποιου ενήλικου [145]. Η πλατφόρμα Mindstorms™ EV3 σε καμία περίπτωση δεν είναι υποδεέστερη σε σχέση με τις άλλες πλατφόρμες που κυκλοφορούν στην αγορά, αφού το λογισμικό της LEGO®, το οποίο είναι τύπου block programming, είναι ένα από τα πιο εξελιγμένα και φιλικά προς τον χρήστη περιβάλλοντα. Επιπλέον, παρέχει βοήθεια εντός της ιστοσελίδας της LEGO® με περισσότερα από σαράντα μαθήματα μέσω βίντεο, είτε με οδηγίες που βρίσκονται εντός του προγράμματος. Κύριο μέλημα τους είναι η παροχή βοήθειας στον χρήστη έτσι ώστε να μην αποπροσανατολιστεί και χάσει το ενδιαφέρον του. Το δυνατότερο χαρακτηριστικό της πλατφόρμας Mindstorms™ EV3 είναι η πληθώρα των εφαρμογών και κατασκευών που μπορεί να δημιουργήσει ο χρήστης έχοντας την φαντασία του σαν μοναδικό όριο. Αυτό δίνει στην πλατφόρμα μακροζωία αφού ακόμα και αν εξαιρέσουμε τον αριθμό των δημιουργιών άλλων χρηστών αλλά και των κατασκευών που υπάρχουν στην ιστοσελίδα της εταιρίας, τα δομικά υλικά που παρέχονται στην πλατφόρμα Mindstorms™ EV3 είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να δίνουν τη δυνατότητα στον κάθε χρήστη να αυτοσχεδιάσει και να κατασκευάσει τις δικές του μοναδικές δημιουργίες [144].

Εφαρμογή/APP

Η εφαρμογή που διατίθεται για την πλατφόρμα Mindstorms™ EV3 μπορεί να εγκατασταθεί τόσο σε υπολογιστές όσο και σε έξυπνες συσκευές όπως smartphone ή tablet. Στο οπισθόφυλλο των οδηγιών που βρίσκονται στην συσκευασία υπάρχει ένα υπόδειγμα που

παραπέμπει τον χρήστη στην ιστοσελίδα της εταιρίας στο οποίο μπορεί να βρει όλες τις εφαρμογές που έχει κατασκευάσει η ίδια η εταιρία ή άλλοι χρήστες που έχουν κοινοποιήσει το υλικό τους. Επιπλέον, το κατέβασμα και η εγκατάσταση του λογισμικού από την ιστοσελίδα της εταιρίας δεν παρουσιάζουν δυσκολία στο χρήστη [142]. Συμπληρωματικά, υπάρχουν εγχειρίδια μέσα στην εφαρμογή που εξηγούν τον τρόπο κατασκευής των πέντε βασικών ρομποτικών πλατφορμών του Mindstorms™ EV3 (TRACK3R, R3PTAR, SPIK3R, EV3RSTORM, GRIPP3R). Επιπρόσθετα, περιλαμβάνεται βοηθητικό υλικό για το πως θα προγραμματιστούν να εκτελούν κάποιες ασκήσεις, στην περίπτωση που ο χρήστης συναντήσει δυσκολίες στην υλοποίησή τους. Το πρόγραμμα το οποίο είναι προεγκατεστημένο από την εταιρία λειτουργεί συνδυαστικά με την κατασκευή TRACK3R. Μαζί με όλα αυτά η κάθε κατασκευή επιτελεί διαφορετικές ασκήσεις όπου η κάθε μία ξεχωριστά προσφέρει έναν στόχο στον χρήστη. Η κάθε άσκηση περιλαμβάνεται σε μορφή βίντεο ώστε ο χρήστης να γνωρίζει το αναμενόμενο αποτέλεσμα αν η πλατφόρμα προγραμματιστεί σωστά, αφήνοντας έτσι τον χρήστη να ανακαλύψει τη λύση μόνος του. Αυτή είναι η μέθοδος διδασκαλίας που χρησιμοποιεί η ρομποτική πλατφόρμα Mindstorms™ EV3 ώστε ο χρήστης να αποκτήσει και να διευρύνει τις γνώσεις του στη ρομποτική και τον προγραμματισμό [144, 145].

Βασικές Λειτουργίες

Όπως προαναφέρθηκε οι λειτουργίες της πλατφόρμας Mindstorms™ EV3 δεν περιορίζονται σε ένα σχεδιασμό αφού η φιλοσοφία της συγκεκριμένης πλατφόρμας στηρίζεται στο ότι η κάθε κατασκευή έχει κάτι μοναδικό να προσφέρει. Επιπρόσθετα, δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα πειραματισμού στο έπακρο μέσω αυτής της πλατφόρμας [144].

Οι πέντε βασικές κατασκευές της πλατφόρμας είναι οι [142]:

- **EV3RSTORM**
Η βασική κατασκευή από την οποία πήρε το όνομά της η συγκεκριμένη πλατφόρμα ρομποτικής έχοντας την ικανότητα περπατήματος και κίνησης των χεριών της.
- **SPIK3R**
Έχει τη δυνατότητα να κινείται σαν σκορπιός, διαθέτει δαγκάνες που ανοιγοκλείνουν και η ουρά του είναι κατασκευασμένη έτσι ώστε να εκτοξεύει βλήματα.
- **R3PTAR**
Έχει τη δυνατότητα να σέρνεται σαν φίδι και να πραγματοποιεί επίθεση με αστραπιαία ταχύτητα.
- **GRIPP3R**
Έχει κατασκευαστεί έτσι ώστε να μπορεί να σηκώσει και να ρίξει αντικείμενα που ζυγίζουν έως τριακόσια γραμμάρια.
- **TRACK3R**
Το TRACK3R είναι ένα όχημα ικανό να κινηθεί σε όλα τα εδάφη και διαθέτει εκτοξευτήρα με αρπάγη που ανοιγοκλείνει και σφυρί.



Εικόνα 43: Οι βασικές κατασκευές που παρέχονται από την εταιρία [146].

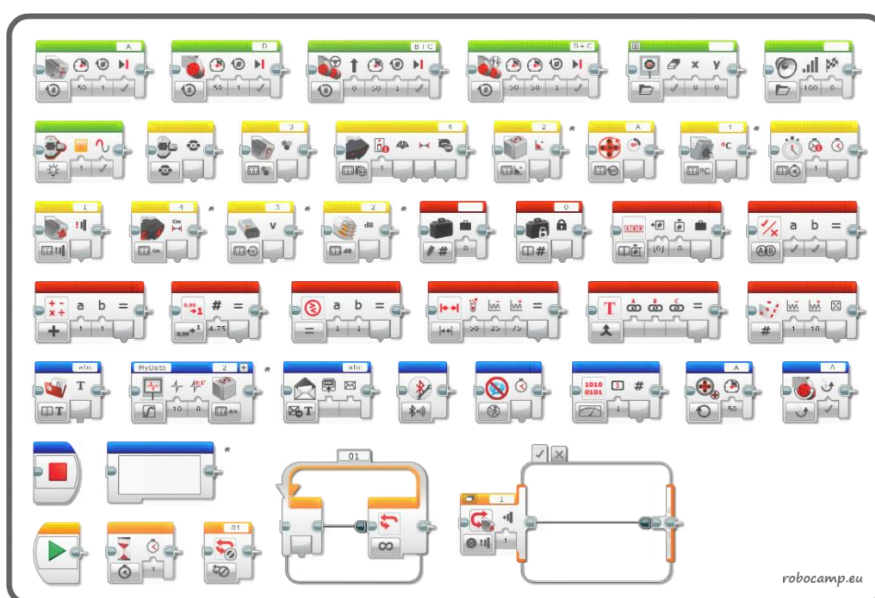
Υπάρχουν επίσης αρκετές κατασκευές τις οποίες έχουν δημιουργήσει και κοινοποιήσει άλλοι χρήστες και συνοδεύονται από οδηγίες που αναλύουν τον τρόπο που μπορεί κάποιος χρήστης να συναρμολογήσει την εικονιζόμενη κατασκευή μαζί με προκλήσεις και ασκήσεις που έχουν δημιουργήσει. Ο σκοπός τους είναι να καταφέρει ο χρήστης να εκμεταλλευτεί πλήρως τις δυνατότητες της πλατφόρμας και να καταφέρει να ολοκληρώσει την εκάστοτε άσκηση [147, 148, 149, 150]. Μερικά παραδείγματα που έχουν κοινοποιηθεί στην κοινότητα φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 44: Παραδείγματα κατασκευών από μέλη της κοινότητας [151].

Block programming:

Η πλατφόρμα Mindstorms™ EV3 μπορεί να προγραμματιστεί μέσω καλωδίου USB, ωστόσο παρέχεται η δυνατότητα να μεταφερθεί μέσω της κάρτας μνήμης micro SD ή μέσω Bluetooth. Σε συνδυασμό με τη φιλοσοφία του block programming προγραμματιστικού περιβάλλοντος, καθίσταται ευκολότερο να προγραμματιστεί και μέσω smartphone ή tablet [145]. Παράλληλα, η εφαρμογή διαθέτει εγχειρίδια για την υλοποίηση κάθε κατασκευής ώστε να διευκολύνονται οι χρήστες. Μέσω της συγκεκριμένης εφαρμογής, ο χρήστης δύναται να κατασκευάσει το δικό του πρόγραμμα από το μηδέν, κάτι που ίσως φαίνεται δύσκολο στην αρχή για όποιον δεν διαθέτει κάποια σχετική εμπειρία, όμως το πρόγραμμα έχει αρκετά προγραμματιστικά εργαλεία για τη διευκόλυνση και εξοικείωση του χρήστη. Το κάθε στοιχείο στην εφαρμογή, όπως για παράδειγμα οι κινητήρες ή οι αισθητήρες, απεικονίζονται με διαφορετικά σύμβολα και χρώματα ανάλογα με τις μεταβλητές του, πράγμα που βοηθά στη απλοποίησή του [144, 145, 152].



Εικόνα 45: Περιβάλλον προγραμματισμού της πλατφόρμας Mindstorms™ EV3 [152].

Συμπέρασμα:

Συνοψίζοντας, η πλατφόρμα ρομποτικής της LEGO®, Mindstorms™ EV3, είναι μία από τις καλύτερες και υψηλών προδιαγραφών πλατφόρμες, όσον αφορά το λογισμικό αλλά και το υλισμικό κομμάτι της. Επιπλέον, δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να αυτοσχεδιάσει και να υλοποιήσει δικές του κατασκευές, πέρα από την τεράστια ποικιλία κατασκευών που παρέχονται από την ίδια τη κατασκευάστρια εταιρία ή από τις δημιουργίες άλλων χρηστών [153]. Παρ' όλα αυτά, το βασικότερο αρνητικό στοιχείο της συγκεκριμένης πλατφόρμας είναι ότι η μεγαλύτερη βαθμίδα εξοικείωσης που προσφέρει σε επίπεδο προγραμματισμού είναι ο block programming προγραμματισμός. Αυτό σε συνδυασμό με την υψηλή τιμή αγοράς της πλατφόρμας μπορεί να απωθήσει κάποιον από την αγορά του προϊόντος, εάν

επιθυμεί να εξελίξει περαιτέρω τις γνώσεις του σε πιο προχωρημένο επίπεδο προγραμματισμού [154, 155].

Αξιολόγηση:

Χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που έχουμε θέσει, η πλατφόρμα Mindstorms™ EV3 βαθμολογείται ως [142, 145, 147, 154, 155]:

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: Η πλατφόρμα είναι αρκετά ακριβή αφού αγγίζει τα 550€.

Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών: Υπάρχουν πληροφορίες σε μορφή εγχειριδίου για μια κατασκευή ενώ οι υπόλοιπες υπάρχουν στην ιστοσελίδα της εταιρίας ή στην εφαρμογή της πλατφόρμας.

Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση πλατφόρμας: Εύκολη κατασκευή χάρη στα δομικά υλικά της LEGO® και πολύ καλό παρεχόμενο προγραμματιστικό περιβάλλον, ίσως με μικρό αριθμό στα παρεχόμενα αισθητήρια.

Εκμάθηση της πλατφόρμας: Υπάρχουν πολλές ασκήσεις και προκλήσεις με τις οποίες μπορεί να ασχοληθεί ο χρήστης και να εξοικειωθεί με την λειτουργία της πλατφόρμας.

Γνώση/Ικανότητες: Μέσω των πολυάριθμων προκλήσεων, ο χρήστης μαθαίνει να χρησιμοποιεί και να οικειοποιείται τις βασικές αρχές της εκπαίδευσης STEM.

Επίπεδα ικανότητας: Ο χρήστης δύναται να εξελίξει τις γνώσεις του σε μεγάλο βαθμό λόγω του καλοσχεδιασμένου προγραμματιστικού περιβάλλοντος του Mindstorms™ EV3 αλλά περιορίζεται από την δυνατότητα προγραμματισμού μόνο με block programming.

Κοινότητα της πλατφόρμας: Υπάρχει μεγάλη ποικιλία από κατασκευές άλλων χρηστών καθώς και οπτικοακουστικό υλικό με ακριβείς οδηγίες.

Ευχρηστία της ιστοσελίδας: Η ιστοσελίδα της LEGO® είναι αρκετά απλή ώστε να μπορεί να περιηγηθεί ο χρήστης και να λάβει τις πληροφορίες που επιθυμεί.

Κριτήρια Αξιολόγησης Πλατφόρμας	Βαθμολογία
Εμπορική τιμή πλατφόρμας:	1
Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών:	3
Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας:	4
Εκμάθηση της πλατφόρμας:	2
Γνώση/Ικανότητες:	1
Επίπεδα ικανότητας:	7
Συνολική Βαθμολογία:	18
Επιπλέον Πόντοι	
Κοινότητα της πλατφόρμας:	8
Ευχρηστία της ιστοσελίδας:	4

Πίνακας 17: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Mindstorms™ EV3.

LEGO® - Education SPIKE™ Prime Set



Εικόνα 46: Η ρομποτική πλατφόρμα Education SPIKE™ Prime Set [156].

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: 330€ +Φ.Π.Α.

Ηλικιακός στόχος: 10+

Χαρακτηριστικά [157]:

- Ένα Hub με έξι θύρες εισόδου/εξόδου, ενσωματωμένη οθόνη matrix 5x5, ηχείο για αναπαραγωγή ήχου, συνδεσιμότητα μέσω Bluetooth, ενσωματωμένο γυροσκόπιο έξι αξόνων και επαναφορτιζόμενη Li-ion μπαταρία.
- Ένα (1) LEGO® Technic™ Large Angular κινητήρα.
- Δύο (2) LEGO® Technic™ Medium Angular κινητήρες.
- Ένας (1) αισθητήρας χρώματος LEGO® Technic™ Colour Sensor.
- Ένας (1) αισθητήρας απόστασης LEGO® Technic™ Distance Sensor.
- Ένας (1) αισθητήρας πίεσης LEGO® Technic™ Force Sensor.
- 500+ δομικά υλικά LEGO®.

Περιγραφή:

Το SPIKE™ Prime Set της LEGO® Education είναι μια διαισθητική, επεκτάσιμη και εξαιρετικά προσαρμόσιμη λύση εκμάθησης STEAM για χρήστες ηλικίας άνω των δέκα ετών. Η πλατφόρμα SPIKE™ Prime συνδυάζει τα δομικά υλικά LEGO® με έξυπνο hardware και κωδικοποίηση τύπου Drag&Drop, που βασίζεται στο Scratch προγραμματισμό, με στόχο την επίλυση περίπλοκων προβλημάτων. Τα δομικά υλικά λειτουργούν σε συνδυασμό με την εφαρμογή LEGO® Education SPIKE™, η οποία επιτρέπει στους μαθητές να προγραμματίζουν τις δημιουργίες τους μέσω της μεγάλης ποικιλίας εντολών που διατίθενται. Από εφαρμογές

χαμηλού επιπέδου έως απεριόριστες δυνατότητες δημιουργικού σχεδιασμού, το SPIKE™ Prime βοηθά τους χρήστες να εξοικειωθούν με τις βασικές δεξιότητες STEAM που χρειάζονται για να γίνουν τα καινοτόμα μυαλά του αύριο [158]. Η καρδιά της εφαρμογής SPIKE™ Prime Set είναι το προγραμματιζόμενο Hub. Αυτή η προηγμένη αλλά απλή στη χρήση συσκευή διαθέτει 6 θύρες εισόδου/εξόδου, matrix οθόνη 5x5, συνδεσιμότητα Bluetooth, ηχείο, γυροσκόπιο έξι (6) αξόνων και επαναφορτιζόμενη Li-ion μπαταρία. Το SPIKE™ Prime Set περιλαμβάνει επίσης κινητήρες και αισθητήρες υψηλής ακρίβειας που, μαζί με μια μεγάλη ποικιλία από πολύχρωμα δομικά υλικά LEGO®, επιτρέπουν στους χρήστες να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν ρομπότ, δυναμικές συσκευές και άλλα διαδραστικά μοντέλα. Τα πολλά σημεία προσάρτησης στο Hub, οι κινητήρες και οι αισθητήρες καθώς και τα νέα, μεγάλα δομικά υλικά βοηθούν ώστε οι μαθητές να αφιερώνουν λιγότερο χρόνο στην κατασκευή και περισσότερο χρόνο στην εκμάθηση [159].

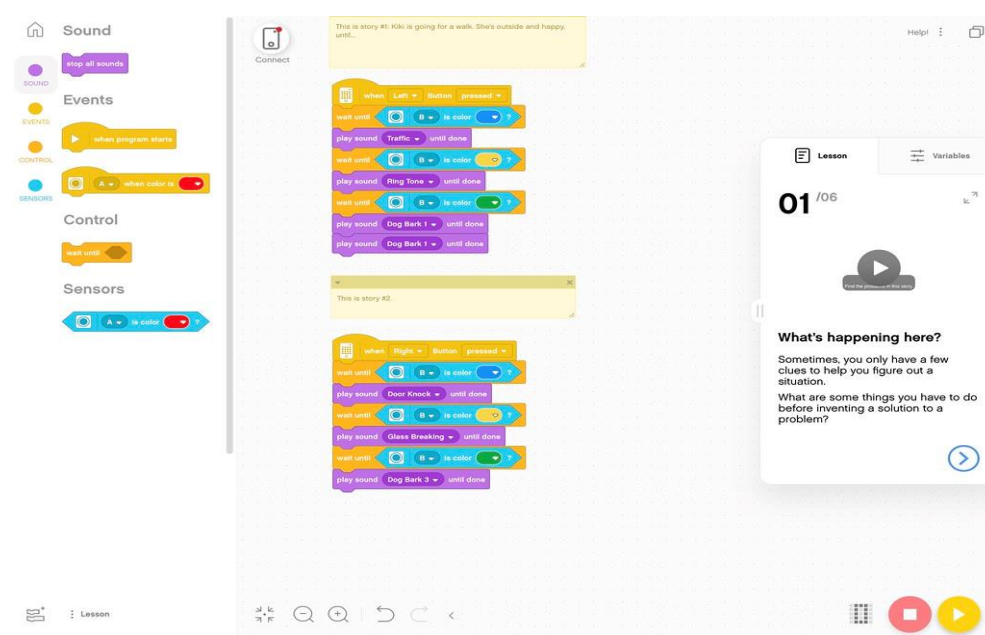
Δυνατότητες:

Η πλατφόρμα ρομποτικής SPIKE™ Prime Set απευθύνεται σε παιδιά ηλικίας δέκα (10) χρονών και άνω. Η πλατφόρμα είναι δομημένη έτσι ώστε να μετατρέπει την εισαγωγή στην εκπαίδευση STEM, στην ρομποτική και στο προγραμματισμό σε μια ευχάριστη διαδικασία εύκολη και προσιτή. Η πλατφόρμα SPIKE™ Prime Set σε καμία περίπτωση δεν είναι υποδεέστερη σε σχέση με τις άλλες πλατφόρμες που κυκλοφορούν στην αγορά, αφού το λογισμικό της LEGO®, το οποίο είναι τύπου scratch και block programming, είναι ένα από τα πιο εξελιγμένα και φιλικά προς τον χρήστη περιβάλλοντα. Επιπλέον, παρέχει βοήθεια εντός της ιστοσελίδας της LEGO® με πέντε ενότητες που περιέχουν από οκτώ οπτικοποιημένα μαθήματα των 45 λεπτών, ανάλογα με το επίπεδο του χρήστη. Κύριο μέλημα τους είναι η παροχή βοήθειας στον χρήστη έτσι ώστε να μην αποπροσανατολιστεί και χάσει το ενδιαφέρον του [157, 159]. Το δυνατότερο χαρακτηριστικό της πλατφόρμας SPIKE™ Prime Set είναι η πληθώρα των εφαρμογών και κατασκευών που μπορεί να δημιουργήσει ο χρήστης έχοντας την φαντασία του σαν μοναδικό όριο. Αυτό δίνει στην πλατφόρμα μακροζωία αφού ακόμα και αν εξαιρέσουμε τον αριθμό των δημιουργιών άλλων χρηστών αλλά και των κατασκευών που υπάρχουν στην ιστοσελίδα της εταιρίας, τα δομικά υλικά που παρέχονται στην πλατφόρμα SPIKE™ Prime Set είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να δίνουν τη δυνατότητα στον κάθε χρήστη να αυτοσχεδιάσει και να κατασκευάσει τις δικές του μοναδικές δημιουργίες [157].

Εφαρμογή/APP

Η εφαρμογή που διατίθεται για την πλατφόρμα SPIKE™ Prime Set μπορεί να εγκατασταθεί τόσο σε υπολογιστές όσο και σε έξυπνες συσκευές όπως smartphone ή tablet. Ως περιβάλλον προγραμματισμού επιλέχθηκε μια πλατφόρμα τύπου Scratch. Δεδομένου ότι επί του παρόντος η γλώσσα Scratch αγαπά τόσο τους αρχάριους όσο και τους έμπειρους προγραμματιστές όλων των ηλικιών, η επιλογή αυτής της πλατφόρμας για τη σύνταξη αλγορίθμων είναι μια πολύ καλή απόφαση. Στη δομή της, η ίδια η εφαρμογή μοιάζει με το περιβάλλον προγραμματισμού WeDo 2.0. Το ίδιο το πρόγραμμα και η επίσημη ιστοσελίδα της LEGO® παρέχουν μια ποικιλία υλικών για την οργάνωση της εργασίας τόσο με το kit όσο και με το περιβάλλον προγραμματισμού. Ωστόσο, υπάρχουν επίσης απαιτήσεις για το

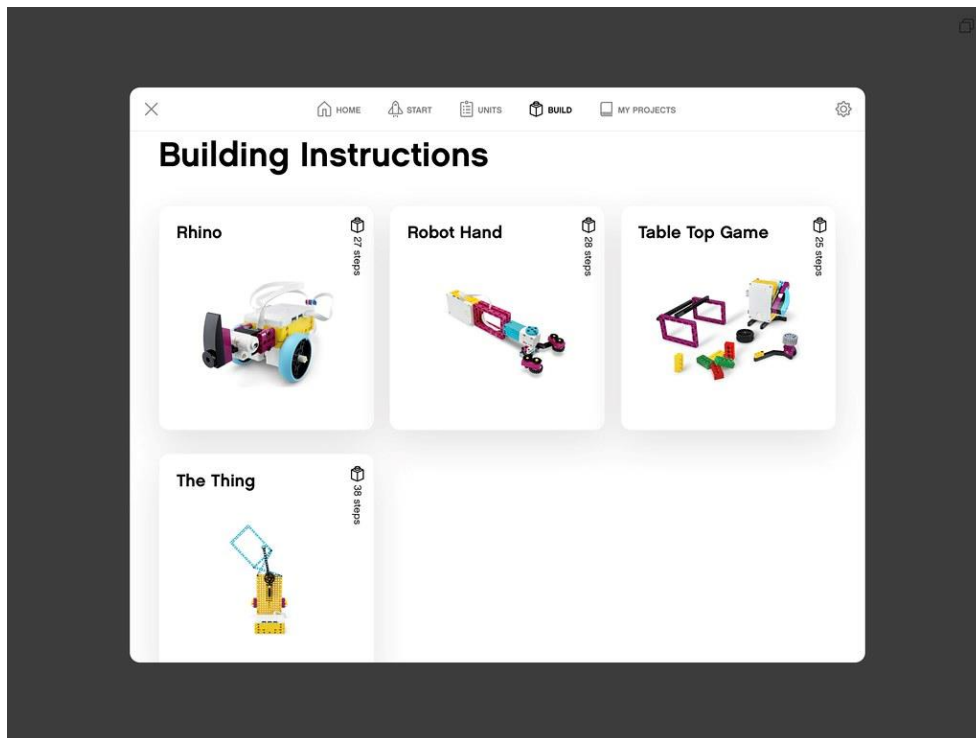
λειτουργικό σύστημα. Ο υπολογιστής πρέπει να έχει εγκατεστημένα Windows 10 (ή MacOS OS). Επίσης διαθέσιμες πλατφόρμες είναι το Android, το iPad και το Chromebook. Στην εφαρμογή, κατά την εγκατάσταση, είναι διαθέσιμα τέσσερα μαθήματα έναρξης και είναι δυνατή η λήψη πρόσθετου υλικού από τη βιβλιοθήκη μαθημάτων. Επίσης οι προγραμματιστές έχουν επεξεργαστεί την ενότητα "Πρώτα βήματα" με τη μέγιστη λεπτομέρεια [160]. Το κάθε μάθημα περιλαμβάνεται σε μορφή βίντεο ώστε ο χρήστης να γνωρίζει το αναμενόμενο αποτέλεσμα αν η πλατφόρμα προγραμματιστεί σωστά, αφήνοντας έτσι τον χρήστη να ανακαλύψει τη λύση μόνος του. Αυτή είναι η μέθοδος διδασκαλίας που χρησιμοποιεί η ρομποτική πλατφόρμα SPIKE™ Prime Set ώστε ο χρήστης να αποκτήσει και να διευρύνει τις γνώσεις του στη ρομποτική και τον προγραμματισμό [159].



Εικόνα 47: Περιβάλλον Scratch προγραμματισμού της πλατφόρμας [161].

Βασικές Λειτουργίες

Η πλατφόρμα ρομποτικής SPIKE™ Prime Set παρέχει πολύ βολικούς τρόπους κατασκευής ρομπότ. Ωστόσο, ο εύκολος αυτός τρόπος δημιουργεί στον χρήστη μια αίσθηση ρουτίνας αφού το εκπαιδευτικό σύνολο δεν παρέχει πολύ σύνθετες κατασκευές ρομπότ. Βεβαίως τα ρομπότ προορίζονται για εκπαιδευτικούς σκοπούς και οι χρήστες πρέπει να τα κατασκευάσουν σε σύντομο χρονικό διάστημα, αλλά θετική θα ήταν η ύπαρξη ενός βασικού μοντέλου. Η κατασκευή των προτεινόμενων εφαρμογών πραγματοποιείται συνήθως με τη χρήση της εφαρμογής SPIKE™ App σε tablet ή υπολογιστή. Όταν επιλεγεί ένα ρομπότ, ο χρήστης θα μεταφερθεί στην κύρια σελίδα αυτού του ρομπότ [161].



Εικόνα 48: Οι προτεινόμενες κατασκευές της ρομποτικής πλατφόρμας [161].

Οι οδηγίες είναι πολύ σαφείς και εύκολο να ακολουθηθούν. Εκτελώντας τα βήματα ολοκληρώνεται το μοντέλο και σημειώνονται και οι θύρες του Hub που θα χρειαστούν. Οι ψηφιακές οδηγίες κατασκευής είναι πολύ ελκυστικές για τους νέους κατασκευαστές που έχουν ήδη συνηθίσει να χρησιμοποιούν tablet ή άλλες ψηφιακές συσκευές. Εκτός από τις οδηγίες δημιουργίας κατασκευών, η εφαρμογή διαθέτει επίσης θεματικές εργασίες. Αυτές οι εργασίες περιέχουν μαθήματα SPIKE™ Prime, ομαδοποιημένα σε θεματικές ενότητες ώστε να εμπλακούν ενεργά οι χρήστες στη μάθηση STEAM [161].

Η πρώτη ενότητα προσανατολίζεται στην ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης στο μάθημα της Πληροφορικής. Το έναυσμα της επιχειρηματικότητας μπορεί ανά πάσα στιγμή να δώσει το ερέθισμα της δημιουργίας στους νεαρούς χρήστες. Μετατρέποντας αυτές τις σκέψεις σε πραγματικότητα μέσα από αυτή την ενότητα οι χρήστες μαθαίνουν την αποδόμηση ενός προβλήματος σε μικρότερα μέρη, τον έλεγχο σφαλμάτων (Debugging), την αναγνώριση μοτίβων και την χρήση των ίδιων τμημάτων κώδικα σε διαφορετικά πλαίσια και την δημιουργία αλγορίθμων. Στο τελικό μάθημα, οι μαθητές θα ενσωματώσουν όλες αυτές τις δεξιότητες σε μια εφαρμογή σχεδιασμού ενός ρομπότ που ταξινομεί κιβώτια σε ένα εργοστάσιο [157].



Εικόνα 49: Η πρώτη ενότητα αφορά την ώθηση της επιχειρηματικότητας (Kickstart a Business) [157].

Η δεύτερη ενότητα προσανατολίζεται στην διαδικασία του engineering και είναι η ομάδα εφευρετών. Οι χρήστες σε κάθε μάθημα γίνονται εφευρέτες που επικεντρώνονται σε ένα συγκεκριμένο στάδιο της διαδικασίας σχεδίασης. Τα στάδια είναι η εύρεση και ο ορισμός του προβλήματος, η σχεδίαση πρωτότυπων, η δοκιμή και τέλος η αξιολόγηση. Στο τελικό μάθημα οι χρήστες θα συνδυάσουν όλα αυτά τα βήματα, ώστε να σχεδιάσουν μια έτοιμη λύση όπως θα τους ζητηθεί από τον εκπαιδευτικό τους [157].



Εικόνα 50: Η δεύτερη ενότητα αφορά την ομάδα εφευρετών (Invention Squad) [157].

Η τρίτη ενότητα προσανατολίζεται στην αναπαράσταση και τη διαχείριση δεδομένων στο μάθημα της Πληροφορικής. Οι χρήστες εξερευνούν θέματα όπως είναι ο συγχρονισμός, οι μεταβλητές και λειτουργίες, τα ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα σχετικά με τις καιρικές συνθήκες και τέλος οι πίνακες. Στο τελικό μάθημα, οι χρήστες καλούνται να ενσωματώσουν όλες αυτές τις έννοιες στο σχεδιασμό ενός personal trainer (προσωπικού βοηθού) που θα τους βοηθά να αποκτούν πρόσβαση σε μια πληροφορία ταχύτερα [157].



Εικόνα 51: Η τρίτη ενότητα αφορά τις έξυπνες λύσεις σε καθημερινές διαδικασίες (Life Hacks) [157].

Στην τέταρτη ενότητα οι χρήστες εισάγονται στον κόσμο των διαγωνισμών ρομποτικής καθώς σταδιακά θα μαθαίνουν τα βασικά στάδια της κατασκευής και του προγραμματισμού αυτόνομων ρομπότ. Μέσω της συνεργασίας θα είναι σε θέση να κατασκευάσουν ένα αποτελεσματικό διαγωνιστικό ρομπότ, θα εκτελούν δοκιμές συστηματικά ώστε να ελέγξουν και να τελειοποιήσουν τα προγράμματα και τις κατασκευές τους, θα εφαρμόσουν τη διαδικασία σχεδίασης για να αναπτύξουν λύσεις με στόχο την ολοκλήρωση αποστολών, ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσουν δεξιότητες όπως η συνεργασία, η ομαδικότητα καθώς και δεξιότητες απαραίτητες για το προσωπικό και επαγγελματικό τους μέλλον [157].



Εικόνα 52: Η τέταρτη ενότητα αφορά την διαγωνιστική προετοιμασία (Competition Ready) [157].

Συμπέρασμα:

Η πρώτη εντύπωση από την πλατφόρμα SPIKE™ Prime είναι θετική. Θα φανεί στο μέλλον αν θα καταφέρει να λειτουργήσει σαν κρίκος μεταξύ του WeDo 2.0 και του Mindstorms™ EV3. Ταυτόχρονα όμως, σαν σύνολο έχει μεγάλες δυνατότητες στην εφαρμογή της εκπαιδευτικής μεθοδολογίας STEAM [160]. Είναι η μόνη STEAM πλατφόρμα που φέρνει τη μηχανική και τη σχεδίαση στον πραγματικό κόσμο με θεματικό τρόπο επικεντρωμένο στα life hacks, την επιχειρηματικότητα και την επίλυση προβλημάτων στον πραγματικό κόσμο

[162]. Η ομάδα LEGO® Education έχει κάνει πολύ καλή δουλειά συμπληρώνοντας τις υπάρχουσες εκπαιδευτικές λύσεις της με το SPIKE™ Prime. Η πλατφόρμα είναι εξαιρετική, ειδικά για να επιτρέπει στους χρήστες να δουν τα προγράμματά τους σε δράση, αλλά το πρόγραμμα σπουδών είναι επίσης κορυφαίο [158]. Για όσους μπορούν να ανταπεξέλθουν στο κόστος να αγοράσουν αυτή την πλατφόρμα και να τη διαθέσουν σε μαθητές, το SPIKE™ Prime μπορεί να είναι μια εξαιρετική συμπληρωματική επιλογή για τη συνένωση της επιστήμης και των μαθηματικών στη δημιουργική σκέψη [163]. Η εφαρμογή SPIKE™ App είναι αποτελεσματική, καθώς όλα όσα χρειάζονται οι χρήστες, οι οδηγίες συναρμολόγησης, τα βίντεο και η καθοδήγηση, βρίσκονται μέσα σε αυτή. Η σύνδεση του Hub με tablet ή υπολογιστή είναι γρήγορη, όπως και η αποστολή του κώδικα του προγράμματος. Είναι ένα προσεκτικά μελετημένο προϊόν που λαμβάνει υπόψη τα ουδέτερα ως προς το φύλο χρώματα. Αλλά οι χρήστες θα αγαπήσουν κυρίως την καινοτομία, την ομαδική εργασία, τη διασκέδαση και την ικανοποίηση που έρχεται με την εργασία προς έναν στόχο [164]. Το σετ παρέχει ατελείωτες δυνατότητες μέσω του συνδυασμού των πολύχρωμων δομικών υλικών LEGO®, του εύχρηστου υλικού και της γλώσσας κωδικοποίησης Drag&Drop που βασίζεται στο Scratch [165].

Αξιολόγηση:

Χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που έχουμε θέσει, η πλατφόρμα SPIKE™ Prime Set βαθμολογείται ως [158, 160, 162, 163, 164, 165, 166]:

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: Η πλατφόρμα είναι ικανοποιητική για το πακέτο που προσφέρει στα 330€.

Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών: Υπάρχουν πληροφορίες, εκπαιδευτικά προγράμματα και οδηγίες συναρμολόγησης και προγραμματισμού στην ιστοσελίδα της εταιρίας ή στην εφαρμογή της πλατφόρμας.

Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση πλατφόρμας: Εύκολη κατασκευή χάρη στα δομικά υλικά της LEGO® και πολύ καλό παρεχόμενο προγραμματιστικό περιβάλλον, το SPIKE™ Prime Set είναι πολύχρωμο και καλοφτιαγμένο. Με το SPIKE™ Prime Set δημιουργούνται στιβαρές κατασκευές χάρη στα LEGO® Technic δομικά υλικά.

Εκμάθηση της πλατφόρμας: Υπάρχουν πολλές διαδραστικές ασκήσεις και προκλήσεις με τις οποίες μπορεί να ασχοληθεί ο χρήστης και να εξοικειωθεί με την λειτουργία της πλατφόρμας.

Γνώση/Ικανότητες: Μέσω των πολυάριθμων προκλήσεων και των θεματικών ενοτήτων, ο χρήστης μαθαίνει να χρησιμοποιεί και να οικειοποιείται τις βασικές αρχές της εκπαίδευσης STEAM.

Επίπεδα ικανότητας: Ο χρήστης δύναται να εξελίξει τις γνώσεις του σε μεγάλο βαθμό λόγω του καλοσχεδιασμένου προγραμματιστικού περιβάλλοντος του SPIKE™ Prime Set αλλά περιορίζεται από την δυνατότητα προγραμματισμού μόνο με block και scratch programming.

Κοινότητα της πλατφόρμας: Υπάρχει μεγάλη ποικιλία από κατασκευές άλλων χρηστών καθώς και οπτικοακουστικό υλικό με ακριβείς οδηγίες συναρμολόγησης και προγραμματισμού.

Ευχρηστία της ιστοσελίδας: Η ιστοσελίδα της LEGO® είναι αρκετά απλή ώστε να μπορεί να περιηγηθεί ο χρήστης και να λάβει τις πληροφορίες που επιθυμεί.

Κριτήρια Αξιολόγησης Πλατφόρμας	Βαθμολογία
Εμπορική τιμή πλατφόρμας:	4
Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών:	4
Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας:	4
Εκμάθηση της πλατφόρμας:	2
Γνώση/Ικανότητες:	1
Επίπεδα ικανότητας:	7
Συνολική Βαθμολογία:	22
Επιπλέον Πόντοι	
Κοινότητα της πλατφόρμας:	8
Ευχρηστία της ιστοσελίδας:	4

Πίνακας 18: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Education SPIKE™ Prime Set.

EZ-Robot - JD Humanoid Robot



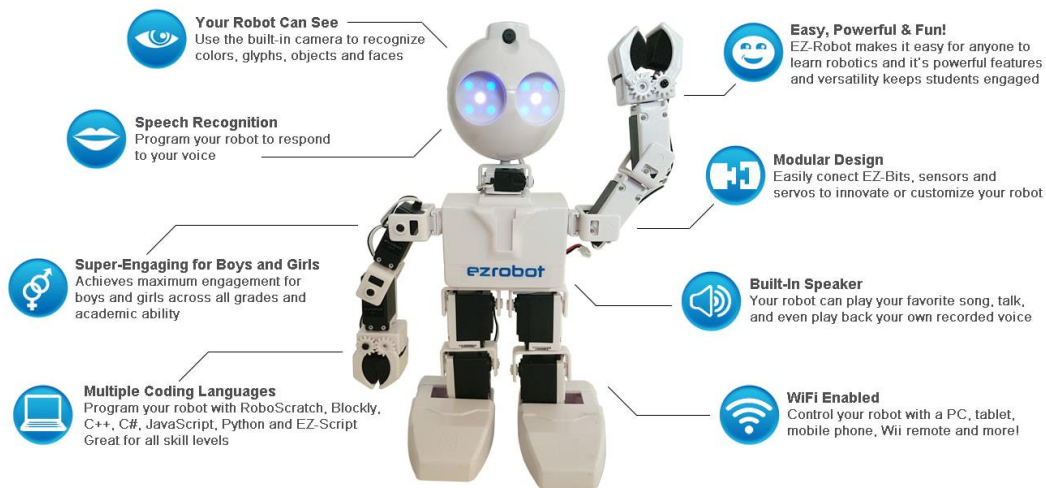
Εικόνα 53: Η ρομποτική πλατφόρμα JD Humanoid Robot [167].

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: 480€ +Φ.Π.Α.

Ηλικιακός στόχος: 10+

Χαρακτηριστικά [168]:

- Κεντρικός επεξεργαστής EZ-B v4.
- Wi-Fi συνδεσιμότητα (ad-hoc/infrastructure/WEP/WPA/WPA2).
- Κάμερα για δυνατότητα οπτικής παρακολούθησης.
- Δυνατότητα σύνδεσης έως 73 σερβοκινητήρων (συνδυάζοντας PWM και Dynamixel).
- Σερβοκινητήρες υψηλής αντοχής με μεταλλικά γρανάζια.
- Μπαταρία LiPO 7.4v 1300mAh.
- Ένδειξη φόρτισης μπαταρίας και θερμοκρασίας.
- Εύκολη συναρμολόγηση με Clip.



Εικόνα 54: Χαρακτηριστικές λειτουργίες της ρομποτικής πλατφόρμας [168].

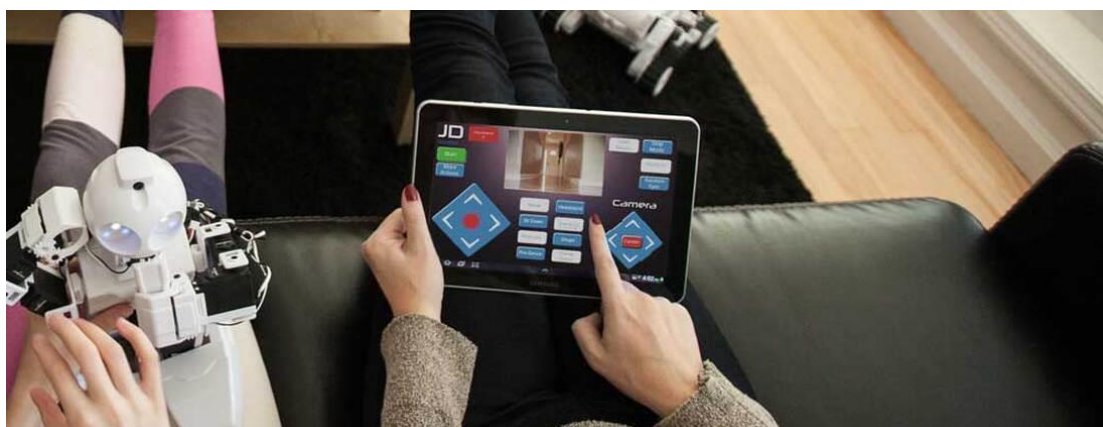
Περιγραφή:

Το JD Humanoid Robot είναι μια πλήρως λειτουργική ρομποτική πλατφόρμα STEM η οποία αποτελείται από τα κομμάτια EZ-Bits. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα έχει την δυνατότητα να προσφέρει έως δεκαέξι βαθμούς ελευθερίας μέσω των δώδεκα σερβοκινητήρων υψηλής αντοχής που διαθέτει. Στο κεφάλι της ρομποτικής πλατφόρμας υπάρχει μια κάμερα για τον εντοπισμό και την παρακολούθηση αντικειμένων, κίνησης, προσώπων, χρωμάτων και κωδικών QR [168]. Τα μάτια της ρομποτικής πλατφόρμας διαθέτουν συνολικά δεκαοκτώ LED, εννέα για κάθε μάτι με δυνατότητα ενός εκατομμυρίου συνδυασμών χρωμάτων. Ο κεντρικός επεξεργαστής EZ-B v4 της ρομποτικής πλατφόρμας διαθέτει μεγάλο εύρος διαφορετικών λειτουργιών και δυνατοτήτων, έχοντας ως αποτέλεσμα να προσφέρει πολλά επίπεδα δυσκολίας στους χρήστες είτε είναι αρχάριοι ,είτε είναι πιο έμπειροι. Μια από αυτές τις δυνατότητες είναι η παρακολούθηση προσώπων ή χρωμάτων μέσω της ενσωματωμένης κάμερας που βρίσκεται στο κεφάλι της ρομποτικής πλατφόρμας. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω πληθώρας λειτουργιών της πλατφόρμας που υποστηρίζονται με προεγκατεστημένα προγράμματα και ρουτίνες που βοηθούν στην εξοικείωση με το περιβάλλον προγραμματισμού. Ένας αρχάριος χρήστης της πλατφόρμας λαμβάνοντας υπόψιν το προηγούμενο παράδειγμα παρακολούθησης ενός προσώπου μέσω της κάμερας, έχει την δυνατότητα να κατασκευάσει ένα πρόγραμμα χρησιμοποιώντας έτοιμες εντολές που του παρέχονται από την εφαρμογή. Ένας έμπειρος χρήστης έχει την δυνατότητα κατασκευάσει το πρόγραμμα που επιθυμεί γράφοντας κατευθείαν τον κώδικα. Αυτή η δυνατότητα προσφέρει στον χρήστη μεγαλύτερη ελευθερία επιλογών στον χειρισμό της πλατφόρμας [168, 169].

Δυνατότητες:

Εφαρμογή/APP

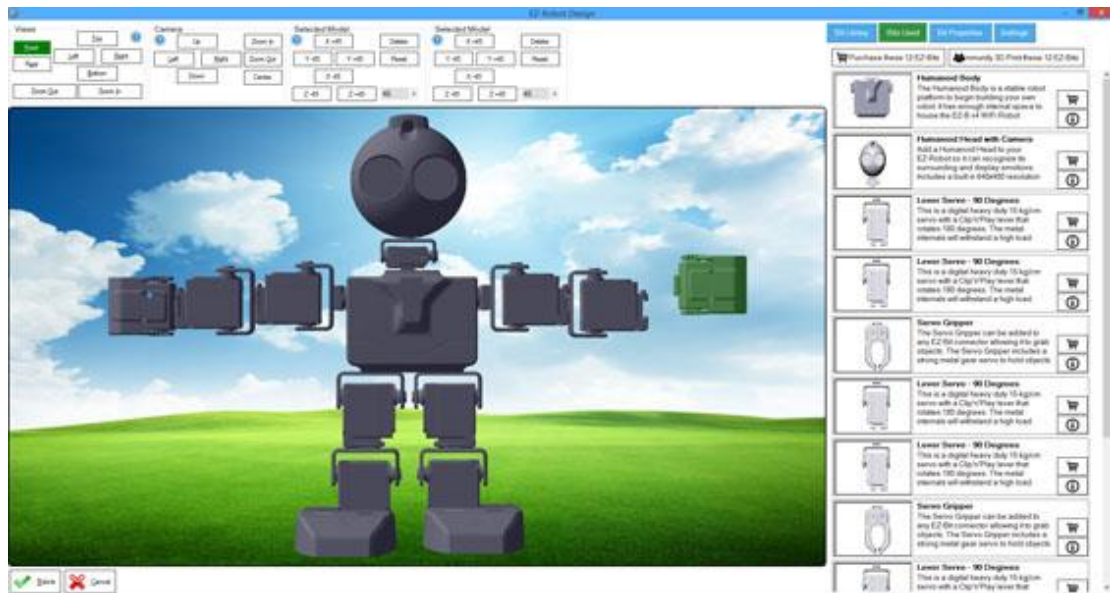
Η πλατφόρμα JD Humanoid Robot δύναται να ελεγχθεί μέσω του τηλεχειριστηρίου που υπάρχει στη συσκευασία της πλατφόρμας. Επίσης, η EZ-Robot διαθέτει εφαρμογή όπου μπορεί να εγκατασταθεί σε έξυπνες συσκευές (κινητά τηλέφωνα ή tablet) ή στον υπολογιστή [168].



Εικόνα 55: Εφαρμογή στο tablet για τον έλεγχο της πλατφόρμας [168].

Βασικές Λειτουργίες

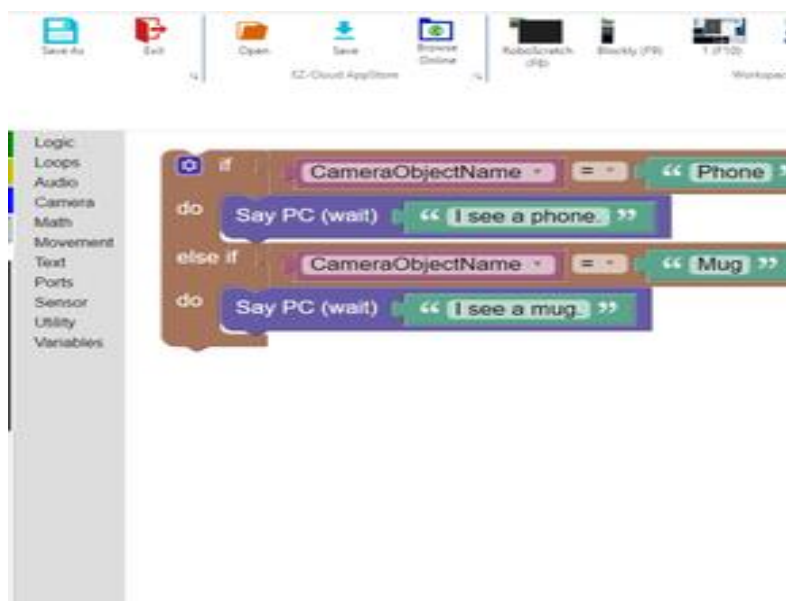
Η πλατφόρμα διαθέτει μεγάλο εύρος λειτουργιών με σημαντικότερη όλων την δυνατότητα ελέγχου αυτών μέσω προγραμματισμού με το EZ-Script από έμπειρο χρήστη. Αποτέλεσμα αυτής της δυνατότητας είναι η απόκτηση εμπειρίας προγραμματισμού που δεν περιορίζεται σε αυτή την πλατφόρμα, αλλά αποκτάται μια δεξιότητα που βρίσκει εφαρμογή και σε άλλα πεδία. Η εμπειρία που αποκομίζει ο χρήστης από την ενασχόληση του με την πλατφόρμα, βοηθά στην ευκολότερη προσαρμογή του στην χρήση πλατφορμών που απαιτούν μεγαλύτερη εξειδίκευση ή ακόμη και στο εργασιακό ή ερευνητικό επίπεδο. Ο χρήστης δύναται να ελέγξει κάθε έναν κινητήρα ξεχωριστά μέσω του προγραμματισμού ώστε να θέσει σε κίνηση την πλατφόρμα. Εναλλακτικά, έχει την δυνατότητα χρήσης έτοιμων ρουτίνων που εκτελούν συγκεκριμένες εντολές κίνησης της ρομποτικής πλατφόρμας [170]. Τέλος, υπάρχει και το ψηφιακό τηλεχειριστήριο για τον χειρισμό της πλατφόρμας που υπάρχει στην εφαρμογή που παρέχεται από την εταιρία. Ο έλεγχος της κάμερας της πλατφόρμας επιτυγχάνεται μέσω του χειριστηρίου που απεικονίζεται στην εφαρμογή που έχουμε εγκαταστήσει σε κάποια συσκευή. Υπάρχει και η δυνατότητα χρήσης των αυτόματων λειτουργιών της κάμερας, δηλαδή η αναγνώριση και παρακολούθηση προσώπων και χρωμάτων που θα υποδείξουμε ή η παρακολούθηση αντικειμένων, όπως ένα μολύβι. Με την χρήση του μικροφώνου παρέχεται στον χρήστη η δυνατότητα να καταγράψει δικούς του ήχους ή να χρησιμοποιήσει τους προεγκατεστημένους ήχους και να τους συνδυάσει με συγκεκριμένη κινησιολογία που θα εκτελεί η ρομποτική πλατφόρμα στο άκουσμά τους. Τα LED που υπάρχουν στο πρόσωπο της πλατφόρμας μπορούν να ελεγχθούν μέσω προγραμματισμού και να αποδώσουν την διάθεση του ρομπότ μέσω της χρωματικής παλέτας που διατίθεται. Με αυτό τον τρόπο ο χρήστης έχει την δυνατότητα να οπτικοποιήσει τα συναισθήματα του ρομπότ, δείχνοντας για παράδειγμα αν είναι χαρούμενο, λυπημένο ή νευριασμένο. Μια ακόμη λειτουργία που διαθέτει η πλατφόρμα είναι η δυνατότητα ζωντανής αναμετάδοσης εικόνας και ήχου μέσω της εφαρμογής που παρέχεται από την εταιρία [168, 170].



Εικόνα 56: Περιβάλλον λογισμικού της πλατφόρμας JD Humanoid Robot [168].

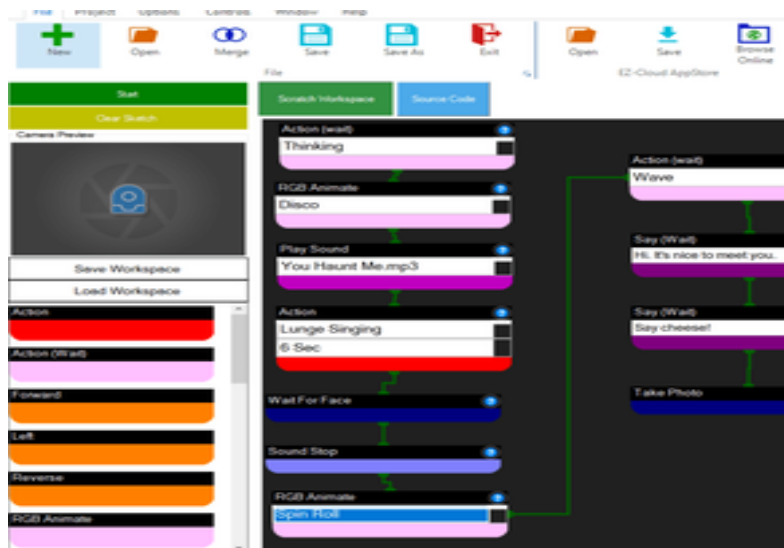
Block προγραμματισμός:

Η ρομποτική πλατφόρμα δύναται να ελεγχθεί μέσω έτοιμων εντολών και ρουτίνων. Στον χρήστη παρέχεται η δυνατότητα ελέγχου της πλατφόρμας με τρεις τρόπους προγραμματισμού. Ο block προγραμματισμός και ο RoboScratch προγραμματισμός απευθύνεται σε αρχάριους χρήστες, ενώ για τους πιο έμπειρους χρήστες υπάρχει η δυνατότητα προγραμματισμού απευθείας σε γλώσσα C++. Στον block προγραμματισμό ο χρήστης μπορεί να κατασκευάσει τις δικές του ρουτίνες. Μπορεί να εμπλουτίσει με ήχους την κάθε κίνηση της ρομποτικής πλατφόρμας κάνοντας χρήση των προεγκατεστημένων ήχων ή να δημιουργήσει δικούς του. Μπορεί να κάνει χρήση της κάμερας στο κεφάλι του ρομπότ ή να προγραμματίσει την κίνηση της πλατφόρμας.



Εικόνα 57: Προγραμματιστικό περιβάλλον Block Programming [171].

Με το RoboScratch μπορεί να εκτελέσει τις ίδιες λειτουργίες που θα έκανε με τον block προγραμματισμό δίνοντας του την δυνατότητα να προγραμματίσει συνδέοντας αντίστοιχα block χρησιμοποιώντας το Scratch Workspace, να προγραμματίσει απευθείας με κώδικα εντολών μέσω του Source Code ή να τοποθετήσει τα block και να φτιάξει το πρόγραμμα που επιθυμεί, παρακολουθώντας παράλληλα την σύνταξη του πηγαίου κώδικα.



Εικόνα 58: Προγραμματιστικό περιβάλλον RoboScratch [171].

```

3  sayAndWait("I see a mug.")
4
5  ControlCommand("Auto Position", "AutoPositionA
6  sleep(500)
7  waitFor($AutoPositionStatus = 0)
8
9
10 else
11
12 SayAndWait("Where is my mug?")
13 c|
14
15 en
16

```

- u ComClearInput(port)
- u ComClose(port)
- u ComOpen(port, baudRate)
- u ComRead(comPort, bytesToRead)
- u ComReadAll(comPort)
- u ComReadBinary(port, bytes to read, array)
- u ComReadLine(comPort)
- u ComWrite(port, string)
- u ComWriteBinary(port, array)
- u ComWriteLine(port, string)
- u Contains(haystack, needle)
- u ControlCommand(windowName, controlCommandParameter)
- u Cos(num)
- u cosh(num)
- u cot(num)

Εικόνα 59: Προγραμματιστικό περιβάλλον EZ-Script [171].

Συμπέρασμα:

Η ρομποτική πλατφόρμα JD Humanoid Robot είναι μια από τις καλύτερες πλατφόρμες που κυκλοφορούν στην αγορά. Η ποιοτική και ανθεκτική κατασκευή της είναι αδιαμφισβήτητη. Το εύρος των δυνατοτήτων της ικανοποιεί όλα τα επίπεδα των χρηστών, από αρχάριους έως έμπειρους, βοηθώντας μάλιστα στην εξάσκηση των ικανοτήτων τους στο τομέα της ρομποτικής. Το λογισμικό που προσφέρεται σε συνδυασμό με τις πολυάριθμες λειτουργίες του, όπως οι φωνητικές εντολές, δημιουργούν ένα περιβάλλον ευρειών εφαρμογών. Στα μειονεκτήματα της πλατφόρμας συγκαταλέγεται η τιμή της που είναι ιδιαίτερα υψηλή και στο εγχειρίδιο που εμπεριέχεται στην συσκευασία που δεν είναι ιδιαίτερα αναλυτικό [169, 170, 172, 173].

Αξιολόγηση:

Κάνοντας χρήση των κριτηρίων που έχουν τεθεί η ρομποτική πλατφόρμα βαθμολογείται ως:

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: Η τιμή είναι αρκετά υψηλή αγγίζοντας τα 475€

Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών: Υπάρχουν οδηγίες στην ιστοσελίδα της εταιρίας και στην εφαρμογή, όμως το εγχειρίδιο που εμπεριέχεται στην συσκευασία δεν είναι ιδιαίτερα αναλυτικό.

Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση Πλατφόρμας: Η κατασκευή της πλατφόρμας και η συνδεσιμότητα με τον υπολογιστή είναι αρκετά εύκολη χωρίς να παρουσιάζονται προβλήματα.

Εκμάθηση της πλατφόρμας: Υπάρχει μεγάλος αριθμός μαθημάτων που είναι διαθέσιμος στην ιστοσελίδα της εταιρίας και καλύπτει όλα τα επίπεδα εξοικείωσης των χρηστών.

Γνώση/Ικανότητες: Το εύρος των εφαρμογών της πλατφόρμας το κάνει να είναι μια από τις καλύτερες επιλογές για την εξοικείωση του χρήστη με τις έννοιες της εκπαιδευτικής ρομποτικής και του STEM γενικότερα.

Επίπεδα ικανότητας: Ο επεξεργαστής, τα αισθητήρια, οι κινητήρες και το λογισμικό που προσφέρεται σε αυτή την πλατφόρμα μέσω της εταιρίας είναι χωρίς ανταγωνισμό.

Κοινότητα της πλατφόρμας: Η κοινότητα που υπάρχει γύρω από την πλατφόρμα είναι σε ικανοποιητικό βαθμό.

Ευχρηστία της ιστοσελίδας: Η ιστοσελίδα της εταιρίας είναι προσεγμένη, εύκολη στη χρήση και εμπλουτισμένη αρκετά εκπαιδευτικά βίντεο.

Κριτήρια Αξιολόγησης Πλατφόρμας	Βαθμολογία
Εμπορική τιμή πλατφόρμας:	1
Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών:	3
Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας:	5
Εκμάθηση της πλατφόρμας:	2
Γνώση/Ικανότητες:	3
Επίπεδα ικανότητας:	8
Συνολική Βαθμολογία:	22
Επιπλέον Πόντοι	
Κοινότητα της πλατφόρμας:	5
Ευχρηστία της ιστοσελίδας:	3

Πίνακας 19: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα JD Humanoid Robot.

ArcBotics - Sparki



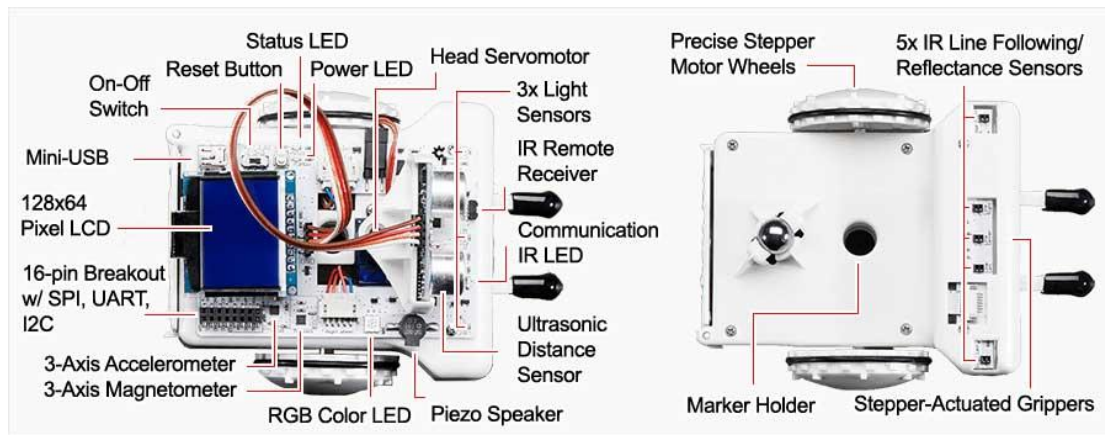
Εικόνα 60: Η ρομποτική πλατφόρμα Sparki [174].

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: 130€ +Φ.Π.Α.

Ηλικιακός στόχος: 6+

Χαρακτηριστικά [175]:

- Μπορεί να προγραμματιστεί μέσω καλωδίου USB.
- Ένα επιταχυνσιόμετρο και μαγνητόμετρο τριών (3) αξόνων.
- Οθόνη γραφικών LCD 128x64.
- Διαθέτει τρεις (3) αισθητήρες φωτός.
- Διαθέτει αισθητήρα υπερήχων.
- Διαθέτει πέντε (5) αισθητήρες παρακολούθησης γραμμής.
- Διαθέτει κουμπιά ελέγχου ενσωματωμένα στην πλατφόρμα.
- Διαθέτει πομπό και λήπτη υπέρυθρων IR, καθώς και IR τηλεχειριστήριο.
- TTL σειριακή θύρα για επέκταση.
- Θύρα για σειριακή μονάδα Bluetooth.
- Δύο (2) βηματικοί κινητήρες.



Εικόνα 61: Τεχνικά χαρακτηριστικά της πλατφόρμας Sparki [175].

Περιγραφή:

Η ρομποτική πλατφόρμα Sparki είναι μια προσιτή, εύκολη στη χρήση και διασκεδαστική εισαγωγή στον προγραμματισμό, τα ηλεκτρονικά και τη ρομποτική. Δημιουργήθηκε για τους μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και άνω αλλά και για εκπαιδευτικούς που αναζητούν εύκολη εισαγωγή στη ρομποτική. Είναι αρκετά απλή στη χρήση για τους αρχάριους χρήστες, ενώ θα ικανοποιήσει και τους πιο έμπειρους χρήστες [175]. Η πλατφόρμα Sparki είναι σε σχήμα κύβου περίπου 13 cm διαθέτει μεγάλους τροχούς που μπορούν να αναρριχηθούν και να περιστρέφονται, λαβές για να πιάνουν στυλό ή άλλα αντικείμενα, οθόνη LED, ηχείο, περιστρεφόμενη κεφαλή με αισθητήρα απόστασης και 30 άλλους προγραμματιζόμενους αισθητήρες και εξαρτήματα. Αρνητικό στοιχείο αποτελεί η πηγή ενέργειας όπου είναι τέσσερις AA αλκαλικές μπαταρίες, ή εναλλακτικά επαναφορτιζόμενες μπαταρίες και όχι κάποια Li-ion μπαταρία όπου θα προσέφερε μεγαλύτερη αυτονομία. Όλες αυτές οι λειτουργίες μπορούν να προγραμματιστούν με open-source κώδικα μέσω υπολογιστή ή να ελεγχθούν με το IR τηλεχειριστήριο [176].

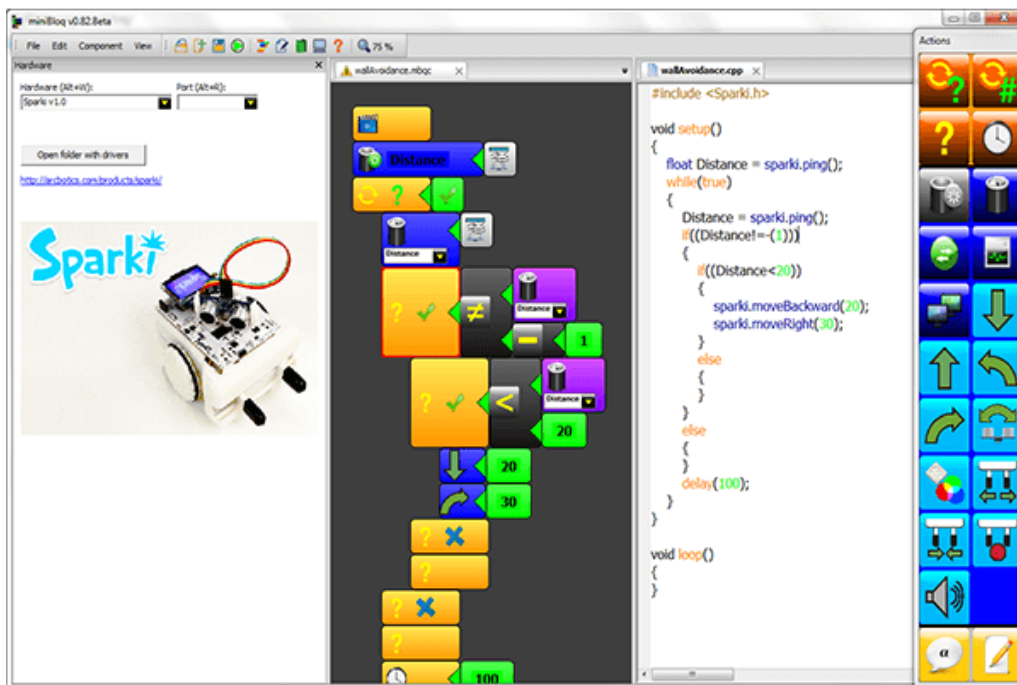
Δυνατότητες:

Εφαρμογή/APP

Η πλατφόρμα Sparki μπορεί να συνδεθεί μέσω θύρας USB με υπολογιστή ή tablet πολύ εύκολα. Ωστόσο, δεν υπάρχει κάποια εφαρμογή για smartphone μέσω της οποίας να μπορούν να εγκατασταθούν τα προγράμματα των χρηστών στην πλατφόρμα. Επιπλέον, η πλατφόρμα έχει την δυνατότητα επικοινωνίας μέσω Bluetooth [176]. Σε αντίθεση με άλλες ρομποτικές εφαρμογές στον χώρο, δεν υπάρχει ακόμη επίσημη εφαρμογή για τη πλατφόρμα που θα επιτρέπει τον έλεγχο από tablet ή smartphone. Η διαδικασία φαίνεται λίγο ξεπερασμένη και αδέξια, καθώς η μεταφορά κώδικα από έναν υπολογιστή μέσω καλωδίου USB και μπορεί να είναι λίγο ενοχλητική για τους νέους χρήστες όπου είναι εξοικειωμένοι με τα smartphone. Υπάρχουν ορισμένες εφαρμογές τρίτων που έχουν ανεβάσει οι χρήστες σε καταστήματα εφαρμογών όπως το Google Play, όμως δεν είναι η επίσημη εφαρμογή [177].

Βασικές Λειτουργίες

Μεγάλο μέρος του κυκλώματος της πλατφόρμας είναι εκτεθειμένο, προσφέροντας μια οπτικοποίηση της μηχανικής της πλατφόρμας. Αυτό βεβαίως μπορεί να προσδώσει μια συγκεκριμένη ευθραυστότητα στη πλατφόρμα, ειδικότερα αν γίνεται χρήση από μικρούς ηλικιακά χρήστες, όμως βοηθά τους χρήστες να κατανοήσουν καλύτερα τη λειτουργία της πλατφόρμας. Η ανυπαρξία καλύμματος ξεχωρίζει την πλατφόρμα Sparki ως εργαλείο εκμάθησης. Επίσης είναι έτοιμη προς χρήση μέσα σε λίγα λεπτά αφού δεν απαιτείται συναρμολόγηση. Για να ξεκινήσει η χρήση της πλατφόρμας, ο χρήστης κατεβάζει το λογισμικό προγραμματισμού που είναι διαθέσιμο για Windows, iOS και Linux όπου υπάρχουν διάφορες διαθέσιμες μορφές κωδικοποίησης ανάλογα με το επίπεδο εμπειρίας του χρήστη. Το λογισμικό SparkiDuino χρησιμοποιεί C/C++. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα μαθημάτων διαθέσιμα στον ιστότοπο της ArcBotics, που απευθύνονται σε αρχάριους αλλά και έμπειρους χρήστες [176].



Εικόνα 62: Περιβάλλον προγραμματισμού SparkiDuino [178].

Ο κώδικας μεταφέρεται απευθείας στη πλατφόρμα μέσω του παρεχόμενου καλωδίου USB. Σε πιο πρώιμο στάδιο, η πλατφόρμα δύναται να εκτελέσει κάποιες από τις βασικές εντολές χειρισμού μέσω του τηλεχειριστηρίου που εμπεριέχεται στη συσκευασία [176].

Block και C++ προγραμματισμός:

Ο προγραμματισμός είναι απλός στην εκμάθηση με το block λογισμικό προγραμματισμού. Το πρόγραμμα miniBlox με την μέθοδο Drag&Drop τα πολύχρωμα μπλοκ μετατρέπονται σε απλά προγράμματα, με την πλατφόρμα να εκπέμπει έναν ήχο και να κινείται σε χρόνο μηδέν. Ο πραγματικός κώδικας "Real" εμφανίζεται σε διπλανό παράθυρο ώστε να μπορεί εύκολα να γίνεται η σύγκριση. Το περιβάλλον της πλατφόρμας Sparki ευνοεί τον προγραμματισμό παρέχοντας πολλά δείγματα κώδικα και μαθήματα χρησιμοποιώντας

διάφορες δραστηριότητες. Η ρομποτική πλατφόρμα διαθέτει μια σουίτα προηγμένων αισθητήρων, κινητήρων ακριβείας και χρησιμοποιεί το Arduino, όπου είναι ευρέως αποδεκτό στη βιομηχανία ως η πλατφόρμα πρωτοτύπων. Οι 16 θύρες επέκτασης διασφαλίζουν ότι όσα λίγα πράγματα δεν κάνει ήδη το Sparki, μπορείτε να τα προσθέσετε εύκολα [174, 177]. Η πλατφόρμα Sparki διαθέτει περιορισμένη μνήμη, περίπου 2,5KB RAM και περίπου 32KB ROM. Για βασικά και ενδιάμεσα προγράμματα δεν αντιμετωπίζει πολλά προβλήματα παρέχοντας και ένα μάθημα σχετικά με την απενεργοποίηση ορισμένων λειτουργιών για την απελευθέρωση χώρου, αλλά αυτή η έλλειψη μνήμης μπορεί να είναι περιοριστική σε πιο περίπλοκες ασκήσεις [177].

Συμπέρασμα:

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η πλατφόρμα Sparki έχει μεγάλη ποικιλία εφαρμογών και παρέχει στο χρήστη μεγάλη ευελιξία προγραμματισμού. Το Sparki είναι ένα προϊόν που επιτρέπει τους χρήστες να δουν τα φυσικά αποτελέσματα της κωδικοποίησης πέρα από μια οθόνη υπολογιστή. Η επίλυση προβλημάτων με την ρομποτική πλατφόρμα Sparki αποτελεί ένα εξαιρετικό εργαλείο που βοηθά τους χρήστες να εκτελέσουν πειράματα κωδικοποίησης και να δουν τα αποτελέσματα σχεδόν αμέσως. Ο σχεδιασμός 'ελάχιστης κάλυψης' της πλατφόρμας διδάσκει στους χρήστες πως αυτό οι λειτουργίες που εκτελούν οι μηχανές μέσω του προγραμματισμού είναι επιστήμη [176]. Το μεγάλο πλεονέκτημα της πλατφόρμας Edison είναι ότι από την στιγμή που ο χρήστης αποφασίσει να ασχοληθεί με το κομμάτι της ρομποτικής ή του προγραμματισμού, η δυνατότητα προγραμματισμού σε περιβάλλον block και C++ κάνει την πλατφόρμα μια πολύ δελεαστική επιλογή [177].

Αξιολόγηση:

Χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που έχουμε θέσει, η πλατφόρμα Sparki βαθμολογείται ως [174, 176, 177]:

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: Η τιμή της πλατφόρμας είναι σε μέτρια επίπεδα σε σχέση με τις άλλες πλατφόρμες της αγοράς, αλλά θεωρείται αρκετά καλή για Arduino πλατφόρμα.

Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών: Όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για την κατασκευή της πλατφόρμας είναι γραμμένες στο εσωτερικό μέρος της συσκευασίας. Όλες οι οδηγίες για το Sparki είναι προσβάσιμες μέσω του ιστότοπου της Arcbotics.

Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας: Η πλατφόρμα Sparki είναι ήδη συναρμολογημένη κάνοντάς τη σχετικά ανθεκτική. Μεγάλο μέρος του κυκλώματος είναι εκτεθειμένο χωρίς την ύπαρξη κάποιου καλύμματος και αυτό μπορεί να προσδώσει μια ευθραυστότητα στο ρομπότ. Χρειάζεται η χρήση καλωδίου για να συνδεθεί η πλατφόρμα με τον υπολογιστή.

Εκμάθηση της πλατφόρμας: Η πλατφόρμα Sparki κάνει χρήση block και C++ προγραμματισμού, δύο γλώσσες εκμάθησης και εξοικείωσης όπου απευθύνονται και σε αρχάριους αλλά και πιο έμπειρους χρήστες ώστε να προγραμματίσουν την πλατφόρμα.

Γνώση/Ικανότητες: Όπως αναφέρθηκε το περιβάλλον προγραμματισμού της πλατφόρμας Sparki περιλαμβάνει σε αρχικό στάδιο τον block προγραμματισμό. Δεν περιορίζεται όμως μόνο εκεί καθώς δίνει την δυνατότητα προγραμματισμού σε περιβάλλον C++.

Επίπεδα ικανότητας: Στην ιστοσελίδα της εταιρίας, υπάρχουν πολλές ρουτίνες και δραστηριότητες με τις οποίες ο χρήστης μπορεί να εξελίξει τις ικανότητες και να εμπλουτίσει τις γνώσεις του στο πεδίο της ρομποτικής.

Κοινότητα της πλατφόρμας: Υπάρχουν αρκετά βίντεο στο Youtube, όμως δεν υπάρχει αρκετό υλικό στην ιστοσελίδα της εταιρίας με παραδείγματα.

Ευχρηστία της ιστοσελίδας: Η σελίδα της εταιρίας είναι οργανωμένη και παρέχει το υλικό στον χρήστη γρήγορα και με εύκολα.

Κριτήρια Αξιολόγησης Πλατφόρμας	Βαθμολογία
Εμπορική τιμή πλατφόρμας:	8
Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών:	4
Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας:	3
Εκμάθηση της πλατφόρμας:	3
Γνώση/Ικανότητες:	2
Επίπεδα ικανότητας:	6
Συνολική Βαθμολογία:	26
Επιπλέον Πόντοι	
Κοινότητα της πλατφόρμας:	4
Ευχρηστία της ιστοσελίδας:	3

Πίνακας 20: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Sparki.

Engino® - Robotics Mini ERP 1.3



Εικόνα 63: Η ρομποτική πλατφόρμα Robotics Mini ERP 1.3 [179].

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: 230€ +Φ.Π.Α.

Ηλικιακός στόχος: 6+

Χαρακτηριστικά [179]:

- 32-bit ARM CORTEX-M2 μικροεπεξεργαστής.
- 256 Kbyte FLASH, 64 Kbyte RAM.
- Θύρα USB υψηλής ταχύτητας (12 Mbit/s).
- Τέσσερα (4) προεγκατεστημένα προγράμματα για άμεση χρήση.
- Ενσωματωμένα πλήκτρα για χειροκίνητο προγραμματισμό.
- Τροφοδοσία από τρεις (3) μπαταρίες AAA.
- Τέσσερις (4) θύρες εισόδου/εξόδου.
- Δύο (2) υπέρυθροι αισθητήρες.
- Δύο (2) οδοντωτοί DC κινητήρες 4,5V.
- Περιλαμβάνονται καλώδια για την σύνδεση των περιφερειακών με τον ελεγκτή και τον υπολογιστή.

Περιγραφή:

Η ρομποτική πλατφόρμα Robotics Mini ERP είναι ένα ρομποτικό σύστημα που αποτελείται από έναν ελεγκτή που διαθέτει κουμπιά και θύρες οι οποίες δύναται να συνδεθούν με διάφορα περιφερειακά συστήματα που μπορούν να περιλαμβάνουν κινητήρες, λαμπτήρες

και αισθητήρες. Ο ελεγκτής ERP αποτελεί ένα ισχυρό και ευέλικτο εργαλείο που είναι εύκολο στη χρήση και δύναται να συνδεθεί με τα υπόλοιπα τμήματα της πλατφόρμας. Επίσης, ο ελεγκτής ERP έχει προεγκατεστημένα προγράμματα στη μνήμη του που απευθύνονται σε συγκεκριμένες κατασκευές που προτείνει ο κατασκευαστής και παρέχει τις οδηγίες συναρμολόγησης ώστε να αρχίσει ο χρήστης άμεσα να εξοικειώνεται τις λειτουργίες της εκπαιδευτικής πλατφόρμας. Η πλατφόρμα περιλαμβάνει αισθητήρες αφής και υπέρυθρους αισθητήρες. Στον ελεγκτή παρέχεται η δυνατότητα να λειτουργεί με αναλογικούς και ψηφιακούς αισθητήρες, όμως αυτοί οι δύο τύποι αισθητήρων συμπεριφέρονται ως ψηφιακοί οπότε δεν υπάρχει ανάγκη διαχωρισμού αυτών των δύο στο πρόγραμμα. Ένας ψηφιακός αισθητήρας αποστέλλει ένα απλό σήμα πίσω στον ελεγκτή δηλώνοντας την κατάστασή του, δηλαδή αν είναι αληθές ή ψευδές. Στο ERP λογισμικό έχουν αναπτυχθεί δύο εντολές για τον ρομποτικό προγραμματισμό που διευκολύνει ακόμη και τους αρχάριους χρήστες να δημιουργήσουν σύνθετα προγράμματα. Αυτό βασίζεται στη μεταβλητή 'After/ With Previous' που επιτρέπει στο πρόγραμμα να ελέγξει αν ο αισθητήρας είναι σε κατάσταση αληθής ή ψευδής κατά την διάρκεια που εκτελούνται όλες οι προηγούμενες εντολές. Τα συμβατικά διαγράμματα ροής θα απαιτούσαν την δημιουργία βρόχου μέσα στον βρόχο για να λειτουργήσουν με αυτόν τον τρόπο, όμως το ERP λογισμικό επιλύει αυτό το πρόβλημα μειώνοντας τα βήματα του προγραμματισμού [180].

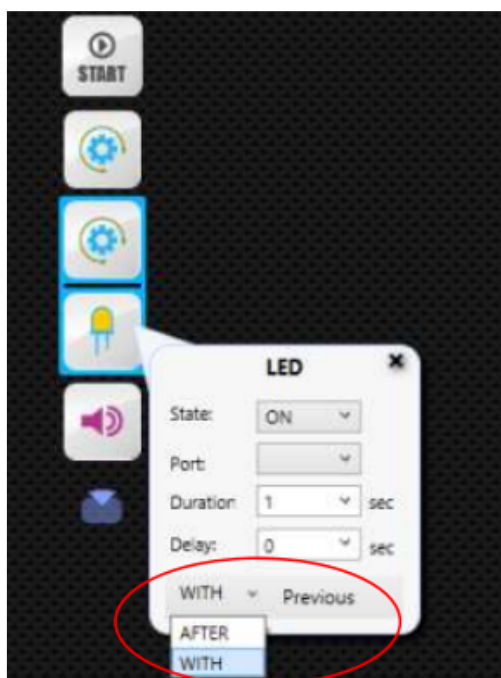


Εικόνα 64: Κατασκευές της ρομποτικής πλατφόρμας που παρέχονται οδηγίες κατασκευής και προγραμματισμού από την Engino [181].

Δυνατότητες:

Η ρομποτική πλατφόρμα Robotics Mini ERP είναι ειδικά σχεδιασμένη για παιδιά πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, αλλά ακόμη και για χρήστες που ασχολούνται ερασιτεχνικά με την ρομποτική. Δίνει μεγάλο βάρος στις τελευταίες τεχνολογικές τάσεις και στις πιο σύγχρονες παιδαγωγικές αρχές μάθησης. Το ERP Mini

εμπεριέχει όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την κατασκευή και τον προγραμματισμό μιας μεγάλης ποικιλίας ρομπότ. Η πνευματική ανάπτυξη των χρηστών επιτυγχάνεται με κυκλικό τρόπο, δηλαδή βοηθά τους χρήστες να ανασυνθέσουν τις ιδέες που έχουν προκύψει έχοντας ως βάση τις υπάρχουσες γνώσεις τους που εμπλουτίζονται με νέες πληροφορίες, οδηγώντας τους σε έννοιες ανώτερης βαθμίδας και μεταφέροντάς τις στο επόμενο επίπεδο. Ο καινοτόμος ERP ελεγκτής μαζί με το ERP λογισμικό αποτελούν ιδανικό συνδυασμό για την ICT/ ΤΠΕ μέθοδο διδασκαλίας, επιτρέποντας την εφαρμογή διαφόρων επιπέδων ρομποτικού προγραμματισμού. Για δύο λόγους η πλατφόρμα Robotics Mini ERP θεωρείται ιδανική για την εκπαίδευση χρηστών στην εκπαιδευτική διαδικασία. Αρχικά, το ERP διαθέτει πέντε τρόπους προγραμματισμού, επιτρέποντας στον χρήστη να επιλέξει την μέθοδο που του ταιριάζει ανάλογα με την ηλικία και την εμπειρία του. Δεύτερον, ο παράλληλος προγραμματισμός (ταυτόχρονη εκτέλεση εργασιών) έχει γίνει πιο εύκολος από ποτέ χάριν στην εισαγωγή της After/ With Previous μεταβλητής σε κάθε μπλοκ του ERP λογισμικού [180].



Εικόνα 65: : Η μεταβλητή 'After/ With Previous' επιτρέπει στο πρόγραμμα να ελέγξει την κατάσταση του αισθητήρα κατά την διάρκεια εκτέλεσης των προηγούμενων εντολών [180].

Εφαρμογή/APP

Συμβαδίζοντας με τις σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις, ο ERP ελεγκτής δύναται να προγραμματιστεί μέσω 'έξυπνων' συσκευών (smartphone ή tablet) όπου γίνεται χρήση λογισμικού περιβάλλοντος AndroidOS ή iOS. Ο χρήστης εγκαθιστώντας την εφαρμογή EnginoRobot BT app αποκτά την δυνατότητα προγραμματισμού του ελεγκτή λειτουργώντας ως εξομοιωτής και επικοινωνώντας ασύρματα μέσω Bluetooth, του δίδεται η δυνατότητα τροποποίησης του προγράμματος οποιαδήποτε στιγμή επιθυμεί [180].



Εικόνα 66: Η εφαρμογή για smartphone ή tablet της Engino® [180].

Βασικές Λειτουργίες

Ο ERP ελεγκτής περιέχει προεγκατεστημένα προγράμματα στη μνήμη του που απευθύνονται σε συγκεκριμένες κατασκευές που προτείνει ο κατασκευαστής και παρέχει τις οδηγίες συναρμολόγησης ώστε να αρχίσει ο χρήστης άμεσα να εξοικειώνεται τις λειτουργίες της εκπαιδευτικής πλατφόρμας. Η εκπαιδευτική πλατφόρμα της Engino® είναι ένα ρομποτικό σύστημα που αποτελείται από ένα κύριο ελεγκτή, με πληθώρα κουμπιών, όπου δύναται να συνδεθεί με κινητήρες, λαμπτήρες και αισθητήρες. Ο πρώτος τρόπος προγραμματισμού του ελεγκτή είναι ο χειροκίνητος και βοηθά τον χρήστη να ανακαλύψει τον τρόπο εισόδου δεδομένων στον ελεγκτή αλλά και την λήψη δεδομένων από τους διαθέσιμους αισθητήρες. Ο χρήστης ανακαλύπτει την έννοια της ακολουθίας εντολών αλλά και τον τρόπο χειροκίνητου προγραμματισμού του ρομπότ [180].

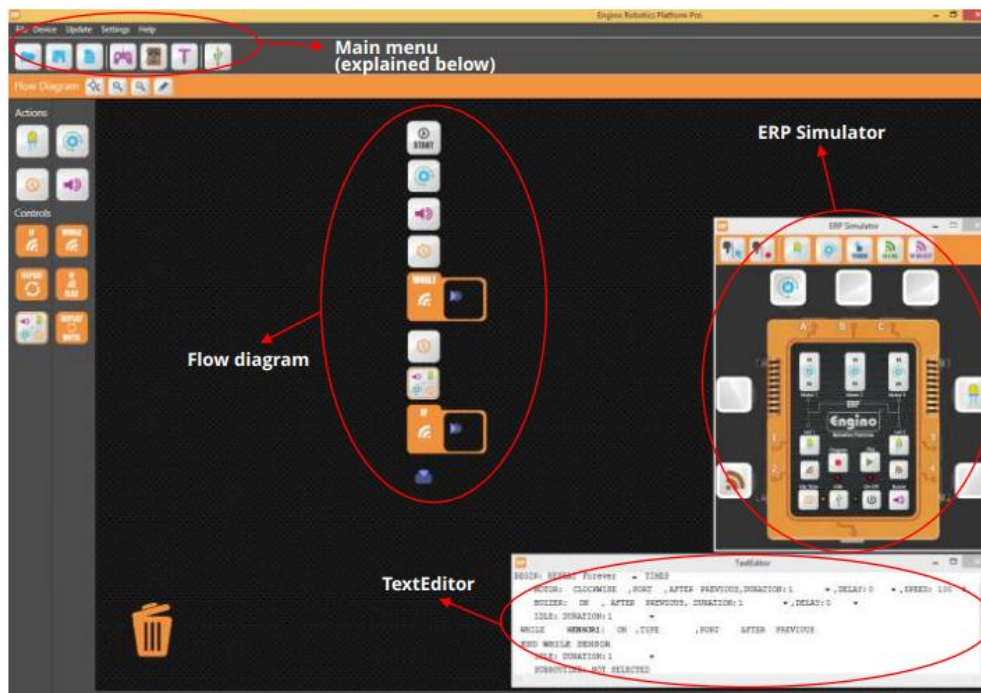


Εικόνα 67: Ο ERP ελεγκτής της Engino® [180].

Ένα ρομποτικό σύστημα δεν μπορεί να λογίζεται ως πλήρες εφόσον δεν δίδεται η δυνατότητα προγραμματισμού του μέσω κάποιου λογισμικού. Το ERP λογισμικό έχει την ικανότητα να λαμβάνει ένα καταγεγραμμένο πρόγραμμα από τον ελεγκτή καθώς επίσης δύναται να αποστείλει και πρόγραμμα που συντάχθηκε μέσω του λογισμικού στον ελεγκτή. Αυτή η διαδικασία εκπαιδεύει τον χρήστη στην αντίστροφη μηχανική ενός προγράμματος, στην χρήση του ERP εξομοιωτή και στο τι είναι ένα διάγραμμα ροής [180].

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να ελεγχθεί η ρομποτική πλατφόρμα Robotics Mini ERP 1.3. Ένας ακόμη είναι η εφαρμογή EnginoRobot που μπορεί να εγκατασταθεί σε κάποιο smartphone ή tablet και να επιτευχθεί σύνδεση μέσω Bluetooth. Παράλληλα προσφέρεται μέσα στο λογισμικό και η λειτουργία Engino®GamePad που δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να παρατηρήσει τις διαφορές μεταξύ χειροκίνητου ελέγχου μέσω των κουμπιών που βρίσκονται πάνω στον ERP ελεγκτή και του ψηφιακού προγραμματισμού. Η παρεχόμενη εφαρμογή βοηθάει τον χρήστη να ανακαλύψει τον ασύρματο έλεγχο της ρομποτικής πλατφόρμας, καθώς και τα πλεονεκτήματα που προσφέρει ο ψηφιακός προγραμματισμός έναντι του χειροκίνητου [180].

Η δυνατότητα λήψης αποφάσεων είναι αυτό που διαχωρίζει ένα πραγματικό ρομπότ από ένα αυτοματοποιημένο σύστημα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από την τροφοδότηση πληροφοριών που παρέχουν οι αισθητήρες. Για την δημιουργία προγράμματος χρησιμοποιείται η μέθοδος του διαγράμματος ροής και ο block προγραμματισμός. Μέσα από την διαδικασία Drag&Drop μπορούμε να συντάξουμε ένα κώδικα που θα κάνει χρήση μεταβλητών, συναρτήσεων, καταστάσεων και βρόχων και παράλληλα στο text editor να βλέπουμε σε μια φιλική γλώσσα προγραμματισμού το αποτέλεσμα του διαγράμματος ροής. Βέβαια, μπορούμε να τροποποιήσουμε παραμέτρους στον text editor αλλά δυστυχώς δεν μπορούμε να συντάξουμε ένα πρόγραμμα από μηδενική βάση [180].



Εικόνα 68: Περιβάλλον εξομοίωσης και προγραμματισμού του ERP ελεγκτή [180].

Συμπέρασμα:

Η ρομποτική πλατφόρμα Robotics Mini ERP 1.3 αποτελεί μια αρκετά αξιόπιστη λύση για την εκπαίδευση μαθητών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Σαν εκπαιδευτικό σύνολο παρέχει μεγάλες δυνατότητες στην εφαρμογή της εκπαιδευτικής μεθοδολογίας STEM. Η ρομποτική πλατφόρμα παρέχει όλα όσα χρειάζεται ένας μαθητής για να κατασκευάσει και να προγραμματίσει οκτώ ρομπότ. Παρέχει λεπτομερείς επεξηγήσεις των διαφορετικών επιστημονικών αρχών που εφαρμόζονται μέσω της ενσωμάτωσης καινοτόμων δραστηριοτήτων για την πρακτική μάθηση. Για όσους έχουν την δυνατότητα να ανταποκριθούν στο κόστος αγοράς αυτής της πλατφόρμας ώστε να τη διαθέσουν σε μαθητές, το Robotics Mini ERP 1.3 μπορεί να αποτελέσει μια πολύ καλή επιλογή για τη συνένωση των επιστημονικών πεδίων με τη δημιουργική σκέψη. Ένα κύριο στοιχείο οποιουδήποτε ρομποτικού συστήματος είναι το λογισμικό προγραμματισμού της πλατφόρμας. Η Engino® έχει αναπτύξει ένα λογισμικό που διαθέτει τέσσερις μεθόδους προγραμματισμού, ανάλογα με τις ανάγκες και δυνατότητες του χρήστη. Η εφαρμογή EnginoRobot BT είναι προσεγμένη, καθώς όλα όσα χρειάζονται οι χρήστες, οι οδηγίες συναρμολόγησης, τα προγράμματα και η καθοδήγηση, βρίσκονται μέσα σε αυτή. Το σετ παρέχει ατελείωτες δυνατότητες μέσω του συνδυασμού των δομικών υλικών, του εύχρηστου υλικού και της γλώσσας κωδικοποίησης Drag&Drop που βασίζεται στο block προγραμματισμό [180, 179].

Αξιολόγηση:

Χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που έχουμε θέσει, η πλατφόρμα Robotics Mini ERP 1.3 βαθμολογείται ως [180, 179, 182]:

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: Η τιμή της πλατφόρμας είναι ικανοποιητική, αφού προσφέρεται σε χαμηλότερη τιμή συγκρίνοντάς την με παρόμοια πακέτα.

Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών: Υπάρχουν πληροφορίες, εκπαιδευτικά προγράμματα και οδηγίες συναρμολόγησης και προγραμματισμού στην ιστοσελίδα της εταιρίας ή στην εφαρμογή της πλατφόρμας.

Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση πλατφόρμας: Εύκολη κατασκευή χάρη στα δομικά υλικά και πολύ καλό προγραμματιστικό περιβάλλον. Με το Robotics Mini ERP 1.3 δημιουργούνται πολλές κατασκευές χάρη στα δομικά υλικά, αν και εμφανίζει μια αδυναμία στους συνεκτικούς συνδέσμους μεταξύ των υλικών.

Εκμάθηση της πλατφόρμας: Υπάρχουν πολλές διαδραστικές ασκήσεις και προκλήσεις με τις οποίες μπορεί να ασχοληθεί ο χρήστης και να εξοικειωθεί με την λειτουργία της πλατφόρμας.

Γνώση/Ικανότητες: Μέσω των ασκήσεων και των θεματικών ενοτήτων, ο χρήστης μαθαίνει να χρησιμοποιεί και να οικειοποιείται τις βασικές αρχές του προγραμματισμού.

Επίπεδα ικανότητας: Ο χρήστης δύναται να εξελίξει τις γνώσεις του σε μεγάλο βαθμό λόγω του καλοσχεδιασμένου προγραμματιστικού περιβάλλοντος του Robotics Mini ERP 1.3 αλλά περιορίζεται από την δυνατότητα προγραμματισμού μόνο με block programming.

Κοινότητα της πλατφόρμας: Υπάρχει μεγάλη ποικιλία από κατασκευές άλλων χρηστών καθώς και οπτικοακουστικό υλικό με ακριβείς οδηγίες συναρμολόγησης και προγραμματισμού.

Ευχρηστία της ιστοσελίδας: Η ιστοσελίδα της Engino® είναι αρκετά απλή ώστε να μπορεί να περιηγηθεί ο χρήστης και να λάβει τις πληροφορίες που επιθυμεί.

Κριτήρια Αξιολόγησης Πλατφόρμας	Βαθμολογία
Εμπορική τιμή πλατφόρμας:	6
Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών:	4
Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας:	3
Εκμάθηση της πλατφόρμας:	3
Γνώση/Ικανότητες:	4
Επίπεδα ικανότητας:	8
Συνολική Βαθμολογία:	28
Επιπλέον Πόντοι	
Κοινότητα της πλατφόρμας:	6
Ευχρηστία της ιστοσελίδας:	4

Πίνακας 21: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Robotics Mini ERP 1.3.

Modular Robotics - Cubelets® Curiosity Set



Εικόνα 69: Η ρομποτική πλατφόρμα Cubelets® Curiosity Set [183].

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: 270€ +Φ.Π.Α.

Ηλικιακός στόχος: 4+

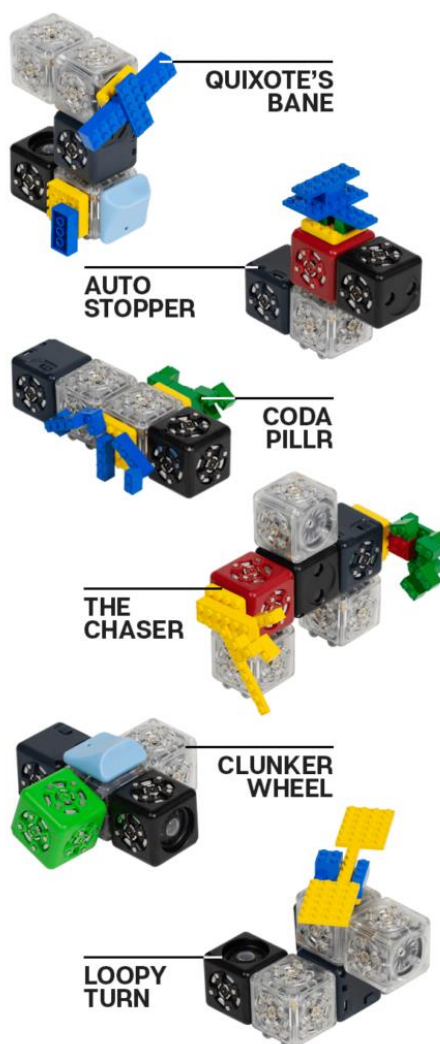
Χαρακτηριστικά [184]:

- Μπαταρία σε μορφή κύβου για την παροχή ενέργειας.
- Αισθητήρας φωτεινότητας.
- Δύο (2) αισθητήρες απόστασης.
- Δύο (2) κύβους για την κίνηση της κατασκευής.
- Κύβος με ρυθμιζόμενη ένταση φωτός.
- Κύβος για ενίσχυση των κατασκευών και αντιστροφής των δεδομένων.
- Bluetooth συνδεσιμότητα για ασύρματη επικοινωνία με την εφαρμογή για 'έξυπνες συσκευές'.
- Θύρα micro-USB για την φόρτιση της μπαταρίας.

Περιγραφή:

Η ρομποτική πλατφόρμα Cubelets® Curiosity Set αποτελεί μια εισαγωγή στην υπολογιστική σκέψη. Βοηθάει στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων και βρίσκει λύσεις όπου εφαρμόζουν επαναλαμβανόμενα μοτίβα κατά την χρήση της πλατφόρμας. Με τον κάθε κύβο που προσφέρεται στην πλατφόρμα, η εταιρία στοχεύει να αναπτύξει τις ζωτικές ικανότητες του χρήστη. Στόχος της πλατφόρμας είναι να προσφέρει στον νέο χρήστη βασικές γνώσεις στον τομέα της ρομποτικής. Η αναγνώριση αιτίας και αποτελέσματος, η ταξινόμηση, η αλληλουχία, η κριτική σκέψη και οι βασικές αρχές σχεδιασμού και μηχανικής

είναι μόνο μερικές από τις προσφερόμενες γνώσεις που επιδιώκει να μεταδώσει η πλατφόρμα στον χρήστη μέσα από την εκπαίδευση και ενασχόλησή του με αυτήν [184].



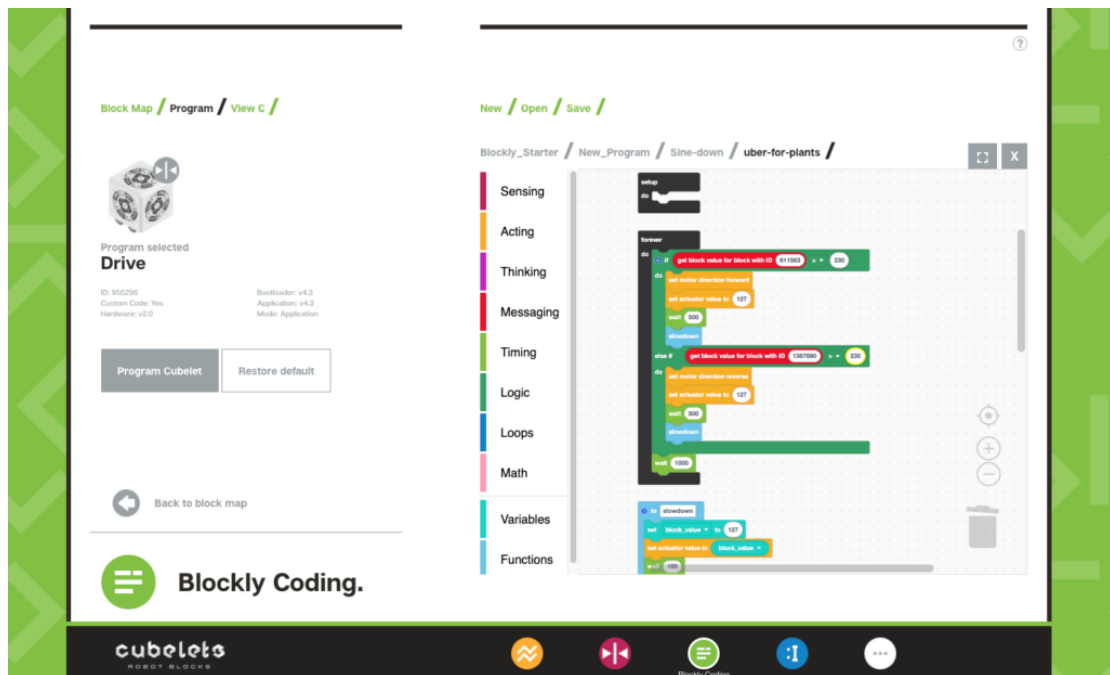
Εικόνα 70: Κατασκευές της ρομποτικής πλατφόρμας που παρέχονται οδηγίες κατασκευής και προγραμματισμού από την Modular Robotics [184].

Δυνατότητες:

Η ρομποτική πλατφόρμα Cubelets® Curiosity Set είναι ειδικά σχεδιασμένη για παιδιά πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Δίνει μεγάλο βάρος στις τελευταίες τεχνολογικές τάσεις και στις πιο σύγχρονες παιδαγωγικές αρχές μάθησης. Τα Cubelets® είναι μαγνητικά μπλοκ που δύναται να συνδεθούν μεταξύ τους και να δημιουργήσουν μια ατελείωτη ποικιλία εφαρμογών χωρίς να είναι απαραίτητος ο προγραμματισμός τους. Κάθε Cubelet® διαθέτει έναν ενσωματωμένο επεξεργαστή και λειτουργεί ανεξάρτητα. Συνδυάζοντας πολλά μπλοκ από Cubelets®, δημιουργείται μια ρομποτική πλατφόρμα αποτελούμενη από μικρότερα ρομπότ. Κάθε μπλοκ δύναται να επικοινωνεί με τα συνορεύοντα μπλοκ ώστε να γνωρίζει άμεσα ο χρήστης αν επικοινωνούν μεταξύ τους [185].

Εφαρμογή/APP

Η εφαρμογή Console web έχει δημιουργηθεί με σκοπό ο χρήστης να αποκτήσει την δυνατότητα να δημιουργήσει κώδικα ώστε να βελτιώσει και να εμπλουτίσει τις λειτουργίες των μπλοκ της ρομποτικής πλατφόρμας. Αποτελεί ένα τρόπο διεύρυνσης των δυνατοτήτων των Cubelets® που θα οδηγήσει στην δημιουργία πιο πολύπλοκων εφαρμογών. Η εφαρμογή Console web εγκαθίσταται εύκολα, αφού δεν απαιτεί κάποια εγκατάσταση λογισμικού ώστε να είναι λειτουργική. Είναι σχεδιασμένη για προσωπικούς υπολογιστές που υποστηρίζουν MacOS, Windows και ChromeOS. Μέσω του Data Logger παρέχεται η δυνατότητα οπτικοποίησης και παρακολούθησης των τιμών που έχουν τα μπλοκ της ρομποτικής πλατφόρμας, καθώς επίσης μέσω του Personality Swap ο χρήστης τροποποιεί την λειτουργία των Cubelets®. Η εφαρμογή παρέχει στον χρήστη την δυνατότητα να εξασκηθεί στον προγραμματισμό μέσω του Blockly, αλλά και να δημιουργήσει προγράμματα με μεγαλύτερη ευελιξία συντάσσοντας κώδικα με την γλώσσα C [186].



Εικόνα 71: Το περιβάλλον προγραμματισμού Blockly της Modular Robotics [187].

Βασικές Λειτουργίες

Η πλατφόρμα Cubelets® Curiosity Set μετατρέπει την εκμάθηση των αρχών του προγραμματισμού σε μια εύκολη διαδικασία όπου ο χρήστης έχει την δυνατότητα να εξασκηθεί καλύπτοντας ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών. Κάθε ένα από τα μπλοκ που περιέχει η ρομποτική πλατφόρμα έχει ενσωματωμένο ένα μέρος προγράμματος που ελέγχει την συμπεριφορά του ρομπότ που είναι υπό κατασκευή. Κάθε Cubelet® διαθέτει μια ειδική λειτουργία όπου καθορίζει σε ποια κατηγορία ανήκει. Τα Sense Cubelets® έχουν την δυνατότητα συλλογής πληροφοριών από το περιβάλλον του ρομπότ. Τα Think Cubelets® είναι αυτά που υπολογίζουν και τροποποιούν τις παρεχόμενες πληροφορίες και

τα Act Cubelets® είναι που μετατρέπουν αυτά τα ψηφιακά δεδομένα σε φυσική δράση. Συνδέοντας κατ' ελάχιστον ένα Sense, Think και Act Cubelet®, ο χρήστης δημιουργεί μια ρομποτική κατασκευή. Μέσω των κίτρινων adapters, ο χρήστης δύναται να κάνει χρήση δομικών υλικών της LEGO® δημιουργώντας ακόμη πιο περίπλοκες κατασκευές. Με το Bluetooth® Hat, η ρομποτική πλατφόρμα συνδέεται με τις εφαρμογές που διατίθενται για τα Cubelets®. Έτσι, ο χρήστης αποκτά πρόσβαση στην ανάγνωση και τροποποίηση των μεταβλητών της πλατφόρμας, αλλά και στην δημιουργία νέων συμπεριφορών μέσω του προγραμματισμού με Blockly ή C [184].

Συμπέρασμα:

Η καινοτομία που προσφέρει η πλατφόρμα, δηλαδή η ύπαρξη ενός αρθρωτού συστήματος ρομποτικής αλλά και ο μηχανισμός σύνδεσης των μπλοκ μέσω μαγνητών, είναι έξυπνη και φιλική προς τον χρήστη [188]. Η πλατφόρμα είναι κατάλληλη ως εκπαιδευτικό εργαλείο για ένα μεγάλο εύρος ηλικιών καθώς προσφέρει δυνατότητες κατασκευής, ελέγχου και τροποποίησης αυτής μέσω των εγχειριδίων που προσφέρονται [189]. Οι περιορισμοί των κατασκευών της πλατφόρμας λόγω της γεωμετρίας του προϊόντος, ο σχετικά μικρός αριθμός των διαθέσιμων μπλοκ για τις κατασκευές αλλά και η σχετικά υψηλή τιμή, του αφαιρούν βαθμούς στην τελική αξιολόγηση [188, 190], ωστόσο το εύρος γνώσεων που αποκομίζει ο χρήστης την κατατάσσει στις θετικές προσθήκες που θα έκανε ένα σχολείο ή ένας χώρος που διδάσκει STEM εκπαίδευση [189].

Αξιολόγηση:

Χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που έχουμε θέσει, η πλατφόρμα Cubelets® Curiosity Set βαθμολογείται ως [188, 190, 189]:

Εμπορική τιμή πλατφόρμας: Η τιμή της πλατφόρμας είναι σχετικά υψηλή, καθώς για να εκπαιδευτούν ταυτόχρονα περισσότερα του ενός άτομου θα χρειαστεί η προμήθεια μεγαλύτερου εκπαιδευτικού σετ από το περιγραφόμενο.

Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών: Υπάρχουν πληροφορίες, εκπαιδευτικά προγράμματα και οδηγίες συναρμολόγησης και προγραμματισμού στα παρεχόμενα εγχειρίδια αλλά και στην ιστοσελίδα της εταιρίας ή στην εφαρμογή Console της πλατφόρμας.

Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση πλατφόρμας: Εύκολη κατασκευή και συναρμολόγηση χάρη στα στιβαρά μπλοκ που την αποτελούν, στους μαγνήτες που είναι ενσωματωμένοι στα μπλοκ, στα δομικά υλικά LEGO® που μπορούν να προσαρτηθούν και καλό προγραμματιστικό περιβάλλον.

Εκμάθηση της πλατφόρμας: Υπάρχουν πολλές διαδραστικές ασκήσεις και προκλήσεις με τις οποίες μπορεί να ασχοληθεί ο χρήστης και να εξοικειωθεί με τις λειτουργίες των μπλοκ της πλατφόρμας.

Γνώση/Ικανότητες: Μέσω των εφαρμογών που προτείνονται από την εταιρία αλλά και από αυτές που αναπτύσσει ο χρήστης, μαθαίνει να χρησιμοποιεί και να οικειοποιείται τις βασικές αρχές του προγραμματισμού.

Επίπεδα ικανότητας: Ο χρήστης δύναται να εξελίξει τις γνώσεις του μέσα από το προσφερόμενο Blockly προγραμματιστικό περιβάλλον αλλά και την γλώσσα C της Modular Robotics.

Κοινότητα της πλατφόρμας: Υπάρχει μεγάλη ποικιλία από κατασκευές άλλων χρηστών καθώς και οπτικοακουστικό υλικό με ακριβείς οδηγίες συναρμολόγησης και προγραμματισμού.

Ευχρηστία της ιστοσελίδας: Η ιστοσελίδα της Modular Robotics είναι προσιτή προς τον χρήστη και μπορεί να περιηγηθεί και να λάβει τις πληροφορίες και το διαθέσιμο λογισμικό που υπάρχει.

Κριτήρια Αξιολόγησης Πλατφόρμας	Βαθμολογία
Εμπορική τιμή πλατφόρμας:	5
Τεκμηρίωση/Κατανόηση των πληροφοριών:	4
Ποιότητα κατασκευής/Εγκατάσταση της πλατφόρμας:	5
Εκμάθηση της πλατφόρμας:	2
Γνώση/Ικανότητες:	3
Επίπεδα ικανότητας:	5
Συνολική Βαθμολογία:	24
Επιπλέον Πόντοι	
Κοινότητα της πλατφόρμας:	8
Ευχρηστία της ιστοσελίδας:	2

Πίνακας 22: Συγκεντρωτική βαθμολογία για την πλατφόρμα Cubelets® Curiosity Set.

ΠΑΙΧΝΙΔΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ & STEM

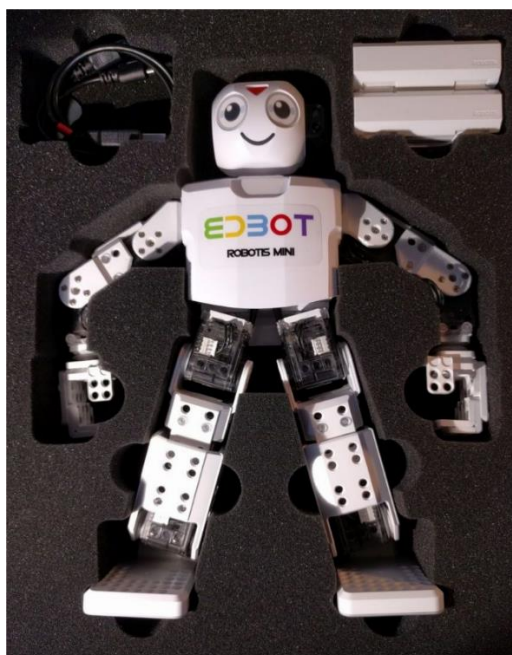
Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε εν συντομία και άνευ αξιολόγησης μερικές πλατφόρμες που είναι άξιες αναφοράς, αλλά δεν θα μπορούσαν να αποτελέσουν μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθότι δεν διαθέτουν κατάλληλο υποστηρικτικό υπόβαθρο ή παρουσιάζουν ελλείψεις ως προς το λογισμικό, τις εκπαιδευτικές δράσεις και δυνατότητες καθώς και το εκπαιδευτικό υλικό που τις συνοδεύουν. Εξίσου σημαντικοί παράγοντες για την απόρριψη κάποιον εξ' αυτών αποτελεί η εξαιρετικά υψηλή τιμή πώλησης του προϊόντος, που καθιστά σχεδόν αδύνατη την προμήθειά του, αλλά και το target group που απευθύνονται, για τον λόγο ότι κυρίως στοχεύουν σε μεγαλύτερες ηλικίες από τις εξεταζόμενες.

Elenco - Snap Circuits® Discover Coding



Εικόνα 72: Η εκπαιδευτική πλατφόρμα Snap Circuits® Discover Coding [191].

Η εκπαιδευτική πλατφόρμα Snap Circuits® κάνει χρήση δομικών υλικών που κουμπώνουν στην πλακέτα έχοντας ως στόχο την κατασκευή ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Κάθε μπλοκ που παρέχεται εκτελεί και διαφορετική λειτουργία. Υπάρχουν διακόπτες, λαμπτήρες, μπαταρίες, καλώδια με διαφορετικά μεγέθη κ.α. Αυτά τα μπλοκ διαθέτουν διαφορετικά χρώματα και γράμματα ώστε να είναι πιο εύκολα αναγνωρίσιμα. Απευθύνεται σε μαθητές ηλικίας 8+ και το κόστος κυμαίνεται στα 95€ +Φ.Π.Α. Η μέθοδος προγραμματισμού BOTCode βασίζεται στην scratch Drag&Drop μεθοδολογία ώστε να είναι εύκολος ο προγραμματισμός του SC ελεγκτή. Υπάρχει δυνατότητα προγραμματισμού και με Blockly που αποτελεί μίαν άλλη μορφή οπτικοποιημένου προγραμματισμού [191].



Εικόνα 73: Η εκπαιδευτική πλατφόρμα Edbot [192].

Η πλατφόρμα Edbot είναι ένα ανθρωπόμορφο ρομπότ όπου μπορεί να προγραμματιστεί και να εκτελέσει πληθώρα κινήσεων. Αυτό το εξελιγμένο ρομπότ είναι σχεδιασμένο ώστε να διδάξει και να εκπαιδεύσει τους χρήστες με ευχάριστο και διαδραστικό τρόπο. Διαθέτει δεκαέξι (16) σερβοκινητήρες. Δύναται να προγραμματιστεί είτε με block προγραμματισμό μέσω Scratch, είτε μέσω κλασσικού προγραμματισμού με κείμενο όπως είναι η Python. Το κόστος απόκτησης της πλατφόρμας είναι αρκετά υψηλό (970€ +Φ.Π.Α.) και απευθύνεται σε χρήστες ηλικίας 7+ [192].

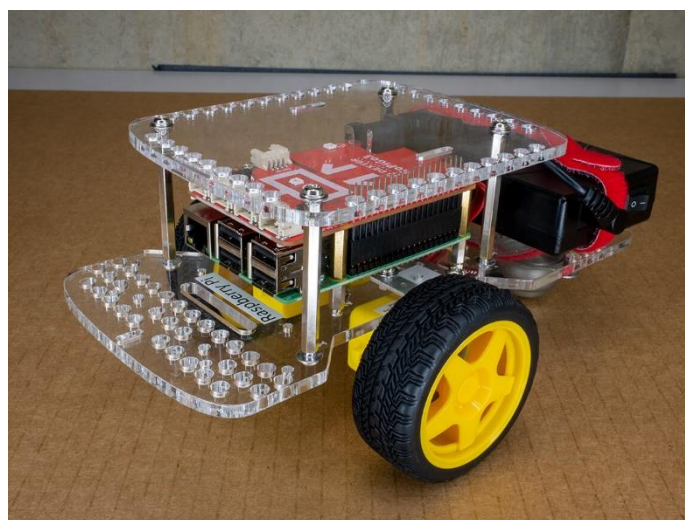
ArcBotics - Hexy the Hexapod v1.1



Εικόνα 74: Η εκπαιδευτική πλατφόρμα Hexy the Hexapod v1.1 [193].

Η πλατφόρμα Hexy the Hexapod είναι ένα αρθρωτό ρομποτικό κιτ που δίνει την δυνατότητα να εξερευνήσουμε την προηγμένη ρομποτική, την κινηματική και τον προγραμματισμό. Διαθέτει έξι (6) πόδια και δεκαεννιά (19) σερβοκινητήρες για την κίνησή του, όπου ελέγχονται μέσω του ελεγκτή Arduino. Είναι 4-10 φορές φθηνότερο (230€ +Φ.Π.Α.) από τα αντίστοιχα εξαποδέ ρομπότ και απευθύνεται σε μαθητές ηλικίας 15+ που αναζητούν μια πλατφόρμα ανοιχτού λογισμικού για να εξερευνήσουν την προηγμένη ρομποτική και κινηματική [193].

Modular Robotics/ Dexter Industries - GoPiGo3



Εικόνα 75: Η εκπαιδευτική πλατφόρμα GoPiGo3 [194].

Η πλατφόρμα GoPiGo3 αποτελεί ένα πλήρες εκπαιδευτικό πακέτο εκμάθησης προγραμματισμού. Το ρομποτικό αυτό όχημα αποτελεί ένα μέσω διασκέδασης αλλά και

εκπαίδευσης για τον χρήστη. Ο Raspberry Pi 3B+ ελεγκτής αποτελεί ιδανική λύση για τον χρήστη ώστε να εξασκηθεί στον προγραμματισμό και στην διάδραση μεταξύ των αισθητήρων και των σερβοκινητήρων που παρέχονται στο πακέτο. Το λογισμικό Dexter OS που παρέχεται από την εταιρία δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να προγραμματίσει την πλατφόρμα σε block γλώσσα (Bloxter) και σε Python. Το κόστος της πλατφόρμας ανέρχεται στα 230€ +Φ.Π.Α και απευθύνεται κυρίως σε χρήστες ηλικίας 13+ [194].

Raw Robotics - Orion 5



Εικόνα 76: Η εκπαιδευτική πλατφόρμα Orion 5 [195].

Η πλατφόρμα Orion 5 έχει σχεδιαστεί για ένα μεγάλο εύρος χρηστών. Απευθύνεται σε μαθητές ηλικίας 13+ καθώς και σε φοιτητές πανεπιστημιακών τμημάτων. Το κόστος αγοράς της πλατφόρμας ανέρχεται στα 500€ +Φ.Π.Α. Η πλατφόρμα Orion 5 έχει την εμφάνιση, αλλά λειτουργεί κιόλας όπως οι ρομποτικοί βραχίονες που συναντούμε στην βιομηχανία και την έρευνα. Οι χρήστες έχουν την ευκαιρία να δουν την πρακτική εφαρμογή των μαθηματικών, την φυσικής, την κινηματικής καθώς επίσης μπορούν να εκπαιδευτούν στο προγραμματισμό, στα συστήματα ελέγχου και στη ρομποτική [195].

Kano Computing - Kano Computer Kit



Εικόνα 77: Η εκπαιδευτική πλατφόρμα Kano Computer Kit [196].

Η εκπαιδευτική πλατφόρμα της Kano Computing αποτελεί έναν προσωπικό υπολογιστή, απευθυνόμενος σε ηλικίες 5+, όπου ο χρήστης καλείται να συναρμολογήσει σχεδόν από το μηδέν και με την χρήση αυτού να αποκτήσει βασικές δεξιότητες στον προγραμματισμό. Η πλατφόρμα αυτή αποτελεί μια εναλλακτική επιλογή εκπαίδευσης STEM καθώς ο χρήστης καλείται να συναρμολογήσει έναν υπολογιστή, σε αντίθεση με ένα ρομπότ που προσφέρουν οι άλλες πλατφόρμες. Το σύστημα αυτό, που διατίθεται στην τιμή των 220€ +Φ.Π.Α., έχει δημιουργηθεί για να επεξηγεί σύνθετα προβλήματα και να τα μετατρέπει σε ένα ευχάριστο παιχνίδι [196].

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε παρουσίαση και ανάλυση δεκατεσσάρων (14) εκπαιδευτικών ρομποτικών πλατφορμών που ενσωματώνουν την εκπαίδευση STEM. Οι πλατφόρμες που παρουσιάστηκαν διαθέτουν κάποια κοινά βασικά χαρακτηριστικά αλλά κάθε μια από αυτές αποτελούν μια διαφορετική περίπτωση προς εξέταση. Το πλέον κοινό στοιχείο των εκπαιδευτικών πλατφορμών είναι η χρήση block και scratch μεθόδου προγραμματισμού, που αποτελούν την πιο διαδεδομένη μορφή ώστε ο χρήστης να εισέλθει στον κόσμο του προγραμματισμού και της ρομποτικής. Υπάρχουν πλατφόρμες που κάνουν χρήση ακόμη πιο απλουστευμένων μεθόδων προγραμματισμού παρέχοντας προεγκατεστημένες ρουτίνες (παρακολούθηση μιας γραμμής, εκτέλεση εντολών με χρωματικό κώδικα, αντίδραση σε ηχητικά ή οπτικά σήματα) που αποσκοπούν στην εκπαίδευση και την διασκέδαση του χρήστη προσχολικής ηλικίας. Ο τρόπος και ο βαθμός που επιλέγει κάθε πλατφόρμα STEM να εξελίξει και να διδάξει τους χρήστες διαφέρει. Ο αρχικός σκοπός μιας εκπαιδευτικής ρομποτικής πλατφόρμας είναι να εισάγει τον χρήστη στο χώρο της ρομποτικής και του προγραμματισμού μέσω της εκπαίδευσης σε βασικές έννοιες και λειτουργίες που διέπουν αυτούς τους τομείς. Κάποιες από τις ρομποτικές πλατφόρμες παρέχουν ένα πιο ολοκληρωμένο πακέτο εκπαίδευσης, μέσω της δυνατότητας προγραμματισμού με γλώσσες όπως είναι η Python, η C, η C++, όπου το υψηλό επίπεδο εξειδίκευσης και τεχνογνωσίας που παρέχουν στον χρήστη ωφελεί στην ανάπτυξη της υπολογιστικής του σκέψης. Οι εκπαιδευτικές πλατφόρμες που αναλύθηκαν στη διπλωματική εργασία αποτελούσαν αντιπροσωπευτικά παραδείγματα τροχήλατων ρομπότ, ανθρωποειδών ρομπότ, σύνθετων κατασκευών αποτελούμενων από δομικά υλικά με δυνατότητα τροποποίησης της μορφής τους κατά τη βούληση του χρήστη.

Η αξιολόγηση των ρομποτικών πλατφορμών για την εκπαίδευση STEM προέκυψε μέσα από τα κριτήρια που τέθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία και αποτέλεσαν τον οδηγό για την αποτύπωση του τελικού αποτελέσματος. Έξι (6) βασικά και δύο (2) δευτερεύοντα κριτήρια ήταν αυτά που διαμόρφωσαν τα τελικά αποτελέσματα. Στον πίνακα που ακολουθεί αποτυπώνονται οι βαθμολογίες για την κάθε μια από τις εκπαιδευτικές πλατφόρμες. Στην πρώτη στήλη παρουσιάζεται η βαθμολογία από τα έξι (6) βασικά κριτήρια, στη δεύτερη η βαθμολογία από τα δύο (2) δευτερεύοντα κριτήρια ενώ στην τρίτη αθροιστικά η βαθμολογία από τις επιμέρους στήλες:

Εκπαιδευτική Πλατφόρμα	Βαθμολογία (Κύρια κριτήρια)	Βαθμολογία (Δευτερεύοντα κριτήρια)	Συνολική Βαθμολογία
Edison - Robot V2.0	27	10	37
Robotical - Marty the Robot V2	18	10	28
TTS - BeeBot	21	7	28
MakeBlock - mBot	24	12	36
OzoBot - Evo Educator	23	11	34
Mobsya Association - Thymio II	26	6	32
LEGO® - WeDo 2.0	20	12	32
LEGO® - Education SPIKE™ Essential Set	20	12	32
LEGO® - Mindstorms™ EV3	18	12	30
LEGO® - Education SPIKE™ Prime Set	22	12	34
EZ-Robot - JD Humanoid Robot	22	8	30
ArcBotics - Sparki	26	7	33
Engino® - Robotics Mini ERP 1.3	28	10	38
Modular Robotics - Cubelets® Curiosity Set	24	10	34

Πίνακας 23: Συγκεντρωτική βαθμολογία των εξεταζόμενων εκπαιδευτικών πλατφορμών.

Αναλύοντας τις βαθμολογίες του ανωτέρω πίνακα, θα παρατηρούσαμε ότι οι εκπαιδευτικές πλατφόρμες με την υψηλότερη βαθμολογία είναι οι εξής:

- Edison - Robot V2.0
- MakeBlock - mBot
- OzoBot - Evo Educator
- Mobsya Association - Thymio II
- LEGO® - Education SPIKE™ Prime Set
- ArcBotics - Sparki
- Engino® - Robotics Mini ERP 1.3
- Modular Robotics - Cubelets® Curiosity Set

Αυτές οι ρομποτικές πλατφόρμες διακρίθηκαν στη βαθμολογία που προέκυψε από τα κύρια κριτήρια αλλά και στη συνολική βαθμολογία, δηλαδή μετά την προσθήκη της βαθμολογίας των δευτερευόντων κριτηρίων. Η τιμή απόκτησης αυτών των εκπαιδευτικών πλατφορμών αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια που τέθηκαν και αυτό μας παρέχει την δυνατότητα να κάνουμε έναν επιπλέον διαχωρισμό.

Οι εκπαιδευτικές πλατφόρμες της Edison - Robot V2.0 και της MakeBlock - mBot αποτελούν τις οικονομικότερες λύσεις για να εκπαιδευτεί μια ομάδα μαθητών όπου παρέχεται αρκετό εκπαιδευτικό υλικό και δυνατότητες προγραμματισμού. Όμως ο μικρός αριθμός αισθητηρίων στη βασική έκδοση της πλατφόρμας ίσως αποτελεί περιορισμό για το πλήθος των εφαρμογών που δύναται να πραγματοποιηθούν.

Οι πλατφόρμες της Mobsya Association - Thymio II και της ArcBotics - Sparki αποτελούν δύο αρκετά ικανοποιητικές εκπαιδευτικές λύσεις καθώς συνδυάζουν μια ανεκτή τιμή αγοράς βάσει του προσφερόμενου πακέτου, το οποίο δεν περιορίζει τον χρήστη στην δημιουργία εφαρμογών που θέλει να εκτελέσει.

Οι ρομποτικές πλατφόρμες της Ozobot - Evo Educator και της Modular Robotics - Cubelets® Curiosity Set ίσως αποτελούν τις πιο ανθεκτικές κατασκευαστικά πλατφόρμες από όλες τις αναφερόμενες σε αυτή την εργασία. Αυτό αποτελεί ισχυρό κίνητρο για την απόκτησή τους καθώς προσφέρουν και ένα εξίσου καλό προγραμματιστικό περιβάλλον. Βέβαια, αρνητικό παράγοντα αποτελεί το γεγονός ότι για μεγάλες ομάδες μαθητών θα απαιτηθεί η αγορά επιπλέον πλατφορμών, αυξάνοντας αρκετά το κόστος, καθώς η αρχική έκδοση δεν θα επαρκεί για την κάλυψη των εκπαιδευτικών αναγκών.

Τέλος, οι εκπαιδευτικές πλατφόρμες της LEGO® - Education SPIKE™ Prime Set και της Engino® - Robotics ERP 1.3 αποτελούν δύο εξαιρετικές πλατφόρμες όπου μέσω των δομικών υλικών που διαθέτουν, προσφέρουν στο χρήστη μεγάλη ποικιλία κατασκευών και εφαρμογών. Ενσωματώνουν την φιλοσοφία της εκπαίδευσης STEM και θέτουν στη διάθεση του χρήστη διαφορετικά είδη ρομπότ ανάλογα με την κατασκευή. Η υψηλή τιμή αγοράς και οι περιορισμοί στο προγραμματιστικό περιβάλλον θα αποτελούσαν έναν αποτρεπτικό παράγοντα για την απόκτησή τους.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη διάρκεια των δεκαπέντε τελευταίων ετών, ένα ευρύ φάσμα διαδραστικών τεχνολογιών έχει σχεδιαστεί κυρίως για τα νεαρά παιδιά, όπως είναι οπτικοποιημένα προγραμματιστικά περιβάλλοντα που βασίζονται στο block προγραμματισμό (Blockly, Scratch, ScratchJr, κ.α.), καθώς επίσης και η είσοδος της ρομποτικής στις αίθουσες διδασκαλίας που στόχο έχει την βελτίωση της διδασκαλίας και της μάθησης [25, 42, 63]. Η εκπαιδευτική ρομποτική αποτελεί ένα διαρκώς εξελισσόμενο τομέα που απευθύνεται σε ένα μεγάλο εύρος χρηστών, ξεκινώντας από την προσχολική ηλικία, έχοντας ως σκοπό την προώθηση της γνώσης και τον εμπλουτισμό της εκπαιδευτικής διαδικασίας [64, 65].

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, παρουσιάστηκαν, αναλύθηκαν και βαθμολογήθηκαν προγραμματιζόμενα ρομπότ και κατασκευαστικά πακέτα ρομποτικής που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από χρήστες προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, χωρίς να αποκλείεται η χρήση τους και από ακόμη μεγαλύτερες ηλικίες. Η προώθηση της γνώσης και η ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης και της ρομποτικής αποτελούν τον βασικό πυλώνα των πλατφορμών που παρουσιάστηκαν. Η εργασία αυτή καταφέρει να προσφέρει μια αξιολόγηση μεταξύ των εξεταζόμενων εκπαιδευτικών πλατφορμών και μέσω των κριτηρίων που έχουν τεθεί να βοηθήσουν τον ενδιαφερόμενο να κατανοήσει τις βασικές τους διαφορές. Ο σκοπός αυτής της εργασίας δεν είναι να υποστηρίξει ένα εκπαιδευτικό ρομπότ ή ένα εκπαιδευτικό κιτ, αλλά να ενημερώσει την εκπαιδευτική κοινότητα, ώστε να λάβει τεκμηριωμένες αποφάσεις για το είδος της εκπαιδευτικής πλατφόρμας που θα εισάγει στην αίθουσα διδασκαλίας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε να αντιμετωπίσει και κάποιους περιορισμούς που οφείλονταν σε οικονομικούς και υγειονομικούς λόγους που υφίσταντο κατά την διάρκεια της εκπόνησής της. Ο πρώτος περιορισμός αφορά την αξιολόγηση των εκπαιδευτικών πλατφορμών όπου βασίστηκε σε πληροφορίες από αξιολογήσεις στο διαδίκτυο, άρθρα αλλά και από άλλες εργασίες οι οποίες αναφέρονταν στις συγκεκριμένες πλατφόρμες. Αυτό έχει σαν αρνητικό αποτέλεσμα την πιθανότητα κάποια εκ των στοιχείων και των πληροφοριών από τις πηγές που αντλήθηκαν τα δεδομένα να είναι ανακριβή ή παρωχημένα. Ο δεύτερος περιορισμός αφορά στην αδυναμία αξιολόγησης των πλατφορμών από τους ίδιους τους χρήστες μέσω ερωτηματολογίων που θα μπορούσαν να τους έχουν διανεμηθεί ώστε ο συγγραφέας της παρούσας εργασίας να ενσωματώσει στην αξιολόγησή του και την ανάδραση που θα λάμβανε από αυτή την ενέργεια. Η αδυναμία αυτή προέκυψε λόγω των υγειονομικών περιορισμών της πανδημίας που λαμβάνει χώρα την περίοδο που συντάχθηκε η εργασία και δεν επέτρεψε την άμεση επαφή με εκπαιδευτικά ιδρύματα και συνάντηση σε φυσικό χώρο με μαθητές για να διανεμηθούν ερωτηματολόγια και να γίνει συζήτηση ώστε να αποτυπωθούν οι ανάγκες τους σε εκπαιδευτικό υλικό. Επίσης, η αδυναμία πειραματισμού του συγγραφέα με τις πλατφόρμες, πλην ελαχίστων εξαιρέσεων, για την εξαγωγή και προσωπικών συμπερασμάτων, λόγω οικονομικών αιτιών (αγορά, ενοικίαση ή παραχώρηση εκπαιδευτικής πλατφόρμας) αποτελεί ακόμη ένα περιορισμό. Η εξέταση και ο πειραματισμός με το λογισμικό που προσφέρουν αυτές οι πλατφόρμες ήταν δυνατό να συμβεί, καθώς προσφέρονται δωρεάν ή είναι εύκολο να αποκτηθούν από το διαδίκτυο, γι' αυτό και κατέστη δυνατόν να αξιολογηθούν και από τον συγγραφέα της παρούσας εργασίας.

Τέλος, θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν κάποιες ενέργειες στο μέλλον ώστε να βελτιώσουν τα αποτελέσματα και το κύρος της εργασίας. Ο πειραματισμός με όλες τις αξιολογούμενες πλατφόρμες και η διανομή στοχευμένων ερωτηματολογίων σε μαθητές θα

προσέφερε μεγαλύτερη αξιοπιστία στην αξιολόγηση των πλατφορμών και θα ήταν μικρότερη η εξάρτηση από αξιολογήσεις πηγών του διαδικτύου που έχουν μικρότερη αξιοπιστία. Η συνεργασία με κατάλληλο εκπαιδευτικό προσωπικό θα μπορούσε να βοηθήσει την διαδικασία μιας συζήτησης με τους μαθητές για τον εντοπισμό των αναγκών και των ελλείψεων σε μια αίθουσα διδασκαλίας. Αυτά θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν με την χρηματοδότηση μιας τέτοιας εργασίας, καθώς θα ήταν υψηλό το κόστος υλοποίησης. Ο τομέας της εκπαιδευτικής ρομποτικής διαρκώς εμπλουτίζεται από νέα και βελτιωμένα εργαλεία καθώς επίσης υπάρχει και διαρκής τροποποίηση των πλατφορμών τόσο σε οικονομικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο παροχών που στηρίζεται κυρίως στον υψηλό ανταγωνισμό. Η εργασία αυτή προσπάθησε να αποτυπώσει ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των υπαρχόντων εκπαιδευτικών πλατφορμών βάσει των συνθηκών που επικρατούσαν την περίοδο που συντάχθηκε αυτή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] A. Chatzopoulos, M. Kalogiannakis, M. Papoutsidakis, S. Psycharis και D. Papachristos, «Measuring the impact on student's Computational Thinking skills through STEM and Educational Robotics projects implementation,» σε *Handbook of Research on Tools for Teaching Computational Thinking in P-12 Education*, M. Kalogiannakis και S. Papadakis, Επιμ., Hershey, PA, IGI Global, 2020, pp. 234-284.
- [2] S. Papadakis, «The use of computer games in classroom environment,» *International Journal of Teaching and Case Studies*, τόμ. 9, αρ. 1, p. 1, 2018.
- [3] S. Papadakis και M. Kalogiannakis, «Using gamification for supporting an introductory programming course. The case of classcraft in a secondary education classroom,» σε *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST, 229*, A. Brooks, E. Brooks και N. Vidakis, Επιμ., Springer International Publishing, 2018, pp. 366-375.
- [4] October 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Homeschooling#cite_note-1.
- [5] Cisco, «www.cisco.com,» Cisco Systems, Inc, 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/what-is-wifi.html>. [Πρόσβαση 20 February 2022].
- [6] B. Marr, 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2016/04/05/why-everyone-mustget-ready-for-4th-industrial-revolution/print/>.
- [7] B. Marr, «www.bernardmarr.com,» 2017. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.bernardmarr.com>. [Πρόσβαση 15 June 2021].
- [8] B. Marr, «www.forbes.com,» Forbes, 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-isindustry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/#5b3ba6539788>. [Πρόσβαση 15 June 2021].
- [9] J. M. Higgins, « The Future of Jobs,» *World Future Review*, τόμ. 5, αρ. 1, pp. 11-23, January 2013.
- [10] K. Schwab και R. Samans, «Global Challenge Insight Report : The Future of Jobs,» σε *World Economic Forum*, Davos, 2016.
- [11] F. World Economic, January 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.weforum.org/reports/schools-of-the-future-defining-new-models-of-educationfor-the-fourth-industrial-revolution>.
- [12] F. World Economic, January 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.weforum.org/projects/learning-4-0>.
- [13] M. Ciolacu, A. F. Tehrani, R. Beer και H. Popp, «Education 4.0 — Fostering student's performance with machine learning methods,» σε *2017 IEEE 23rd International*

Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME), Constanta, 2017.

- [14] H. Singmaster, 2008. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://asiasociety.org/education/resources-schools/professional-learning/seven-skillsstudents-need-their-future>.
- [15] B. T., «Educar na era digital: design, ensino e aprendizagem,» σε *Artesanato Educacional*, Sao Paolo, 2016.
- [16] «School Education Getaway,» European Commission, 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.schooleducationgateway.eu/en/pub/teacher_academy/catalogue/detail.cfm?id=60794. [Πρόσβαση 22 July 2020].
- [17] N. Vidakis, A. K. Barianos, A. M. Trampas, S. Papadakis, M. Kalogiannakis και K. Vassilakis, «Generating education in-game data: The case of an ancient theatre serious game. CSEDU 2019,» σε *11th International Conference on Computer Supported Education*, 2019.
- [18] «Wikipedia,» Wikimedia Foundation, Inc., 27 06 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Science%2c_technology%2c_engineering%2c_and_mathematics. [Πρόσβαση 06 07 2020].
- [19] A. Chatzopoulos, M. Papoutsidakis, M. Kalogiannakis και S. Psycharis, «Innovative Robot for Educational Robotics and STEM,» σε *16th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Athens, 2020.
- [20] M. Ioannou και T. Bratitsis, «Utilizing Sphero for a speed related STEM activity in Kindergarten,» σε *Hellenic Conference on Innovating STEM Education*, Athens, 2016.
- [21] J. A. Vasquez, M. Comer και C. Sneider, *STEM Lesson Essentials, Grades 3-8: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*, 1st επιμ., J. A. Vasquez, M. Comer και C. Sneider, Επιμ., Portsmouth: Heinemann, 2013.
- [22] S. Heilig, «K-12 STEM Education,» *The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology*, τόμ. 1, αρ. 2, p. 112, 2015.
- [23] N. Tsupros, R. Kohler και J. Hallinen, 2009. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.cmu.edu/gelfand/documents/stemsurvey-report-cmu-iu1.pdf>.
- [24] J. A. Ejiwale, «Barriers to Successful Implementation of STEM Education,» *Journal of Education and Learning*, τόμ. 7, αρ. 2, p. 63–74, 2013.
- [25] A. Chatzopoulos, M. Papoutsidakis, M. Kalogiannakis και S. Psycharis, «Action Research Implementation in Developing an Open Source and Low Cost Robotic Platform for STEM Education,» *International Journal of Computer Applications*, τόμ. 178, αρ. 24, pp. 33-46, June 2019.
- [26] J. Texley και R. M. Ruud, *Teaching STEM literacy: a constructivist approach for ages 3 to 8*, 1st επιμ., R. Press, Επιμ., St. Paul, MN, 2018.

- [27] A. Traurig και R. Feller, « Preparing Students for STEM Careers,» *STEM Career Magazine*, τόμ. 53, αρ. 9, 2008.
- [28] S. Psycharis και E. Kotzampasaki, «The Impact of a STEM Inquiry Game Learning Scenario on Computational Thinking and Computer Self-confidence,» *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, τόμ. 15, αρ. 4, 2019.
- [29] T. Saito, Y. Gunji και Y. Kumano, «The Problem about Technology in STEM Education: Some Findings from Action Research on the Professional Development & Integrated STEM Lessons in Informal Fields,» *K-12 STEM Education*, τόμ. 1, αρ. 2, pp. 85-100, 2015.
- [30] G. H. Roehrig, T. J. Moore και H. Wang, «Is Adding the E Enough?: Investigating the Impact of K-12 Engineering Standards on the Implementation of STEM Integration,» *School of Engineering Education Faculty Publications*, τόμ. 112, αρ. 1, pp. 31-44, January 2012.
- [31] D. Bues, «STEM Education : How Best to "Illuminate the Lamp of Learning",» σε *2019 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*, Princeton, NJ, 2019.
- [32] V. M. Ramesh, «STEM activities for toddlers,» σε *2017 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*, Princeton, NJ, 2017.
- [33] L. Daniela και M. D. Lytras, «Educational Robotics for Inclusive Education,» *Technology, Knowledge and Learning*, τόμ. 24, pp. 219-225, December 2018.
- [34] A. Khanlari, « Effects of educational robots on learning STEM and on students' attitude toward STEM,» σε *2013 IEEE 5th Int. Conf. Eng. Educ. Aligning Eng. Educ. with Ind. Needs Nation Dev. ICEED 2013*, 2014.
- [35] B. Wagner, P. Hohmann, U. Gerecke και C. Brenneke, «Technical Framework for Robot Platforms in Education,» σε *International Conference on Engineering Education and Research "Progress Through Partnership"*, 2004.
- [36] N. C. Zygouris, A. Striftou, A. N. Dadaliaris, G. I. Stamoulis, A. C. Xenakis και D. Vavougiος, «The use of LEGO mindstorms in elementary schools,» σε *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, 2017.
- [37] V. Mavrovounioti, A. Chatzopoulos, M. Papoutsidakis και D. Piromalis, « Implementation of an 2-wheel Educational Platform for STEM Applications,» *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*, τόμ. 5, αρ. 10, pp. 8944-8948, 2018.
- [38] S. Melkonian, A. Chatzopoulos, M. Papoutsidakis και D. Piromalis, «Remote control via android for a small vehicle' s 2-wheels balancing,» *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*, τόμ. 5, αρ. 10, pp. 8964 - 8967, 2018.
- [39] A. Xatzopoulos, M. Papoutsidakis και G. Chamilothis, « Mobile Robotic Platforms as Educational Tools in Mechatronics Engineering,» σε *International Scientific Conference eRA – 8*, Piraeus, 2013.

- [40] E. Ospennikova, M. Ershov και I. Iljin, «Educational Robotics as an Inovative Educational Technology,» *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, τόμ. 214, pp. 18-26, June 2015.
- [41] S. Blanchard, V. Freiman και N. Lirrete-Pitre, «Strategies used by elementary schoolchildren solving robotics-based complex tasks: Innovative potential of technology,» *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, τόμ. 2, αρ. 2, p. 2851–2857, 2010.
- [42] Y.-A. M.-R. A. G.-V. & G.-H. A. (. Caballero-Gonzalez, «Learning computational thinking and social skills development in young children through problem solving with educational robotics,» σε *TEEM'19 Proceedings of the Seventh International Conferenceon Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, Leon, Spain, 2019.
- [43] M. Çalik, J. Ebenezer, T. Özsevgeç, Z. Küçük και H. Artun, «Improving Science Student Teachers' Self-perceptions of Fluency with Innovative Technologies and Scientific Inquiry Abilities,» *Journal of Science Education and Technology*, τόμ. 24, αρ. 4, pp. 448-460, 2015.
- [44] M. Çalik, T. Özsevgeç, J. Ebenezer, H. Artun και Z. Küçük, «Effects of “Environmental Chemistry” Elective Course Via Technology-Embedded Scientific Inquiry Model on Some Variables,» *Journal of Science Education and Technology*, τόμ. 23, αρ. 3, p. 412–430, 2014.
- [45] A. Ioannou και E. Makridou, «Exploring the potentials of educational robotics in the development of computational thinking: A summary of current research and practical proposal for future work,» *Education and Information Technologies*, τόμ. 23, αρ. 6, pp. 2531-2544, 2018.
- [46] S. Atmatzidou, I. Markelis και S. Demetriadis, «The use of LEGO Mindstorms in elementary and secondary education : game as a way of triggering learning,» σε *Workshop Proceedings of International Conference on Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots*, Venice, 2008.
- [47] P. Dorouka, S. Papadakis και M. Kalogiannakis, « Tablets and apps for promoting robotics, mathematics, STEM education and literacy in early childhood education,» *Int. J. Mob. Learn. Organ. , αρ. 14*, pp. 255 - 274, 2020.
- [48] M. Kalogiannakis και S. Papadakis, « Evaluating a course for teaching introductory programming with Scratch to pre-service kindergarten teachers,» *Int. J. Technol. Enhanc. Learn. , αρ. 11*, p. 231, 2019.
- [49] M. Kalogiannakis και S. Papadakis, « Evaluating pre-service kindergarten teachers' intention to adopt and use tablets into teaching practice for natural sciences,» *Int. J. Mob. Learn. Organ. , αρ. 13*, pp. 113-127, 2019.
- [50] S. Papadakis, «Gender stereotypes in Greek computer science school textbooks,» *International Journal of Teaching and Case Studies*, τόμ. 9, αρ. 1, p. 48, 2018.

- [51] S. Papadakis, K. Polychronaki και C. Tousia, «Women in computer science. The case study of the Computer Science Department of the University of Crete, Greece,» *International Journal of Teaching and Case Studies*, τόμ. 9, αρ. 2, π. 142, 2018.
- [52] M. U. Bers, σε *Blocks to Robots Learning with Technology in the Early Childhood Classroom*, Teachers College Press, 2008, π. 14.
- [53] F. A. B. Foundation, *Scaling a Community of Practice for Education in STEM through Digital Fabrication Reflection and Playbook*, Boston, MA: Foundation, F. A. B. , 2019.
- [54] G. B. Ronsivalle, A. Boldi, V. Gusella, C. Inama και S. Carta, «How to Implement Educational Robotics' Programs in Italian Schools: A Brief Guideline According to an Instructional Design Point of View,» *Technology, Knowledge and Learning*, τόμ. 24, pp. 227-245, 2018.
- [55] LEGO®, December 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.lego.com/en-us/lego-history/lego-education604484c3b3de4314a678ef280d04d216>.
- [56] M. Resnick, S. Ocko και S. Papert, «LEGO , LOGO, AND DESIGN. Children and Interactive Electronic Environments,» *JSTOR*, τόμ. 5, αρ. 4, pp. 14-18, 1988.
- [57] D. Alimisis, 2009. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.terecop.eu/en/Products1.html> .
- [58] D. Alimisis, «Educational robotics : Open questions and new challenges,» *Themes in Science & Technology Education* , τόμ. 6, αρ. 1, pp. 63-71, 2013.
- [59] D. Alimisis, *Teacher education on robotics-enhanced constructivist pedagogical methods*, 2009.
- [60] P. Plaza, E. Sancristobal, G. Carro, M. Castro, M. Blazquez και A. Peixoto, «Traffic lights through multiple robotic educational tools,» σε *IEEE Glob. Eng. Educ. Conf. EDUCON, vol. 2018*, 2018.
- [61] S. Papadakis, M. Kalogiannakis, V. Orfanakis και N. Zaranis, «The appropriateness of scratch and app inventor as educational environments for teaching introductory programming in primary and secondary education.,» *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies (IJWLTT)*, τόμ. 12, αρ. 4, pp. 58-77, 2017.
- [62] C. C. Urlings, K. M. Coppens και L. Borghans, «Measurement of Executive Functioning Using a Playful Robot in Kindergarten.,» *Computers in the Schools*, τόμ. 36, αρ. 4, pp. 255-273, 2019.
- [63] C. Duncan, T. Bell και S. Tanimoto, «Should your 8-year-old learn coding?,» σε *9th Workshop in Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE'14)*, Berlin, 2014.
- [64] K. Nikolopoulou και V. Gialamas, «Barriers to the integration of computers in early childhood settings: Teachers' perceptions.,» *Education and Information Technologies*, τόμ. 20, αρ. 2, pp. 285-301, 2015.

- [65] S. Papadakis, J. Vaiopoulou, M. Kalogiannakis και D. Stamovlasis, «Developing and Exploring an Evaluation Tool for Educational Apps (E TEA) Targeting Kindergarten Children.,» *Sustainability*, τόμ. 12, αρ. 10, p. 4201, 2020.
- [66] A. Sullivan και M. U. Bers, « Robotics in the early childhood classroom: learning outcomes from an 8-week robotics curriculum in pre-kindergarten through second grade.,» *International Journal of Technology and Design Education*, τόμ. 26, αρ. 1, pp. 3-20, 2016.
- [67] F. Mondada, M. Bonani, F. Riedo, M. Briod, L. Pereyre, P. Rétornaz και S. Magnenat, «Bringing robotics to formal education: The thymio open-source hardware robot.,» *IEEE Robotics & Automation Magazine*, τόμ. 24, αρ. 1, pp. 77-85, 2017.
- [68] I. M. Souza, W. L. Andrade, L. M. Sampaio και A. L. S. O. Araujo, «A Systematic Review on the use of LEGO® Robotics in Education,» σε *IEEE Frontiers in Education Conference*, San Jose, 2018.
- [69] C. Kim, D. Kim, J. Yuan, R. B. Hill, P. Doshi και C. N. Thai, «Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching.,» *Computers & Education*, τόμ. 91, pp. 14-31, 2015.
- [70] A. A. Sullivan, M. U. Bers και C. Mihm, «Imagining, playing, and coding with KIBO: using robotics to foster computational thinking in young children.,» σε *International Conference on Computational Thinking Education*, Wanchai, 2017.
- [71] M. C. Di Lieto, C. Pecini, E. Castro, E. Inguaggiato, F. Cecchi, P. Dario, G. Cioni και G. Sgandurra, « Empowering Executive Functions in 5-and 6-Year-Old Typically Developing Children Through Educational Robotics: An RCT Study.,» *Frontiers in psychology*, τόμ. 10, p. 3084, 2020.
- [72] N. Eteokleous, «Robotics and Programming Integration as Cognitive-Learning Tools,» σε *Advanced Methodologies and Technologies in Artificial Intelligence, Computer Simulation, and Human-Computer Interaction*, Hershey, IGI Global, 2019, pp. 1085-1099.
- [73] F. B. V. Benitti, « Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review.,» *Computers & Education*, τόμ. 58, αρ. 3, pp. 978-988, 2012.
- [74] A. García-Valcárcel-Muñoz-Repiso και Y. A. Caballero-González, «Robotics to develop computational thinking in early Childhood Education.,» *Comunicar. Media Education Research Journal*, τόμ. 27, αρ. 1, pp. 63-72, 2019.
- [75] V. Komis, M. Romero και A. Misirli, «A scenario-based approach for designing educational robotics activities for co-creative problem solving.,» σε *International Conference EduRobotics 2016*, Cham, Springer International Publishing AG, 2016, pp. 158-169.
- [76] V. Komis και A. Misirli, «The environments of educational robotics in Early Childhood Education: towards a didactical analysis.,» *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, τόμ. 3, αρ. 2, pp. 238-246, 2016.

- [77] A. Ioannidou, V. Bennett, A. Repenning, H. Koh και A. Basawapatna, «Computational Thinking Patterns,» σε *Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA)*, 2011.
- [78] LEGO®, «le-www-live-s.legocdn.com,» June 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://le-www-live-s.legocdn.com/sc/media/files/userguides/wedo-2/computational-thinking-teacher-guides/computationalthinkingteacherguideen-gb>. [Πρόσβαση 11 July 2021].
- [79] S. Atmatzidou και S. Demetriadis, «How to Support Students ' Computational Thinking Skills in Educational Robotics Activities,» σε *4th International Workshop Teaching Robotics Teaching with Robotics & 5th International Conference Robotics in Education*, Padova, Italy, 2014.
- [80] V. J. Shute, C. Sun και J. Asbell-Clarke, «Demystifying computational thinking,» *Educational Research Review*, τόμ. 22, pp. 142-158, 2017.
- [81] F. Zahilah Mohamed Zaki, S. L. Wong και M. Ridzwan Yaakub, «A Review of Common Features in Computational Thinking Frameworks in K-12 Education,» σε *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019.
- [82] K. Brennan και M. Resnick, «New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking,» σε *Annual American Educational Research Association Meeting*, Vancouver, BC, Canada, 2012.
- [83] A. Pugnali, A. Sullivan και M. Umashi Bers, «The Impact of User Interface on Young Children's Computational Thinking,» *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, τόμ. 16, pp. 171-193, 2017.
- [84] F. Arvin, J. Espinosa, B. Bird, A. West, S. Watson και B. Lennox, «Mona: an Affordable Open-Source Mobile Robot for Education and Research,» *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, τόμ. 94, pp. 761 - 755, 2019.
- [85] M. E. Karim, S. Lemaignan και F. Mondada, «A review: Can robots reshape K-12 STEM education?,» σε *IEEE International Workshop on Advanced Robotics and its Social impacts*, Lyon, 2015.
- [86] D. Catlin, M. Kandlhofer και S. Holmquist, «Robots for Education,» April 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://robots-for-education.com/>. [Πρόσβαση 19 February 2022].
- [87] D. Catlin, M. Kandlhofer και S. Holmquist, «Robots for Education,» April 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://robots-for-education.com/ontology>. [Πρόσβαση 19 February 2022].
- [88] M. Nations, March 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.robotlab.com/blog/how-to-choose-a-stem-platform-to-support-hybrid-learning>.
- [89] M. Jackson, S. Crouch και R. Baxter, June 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://software.ac.uk/sites/default/files/SSI-SoftwareEvaluationCriteria.pdf>.

- [90] A. Takacs, G. Eigner, L. Kovacs, I. J. Rudas και T. Haidegger, «Teacher's Kit: Development, Usability, and Communities of Modular Robotic Kits for Classroom Education,» *IEEE Robotics & Automation Magazine*, τόμ. 23, αρ. 2, pp. 30- 39, June 2016.
- [91] K. Brennan και M. Resnick, «New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking,» σε *American Educational Research Association*, Vancouver, 2012.
- [92] B. Misnevs, V. Jusas, J. L. F. Alemán και N. Kafadarova, «Remote Evaluation of Software Engineering Competences,» *Procedia Computer Science*, τόμ. 104, pp. 20-26, February 2017.
- [93] M. Laurie, A. Manches και S. Fletcher-Watson, «The role of robotic toys in shaping play and joint engagement in autistic children: Implications for future design,» August 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212868921000830>. [Πρόσβαση 22 September 2021].
- [94] Edison, «Edison,» Edison, 22 November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://meetedison.com/edcreate/#EdCreate-resources>. [Πρόσβαση 22 November 2021].
- [95] Tracy, «www.techagekids.com,» Techagekids, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.techagekids.com/2016/10/edison-mini-robot-review-and-new-20.html>. [Πρόσβαση 5 November 2021].
- [96] K. Victoria, «www.teachyourkidscode.com,» Teach your kids code, June 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://teachyourkidscode.com/edison-robot-review/>. [Πρόσβαση 18 November 2021].
- [97] Robotical, September 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://robotical.io>.
- [98] Robotical, September 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://robotical.io/product/marty-the-robot-v2/>.
- [99] M. Horne, «www.recantha.co.uk,» June 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.recantha.co.uk/blog/?p=21090>. [Πρόσβαση 9 June 2021].
- [100] L. Hattersley, July 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://magpi.raspberrypi.com/articles/review-marty-the-robot-v2>.
- [101] Robotical, December 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.public.gr/product/rompot-programmatismoy-marty-the-robot/prod12240650pp/?gclid=CjwKCAiAh_GNBhAHΕiwAjOh3ZNAu96zkk_bpyoLjJl3Xt1LK7KOaSq4W77wwXYwp2dvDrWj0IDyU7hoCDMsQAvD_BwE.
- [102] b. Bots, «www.botsbitsandkids.com,» October 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.botsbitsandkids.com/roboticals-marty-coding-walking-robot/>. [Πρόσβαση 24 October 2021].

- [103] StemToys, October 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://stem-toys.gr/product/bee-bot-2/>.
- [104] Eduk8, «www.eduk8.gr,» September 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://eduk8.gr/product/rechargeable-bee-bot/>. [Πρόσβαση 29 September 2020].
- [105] TSS, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://bee-bot.terrapiinlogo.com/?community-mat>.
- [106] D. Messer, L. Thomas, A. Holliman και N. Kucirkova, «Evaluating the effectiveness of an educational programming intervention on children’s mathematics skills, spatial awareness and working memory.,» *Education and Information Technologies*, αρ. 23, p. 2879–2888, November 2018.
- [107] Makeblock, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://store.makeblock.com/products/diy-coding-robot-kits-mbot>.
- [108] Makeblock, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.makeblock.com/steam-kits/mbot>.
- [109] J. Pisarov, «Experience with mBot – Wheeled Mobile Robot,» σε *XXXV. Jubileumi Kandó Konferencia 2019*, Budapest, 2019.
- [110] Craighissett, «www.robotshop.com,» August 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.robotshop.com/community/forum/t/review-makeblock-mbot/13683>. [Πρόσβαση 16 September 2021].
- [111] Ozobot, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://shop.ozobot.com/products/evo-educator-entry-kit-titanium-black>.
- [112] Stemfinity, December 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://stemfinity.com/products/ozobot-evo-educator-entry-kit?_pos=2&_sid=2042feaf7&_ss=r.
- [113] Ozobot, October 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://ozoblockly.com/editor?lang=en&robot=evo&mode=2>.
- [114] Ozobot, «www.ozobot.com,» Ozobot, October 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://ozobot.com/educate/lessons>. [Πρόσβαση 1 October 2021].
- [115] Ozobot, October 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://ozobot.com/create/construction-kit-games>.
- [116] O. T. r. Team, «www.officialtop5review.com,» May 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.officialtop5review.com/ozobot/>. [Πρόσβαση 1 October 2021].
- [117] M. Association, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.thymio.gr>.
- [118] Generationrobots, «www.generationrobots.com,» November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.generationrobots.com/en/401213-mobile-robot-thymio-2.html>. [Πρόσβαση 22 November 2021].

- [119] R. Advance, «www.robot-advance.com,» March 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.robot-advance.com/EN/art-thymio-1194.htm>. [Πρόσβαση 22 November 2021].
- [120] M. Association, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.thymio.org/program/vpl/>.
- [121] M. Association, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.thymio.gr/behaviours.php>.
- [122] M. Association, November 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.thymio.org/basic-behaviours/>.
- [123] M. Association, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.thymio.gr/aseba.php>.
- [124] M. Association, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.thymio.org/program/scratch/>.
- [125] M. Association, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.thymio.org/program/blockly/>.
- [126] M. Association, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.thymio.org/program/aseba/>.
- [127] F. Riedo, P. Rétornaz, L. Bergeron, N. Nyffeler και F. Mondada, «A two years informal learning experience using the Thymio robot,» σε *6th International Symposium on Autonomous Minirobots for Research and Edutainment*, Bielefeld, 2011.
- [128] J. Shin, R. Siegwart και S. Magnenat, «Visual Programming Language for Thymio II Robot,» σε *Conference on Interaction Design and Children (IDC'14)*, Aarhus, 2014.
- [129] F. Riedo, M. S. D. Chevalier, S. Magnenat και F. Mondada, «Thymio II, a robot that grows wiser with children,» σε *The 2013 IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO)*, Tokyo, 2013.
- [130] LEGO®, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://education.lego.com/en-us/products/lego-education-wedo-2-0-core-set/45300#wedo-20>.
- [131] LEGO®, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://educ8.gr/product/lego-education-wedo-2-0-core-set/>.
- [132] M. Romero και Y. Dupont, «Educational robotics: From procedural learning to co-creative project oriented challenges with lego WeDo,» σε *8th International Conference on Education and New Learning Technologies*, Barcelona, 2016.
- [133] LEGO®, June 2017. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://education.lego.com/v3/assets/blt293eea581807678a/blt79d3f743530ca50c/5f880438c3d3c30be7c15228/toolbox-en-gb-v1.pdf>.
- [134] S. Coxon, «Design to Succeed in LEGO WeDo Robotics Challenges,» *Steve Coxon*, 2010.

- [135] LEGO®, December 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://educ8.gr/product/lego-education-spike-essential/>.
- [136] LEGO®, December 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.lego.com/en-us/product/lego-education-spike-essential-set-45345>.
- [137] C. Burns, «www.slashgear.com,» August 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.slashgear.com/lego-education-spike-essential-set-for-steam-also-aims-for-social-skills-17687201/>. [Πρόσβαση 4 August 2021].
- [138] D. Skrzypek και O. Syrocka, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.robocamp.eu/en/blog/lego-spike-essential-review/>.
- [139] LEGO®, December 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.microsoft.com/en-us/p/spike-lego-education/9nfqz9rdnd2q#activetab=pivot:overviewtab>.
- [140] LEGO®, December 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.why.gr/καταστημα/lego-education/lego-education-spike-essential/lego-education-spike-essential/>.
- [141] LEGO®, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.amazon.in/LEGO-31313-Lego-MINDSTORMS-EV3/dp/B00BMKLVJ6>.
- [142] E. Lego, February 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.lego.com/en-gr/product/lego-mindstorms-ev3-31313>.
- [143] EDUK8, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://educ8.gr/product/lego-mindstorms-ev3-core-set/>.
- [144] W. Greenwald, «www.pcmag.com,» August 2013. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.pcmag.com/reviews/lego-mindstorms-ev3/>. [Πρόσβαση 18 January 2021].
- [145] C. Cawley, «www.makeuseof.com,» November 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.makeuseof.com/tag/lego-mindstorms-ev3-review-giveaway/>. [Πρόσβαση 8 June 2020].
- [146] LEGO®, April 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://xn-lego-mindstorms-programmer-v9al.soft112.com/>.
- [147] D. Benedettelli, «www.lego.com,» May 2013. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.lego.com/cdn/product-assets/product.bi.additional.pdf/31313_X_EL3CTRIC%20GUITAR.pdf. [Πρόσβαση 19 June 2020].
- [148] K. Madsen, «www.lego.com,» May 2013. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.lego.com/cdn/product-assets/product.bi.additional.pdf/31313_X_BOBB3E.pdf. [Πρόσβαση 7 June 2020].
- [149] M. Crosbie, «www.lego.com,» May 2013. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.lego.com/cdn/product->

- assets/product.bi.additional.pdf/31313_X_ROBODOZ3R.pdf. [Πρόσβαση 7 June 2020].
- [150] V. Chryssanthakopoulos, «www.lego.com,» May 2013. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.lego.com/cdn/product-assets/product.bi.additional.pdf/31313_X_EV3D4.pdf. [Πρόσβαση 7 June 2020].
- [151] LEGO®, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.thenxtstep.com/2019/01/one-set-infinite-possibilities.html>.
- [152] Robocamp, «www.robocamp.eu,» March 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.robocamp.eu/en/blog/lego-mindstorms-ev3-review/>. [Πρόσβαση 16 June 2020].
- [153] C. F. Panadero, J. V. Román και C. Kloos, «Impact of learning experiences using LEGO® Mindstorms™ in engineering courses,» σε *IEEE EDUCON 2010 Conference*, Madrid, 2010.
- [154] F. Klassner και S. Anderson, «LEGO® MindStorms™: Not Just for K-12 Anymore,» *IEEE Robotics & Automation Magazine*, τόμ. 10, αρ. 2, pp. 12- 18, June 2003.
- [155] N. Aspragathos, P. Koustoumpardis και V. Moulianitis, *Advances in Service and Industrial Robotics*, 67th επιμ., P. N. K. V. C. M. Nikos A. Aspragathos, Επιμ., Alpe-Adria Danube: Springer, 2018.
- [156] LEGO®, December 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://roboinstruction.com/review-of-lego-spike-prime-45678/>.
- [157] LEGO®, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.why.gr/καταστημα/lego-education/lego-education-spike/lego-education-spike-prime/>.
- [158] M. Karlin, February 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.edtechroundup.org/reviews/lego-education-spike-tm-prime-build-steam-confidence-in-middle-school-classrooms>.
- [159] LEGO®, «www.lego.com,» LEGO®, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.lego.com/en-us/product/lego-education-spike-prime-set-45678>. [Πρόσβαση 22 November 2021].
- [160] Roboinstructor, «www.roboinstruction.com,» October 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://roboinstruction.com/review-of-lego-spike-prime-45678/>. [Πρόσβαση 26 October 2021].
- [161] Jim, April 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.eurobricks.com/forum/index.php?/forums/topic/184549-review-45678-lego-education-spike-prime/>.
- [162] M. Cohen, «www.thetechrabbi.com,» September 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.thetechrabbi.com/blog/lego-spike-prime-kit-review>. [Πρόσβαση 14 September 2020].

- [163] L. Barack, «www.gearbrain.com,» September 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.gearbrain.com/amp/lego-education-spike-prime-review-2647536073>. [Πρόσβαση 16 September 2020].
- [164] S. Langevin, «www.common sense.org,» February 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.common sense.org/education/website/lego-education-spike-prime>. [Πρόσβαση 16 September 2020].
- [165] Homeschool, «www.homeschool.com,» September 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.homeschool.com/productreviews/lego-education-spike-prime-product-review/>. [Πρόσβαση 15 September 2021].
- [166] C. Aviles, «www.techlearning.com,» January 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.techlearning.com/buying-guides/product-review-lego-educations-spike-prime>. [Πρόσβαση 23 November 2021].
- [167] EZ-Robot, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.stem-supplies.com/technology/robotics-and-coding/jd-humanoid-robot-set>.
- [168] EZ-Robot, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ez-robot.com/store/p5/humanoid-robotics-kit.html>.
- [169] B. Interactive, «www.brainaryinteractive.com,» November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.brainaryinteractive.com/ez-robot>. [Πρόσβαση 16 November 2021].
- [170] A. Terranova, «www.makezine.com,» December 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://makezine.com/2014/12/09/review-ez-robot-six-and-the-ez-builder-software/>. [Πρόσβαση 21 October 2021].
- [171] EZ-Robot, November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ez-robot.com/pc-software.html>.
- [172] S. Robotics, «www.solvelight.com,» November 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.solvelight.com/product/ezrobot-revolution-jd-humanoid-robot-kit/>. [Πρόσβαση 14 November 2021].
- [173] G. Huang, R. Childers, J. Hilton, Z. Ye και Y. Sun, «www.semanticscholar.org,» January 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/Cooperative-Explorations-with-Wirelessly-Controlled-Huang-Childers/bc02d23c6180998511b6ede5a67739385ea61af4?sort=relevance&citationIntent=background>. [Πρόσβαση 4 September 2021].
- [174] Arcbotics, May 2017. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://arcbotics.mybigcommerce.com/sparki-the-easy-robot-for-everyone/>.
- [175] Arcbotics, May 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.robotshop.com/media/files/pdf/datasheet-sparki.pdf>.
- [176] A. Larson, «www.gettingsmart.com,» 6 November 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.gettingsmart.com/2016/11/06/sparking-student-coding-skills-with-the->

sparki-robot/. [Πρόσβαση 23 November 2021].

- [177] A. Miller, D. Belenky και J. Keenes, «www.smarterlearningguide.com,» October 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://smarterlearningguide.com/arcbotics-sparki-review/>. [Πρόσβαση 11 October 2021].
- [178] Arcbotics, «www.arcbotics.com,» May 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://arcbotics.com/products/sparki/>. [Πρόσβαση 23 November 2021].
- [179] Engino, «Timberdoodle,» Timberdoodle Co., 29 March 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://timberdoodle.com/products/engino-stem-erp-mini-robotics>. [Πρόσβαση 29 March 2022].
- [180] Engino, «Engino,» Engino.net Ltd, 30 December 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.engino.com/w/instructions/stem/stem70/stem70-booklet.pdf>. [Πρόσβαση 30 March 2022].
- [181] Engino, «www.engino.com,» Engino.net Ltd, 2 April 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.engino.com/w/index.php/products/robotics>. [Πρόσβαση 2 April 2022].
- [182] A. client, «Amazon,» Amazon.com, Inc, 3 April 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.amazon.com/product-reviews/B081RW6D9N?reviewerType=all_reviews. [Πρόσβαση 3 April 2022].
- [183] M. Robotics, «IEEE,» IEEE, 3 April 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://robots.ieee.org/robots/cubelets/?gallery=video6>. [Πρόσβαση 3 April 2022].
- [184] M. Robotics, «Modular Robotics Inc.,» Modular Robotics Inc., 19 August 2012. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://modrobotics.com/cubelets-curiosity-set/>. [Πρόσβαση 19 April 2022].
- [185] Robotlab, «Robotlab,» Robotlab Inc., 28 April 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.robotlab.com/store/creative-constructors-pack>. [Πρόσβαση 28 April 2022].
- [186] ModRobotics, «Modular Robotics,» Modular Robotics Inc., 28 April 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://modrobotics.com/cubelets-apps/>. [Πρόσβαση 28 April 2022].
- [187] ModRobotics, «Modular Robotics,» Modular Robotics Inc., 19 May 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://modrobotics.com/company-news/new-software-cubelets-console/>. [Πρόσβαση 28 April 2022].
- [188] J. Fortuna, «PCMag Digital Group,» PCMag Digital Group, 11 March 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.pcmag.com/reviews/modular-robotics-cubelets-twenty-kit>. [Πρόσβαση 28 April 2022].
- [189] S. Langevin, «Common Sense Education,» Common Sense Media, April 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.commonsense.org/education/app/cubelets-blockly>. [Πρόσβαση 28 April 2022].

- [190] M. Library, «Madisons Library,» Madisons Library, 18 February 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://madisonslibrary.com/2019/02/18/technology-cubelets-review/>. [Πρόσβαση 28 April 2022].
- [191] Elenco, «Elenco,» Elenco Electronics, Inc, 4 April 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://shop.elenco.com/consumers/snap-circuits-extreme.html>. [Πρόσβαση 4 April 2022].
- [192] R. i. Schools, «Edbot - Robots in Schools Ltd.,» Robots in Schools Ltd., 20 March 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://ed.bot/edbot>. [Πρόσβαση 15 April 2022].
- [193] ArcBotics, «ArcBotics - Learning with Robots,» ArcBotics LLC, 15 April 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://arcbotics.mybigcommerce.com/hexy-the-hexapod-v1-1/>. [Πρόσβαση 15 April 2022].
- [194] M. Robotics, «GoPiGo Modular Robotics,» Modular Robotics Inc., 15 April 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://gopigo.io/getting-started/>. [Πρόσβαση 15 April 2022].
- [195] Rawrobotics, «Rawrobotics,» Rawrobotics, 5 November 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://rawrobotics.education/orion5>. [Πρόσβαση 5 November 2020].
- [196] K. C. Ltd., «Laptop Magazine,» Kano Computing Ltd., 18 March 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.laptopmag.com/reviews/laptops/kano-computer-kit>. [Πρόσβαση 19 April 2022].