

Εκπαιδευτική Ρομποτική & Προγραμματισμός Ενσώματων Αλληλεπιδράσεων

Αλέξανδρος Μερκούρης
Τμήμα Πληροφορικής
Ιόνιο Πανεπιστήμιο
c14merk@ionio.gr

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή
2. Σχετική Εργασία
3. Ανάπτυξη Υπολογιστικής Σκέψης μέσα από τον Προγραμματισμό
Διεπαφών Ανθρώπου – Ρομπότ
4. Ανάπτυξη Επιστημονικής Σκέψης μέσα από τον Προγραμματισμό
Διεπαφών Ανθρώπου – Ρομπότ
5. Συζήτηση
6. Συμπεράσματα

Εισαγωγή

Ποιο ήταν το κίνητρο;

- Ενσώματη Μάθηση μέσα από διάφορους αισθητηριοκινητικούς τρόπους: αφή, κίνηση, ομιλία, όσφρηση και όραση
- Ενσώματη προσέγγιση για τη διδασκαλία αφηρημένων εννοιών : STEM και Υπολογιστικής Σκέψης (ΥΣ)
- Ανάπτυξη ψηφιακών τεχνολογιών: κινητές συσκευές, διεπαφές touchscreen , γυροσκοπίου, ομιλίας, ολόκληρου σώματος μέσω computer vision
- Σωματοποίηση με χρήση Εκπαιδευτικών Ρομπότ [Alimisis 2013]

Ποια ήταν η κύρια πηγή έμπνευσης;

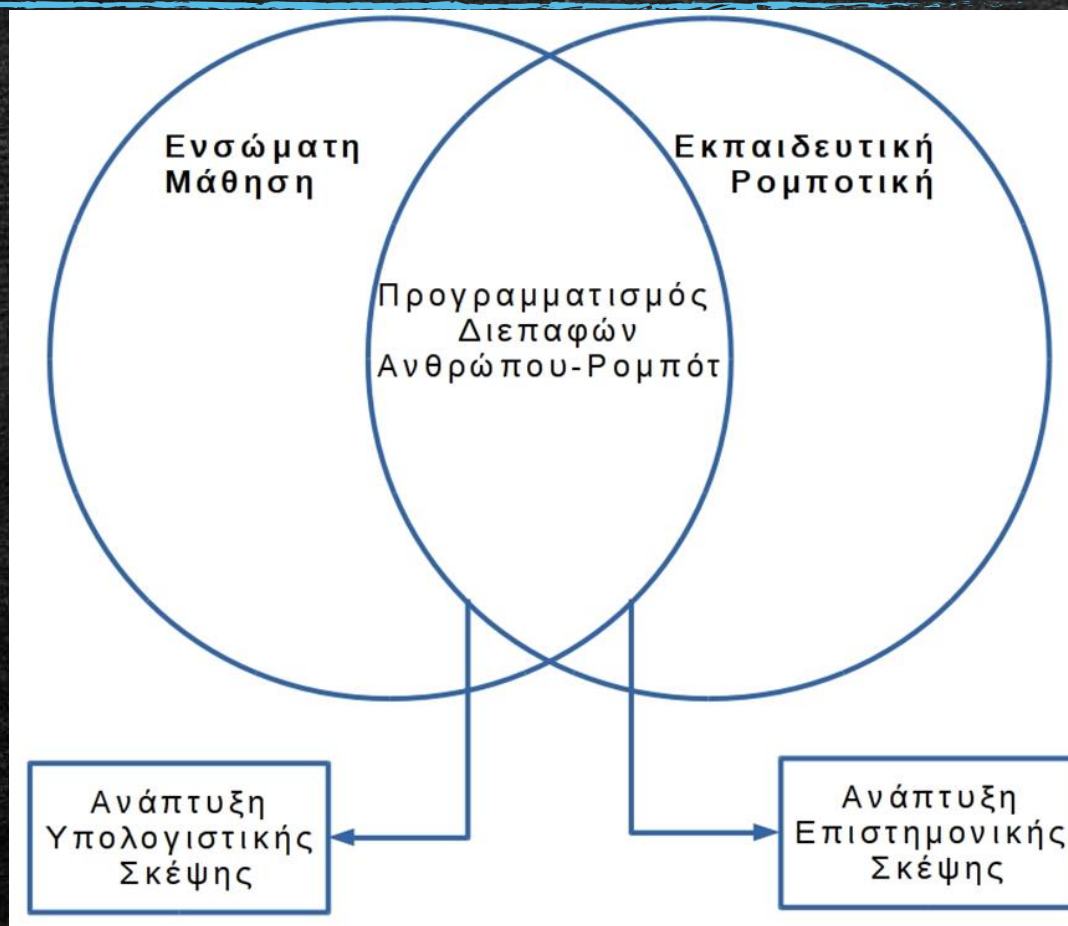
- “Powerful Ideas in the Classroom” μέσω προγραμματισμού με την Squeak (Allen-Conn & Rose 2003)
- Επέκταση «πέρα από την οθόνη»



Δυναμικές Ιδέες - Powerful Ideas

Υπολογιστικές	συμβάντα, δομές ακολουθίας, δομές επιλογής, δομές επανάληψης, δεδομένα, παραλληλισμός, συνθήκες, τελεστές, επίλυση προβλήματος
Μηχανικές	ρομποτική, τεχνολογία λογισμικού, αισθητήρες, αναγνώριση ομιλίας, μηχανική όραση, τεχνητή νοημοσύνη
Επιστημονικές	ταχύτητα, επιτάχυνση, κατεύθυνση, τριβή
Μαθηματικές	σταθερές, μεταβλητές, θετικοί-αρνητικοί αριθμοί, απόλυτες τιμές, περιστροφές σε μοίρες, 2D σύστημα συντεταγμένων, λογική Boolean

Αντικείμενο έρευνας



Ερευνητικά Ερωτήματα

1. Πώς ο προγραμματισμός ενσώματων αλληλεπιδράσεων με ένα εκπαιδευτικό ρομπότ μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη της Υπολογιστικής Σκέψης (ΥΣ) των μαθητών [Merkouris & Chorianopoulos 2019];
2. Πώς ο προγραμματισμός ενσώματων αλληλεπιδράσεων με ένα εκπαιδευτικό ρομπότ μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη της Επιστημονικής Σκέψης (ΕΣ) των μαθητών [Merkouris et al. 2019];

Σχετική Εργασία

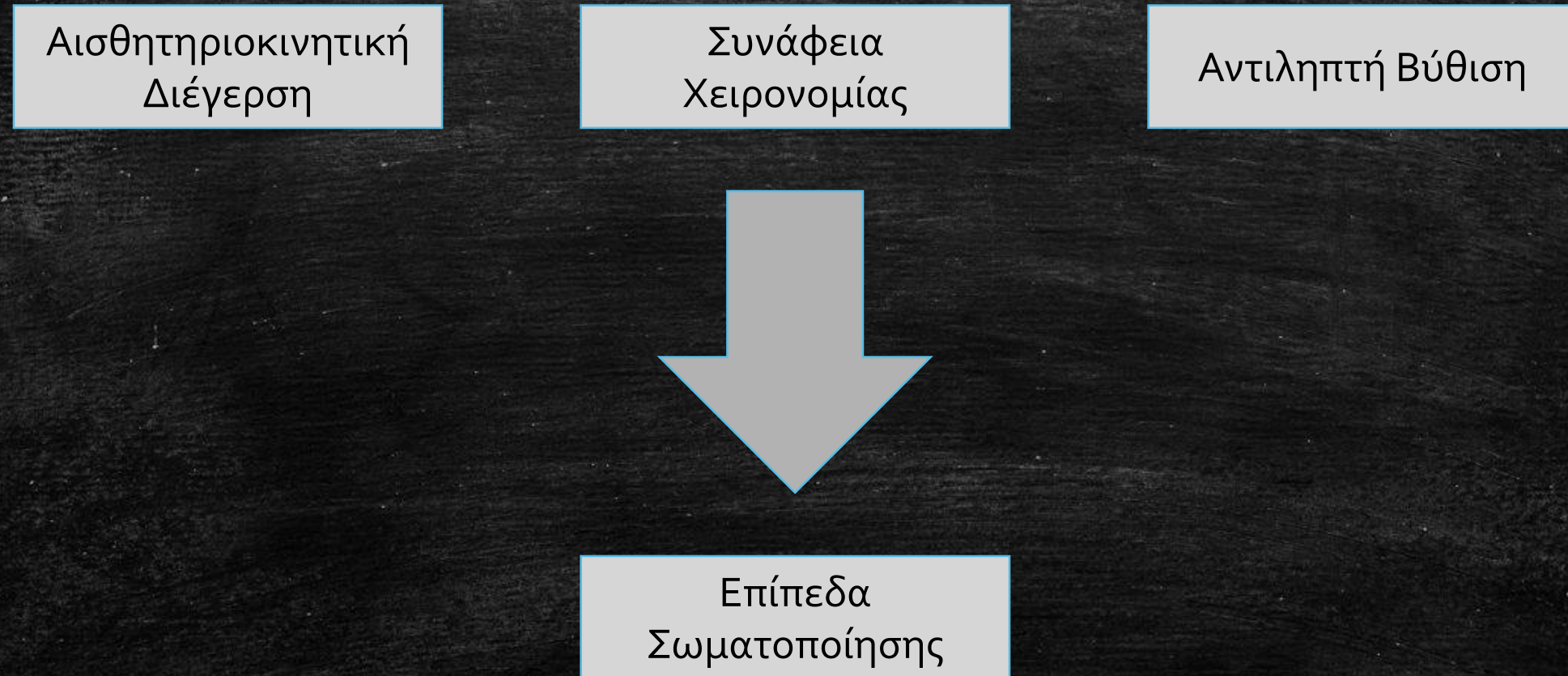
Ενσώματη Νόηση

- “All doing is knowing, and all knowing is doing” [Maturana & Varela 1987].
- «Πολλές πτυχές της νόησης είναι ενσώματες, γιατί εξαρτώνται βαθιά από τα σωματικά χαρακτηριστικά μια οντότητας, σε βαθμό που το σώμα της οντότητας, πέρα από τον εγκέφαλο, διαδραματίζει ένα θεμελιώδη και αιτιώδη ρόλο, ή έναν σωματικώς ουσιώδη ρόλο, στη γνωσιακή επεξεργασία της οντότητας.» [Wilson & Foglia 2011]
- Είναι «πλαισιωμένη» (“situated”), «ενσώματη» (“embodied”), «θεμελιωμένη» (“grounded”), «πραξιακή» (“enacted”), «ενσωματωμένη» (“embedded”) ή «εκτεταμένη» (“extended”);

Από την Ενσώματη Νόηση στην Ενσώματη Μάθηση

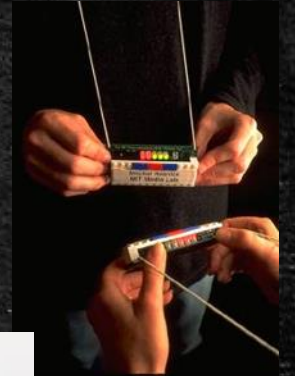
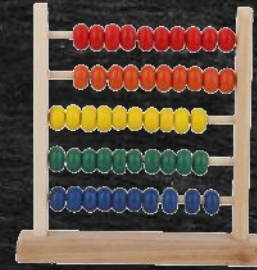
- χρήση συγκεκριμένων χειρονομιών
- χρήση «εκπαιδευτικών απτικών αντικειμένων» (“educational manipulatives”)
- αξιοποίηση αναδυόμενων τεχνολογιών (π.χ. τεχνολογιών μηχανικής όρασης και αναγνώρισης χειρονομιών, απτικών διεπαφών)

Ταξινομίες της Ενσώματης Μάθησης



Ενσώματη Μάθηση με χρήση Απτικών Αντικειμένων – Manipulatives

- «φυσικά απτικά αντικείμενα» (“physical manipulatives”)
- υπολογιστικά απτικά αντικείμενα (“digital manipulatives”)
- εκπαιδευτικά ρομπότ
- «φορετές» τεχνολογίες (“wearables”)
- κινητές συσκευές (πχ smartphones, tablets)



Υπολογιστικά Απτικά Αντικείμενα – Computational Manipulatives

- Τι είναι τα Υπολογιστικά Απτικά Αντικείμενα?

Εκπαιδευτικά Ρομπότ ως
Υπολογιστικά Απτικά Αντικείμενα



Χρήσεις Πρώτης Τάξης
(Ρομποτική, Μηχανική...)



Χρήσεις Δεύτερης Τάξης
(Φυσική, Μαθηματικά,
Βιολογία...)



BitBall



Curlybot



Topobo

Υπολογιστική Σκέψη

- «οι νοητικές διαδικασίες οι οποίες λαμβάνουν χώρα κατά τη διατύπωση και λύση ενός προβλήματος, ώστε η λύση που θα προκύψει να μπορεί να αναπαρασταθεί σε μια τέτοια μορφή που να είναι εφικτή η αποτελεσματική εκτέλεση της από ένα σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών» [Wing 2008]
- Υπολογιστικές έννοιες, υπολογιστικές πρακτικές, και υπολογιστικές αντιλήψεις [Brennan & Resnick 2011]
- Ενσώματη ΥΣ
- Ενσώματη ΥΣ με χρήση Ρομπότ: “body syntonicity” [Papert 1980]



Επιστημονική Σκέψη

- Ο «υπολογισμός» ως μέσο για την ανάπτυξη της ΕΣ
- Ενσώματη ΕΣ
- Ενσώματη ΕΣ με χρήση Ρομπότ



Ανάπτυξη ΥΣ μέσα από τον Προγραμματισμό Διεπαφών Ανθρώπου – Ρομπότ

Ερευνητικά Ερωτήματα

- **Πρόθεση:** οι δραστηριότητες επηρέασαν τις υπολογιστικές αντιλήψεις των μαθητών;
- **Κατανόηση:** Υπήρξαν διαφορές στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων ΥΣ των μαθητών που θα μπορούσαν να συσχετιστούν με τα διαφορετικά επίπεδα σωματοποίησης;

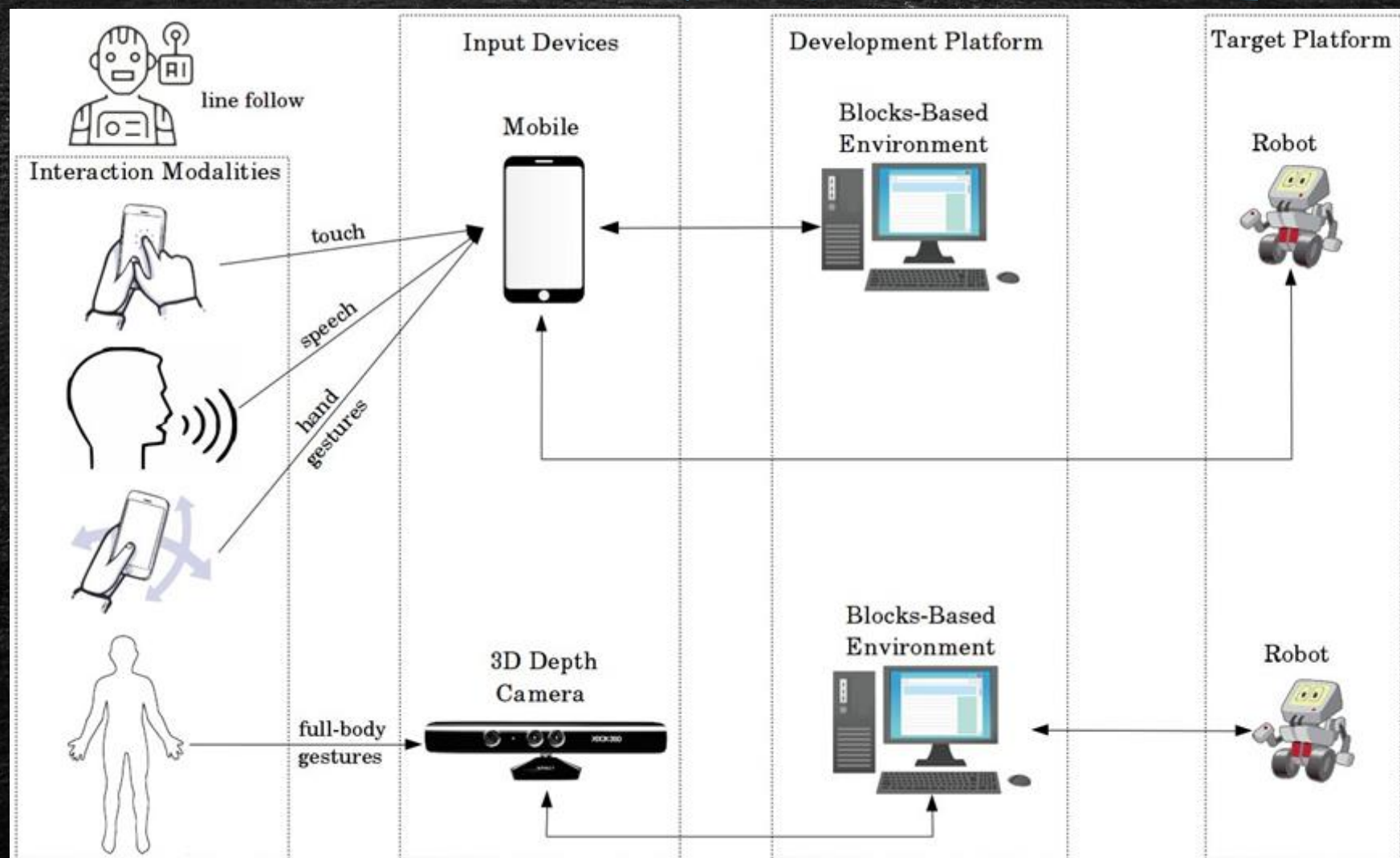
Συμμετέχοντες

- 36 μαθητές και μαθήτριες (17 κορίτσια και 19 αγόρια) από τη Γ' τάξη ενός δημοσίου Γυμνασίου
- Μικρή έως καθόλου εμπειρία στον προγραμματισμό υπολογιστών
- Εργάστηκαν σε ζευγάρια (15 ζευγάρια ίδιου φύλου και 3 μεικτά)
- Η μελέτη πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του κανονικού ωρολογίου προγράμματος

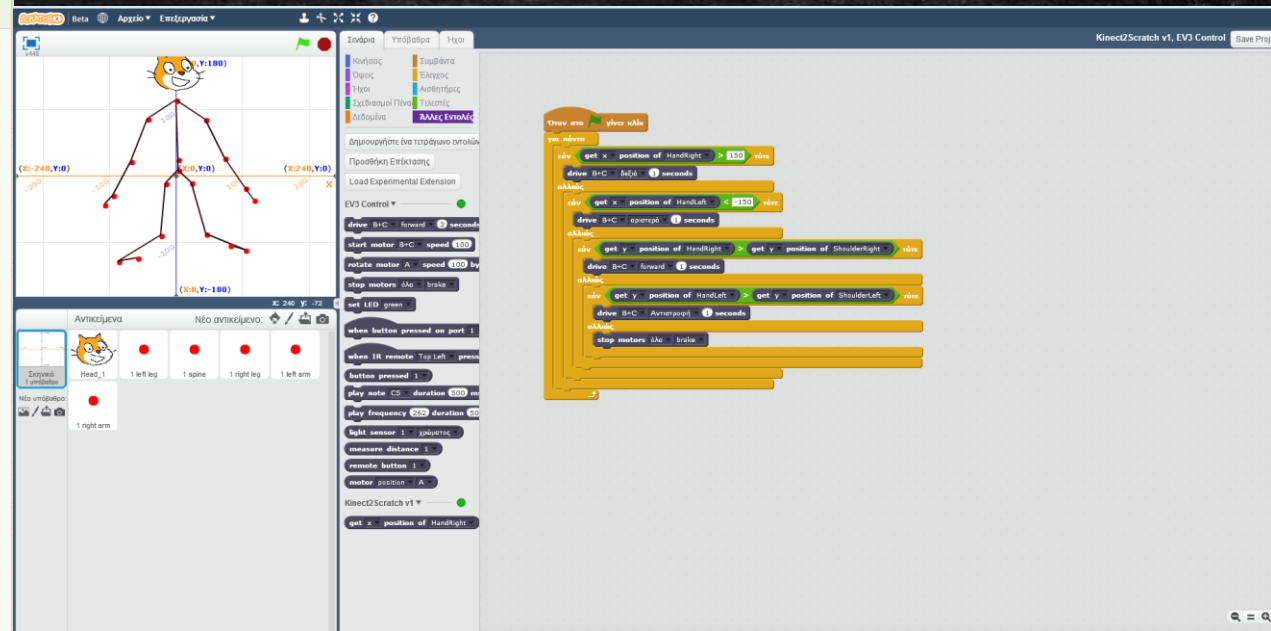
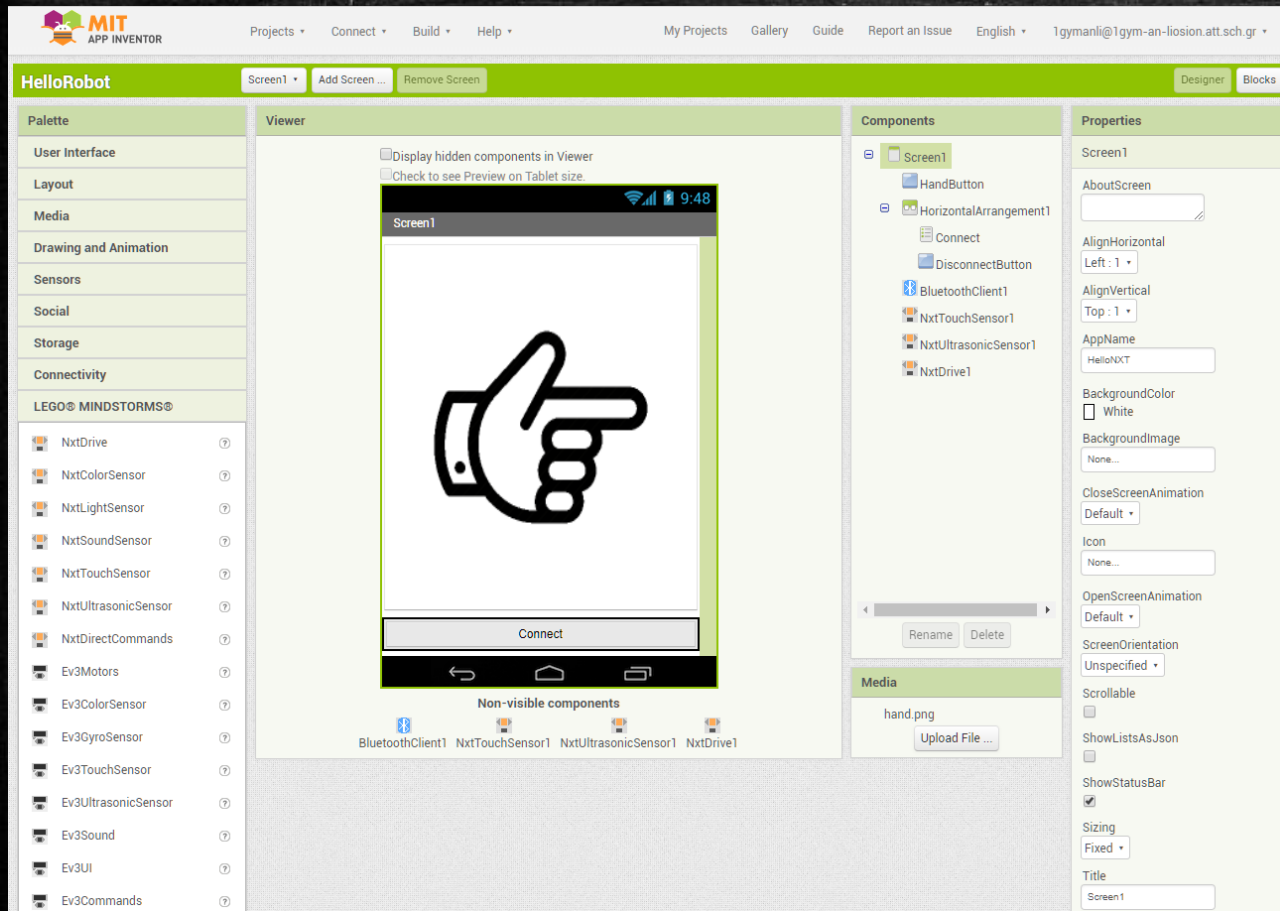
Εκπαιδευτική Παρέμβαση

Ονομασία Δραστηριότητας	Οι μαθητές κλήθηκαν να αναπτύξουν μια εφαρμογή ώστε να...	Υπολογιστικές Έννοιες
Απτικός Έλεγχος	ελέγξουν το ρομπότ με την αφή τους ακουμπώντας με τα δάχτυλα τους την οθόνη αφής τους κινητού τους	Συμβάντα, Δομές Ακολουθίας, Δεδομένα
Χειροκίνητος Έλεγχος	ελέγξουν το ρομπότ με χειρονομίες περιστρέφοντας κατάλληλα το κινητό τους, αξιοποιώντας τον αισθητήρα προσανατολισμού του κινητού	Συμβάντα, Δομές Ακολουθίας, Δεδομένα, Συνθήκες, Τελεστές
Φωνητικός Έλεγχος	ελέγξουν το ρομπότ με φωνητικές εντολές, κάνοντας χρήση της τεχνολογίας αναγνώρισης φωνής	Συμβάντα, Δομές Ακολουθίας, Δεδομένα, Συνθήκες, Τελεστές
Σωματικός Έλεγχος	ελέγξουν το ρομπότ με καταδεικτικές κινήσεις του σώματος, αξιοποιώντας την τεχνολογία μηχανικής όρασης	Συμβάντα, Δομές Ακολουθίας, Παραλληλισμός, Δομές Επανάληψης, Δεδομένα, Συνθήκες, Τελεστές
Ακολούθησε τη Γραμμή	ενσωματώσουν τεχνητή νοημοσύνη στο ρομπότ, ώστε, να κινείται αυτόνομα στην πίστα ακολουθώντας μια μαύρη γραμμή	Συμβάντα, Δομές Ακολουθίας, Δεδομένα, Συνθήκες, Τελεστές
Τελική Διερευνητική Εργασία	καθοδηγήσουν ένα ρομπότ μέσα σε μια πίστα και να χτυπήσουν ένα αντικείμενο	Δομές Ακολουθίας, Δομές Επανάληψης, Συμβάντα, Παραλληλισμός, Συνθήκες, Τελεστές, Δεδομένα

Διάγραμμα Εκπαιδευτικής Παρέμβασης

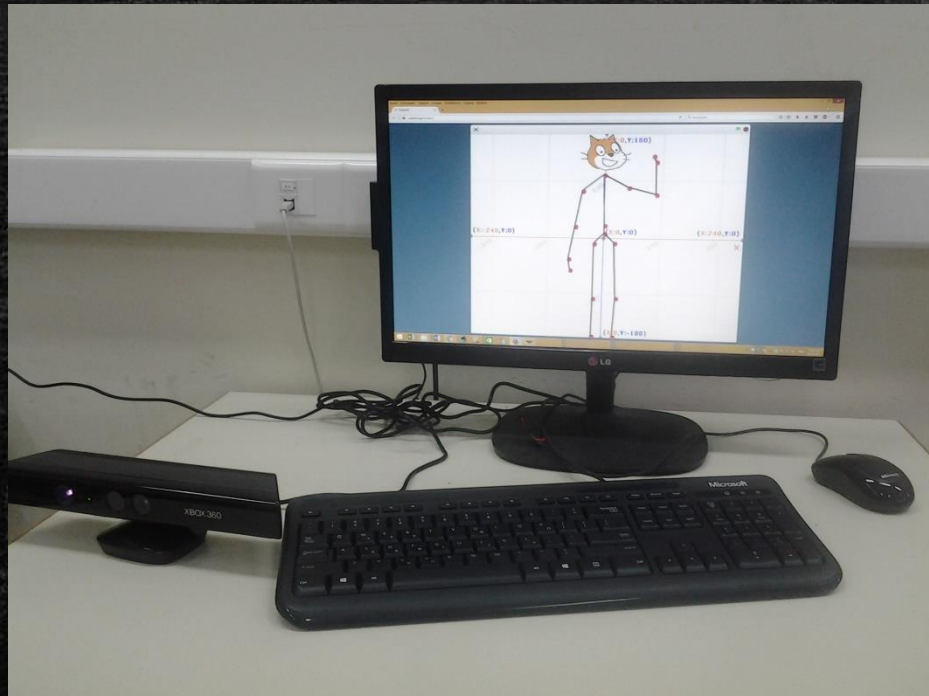


Εργαλεία Ανάπτυξης Εφαρμογών

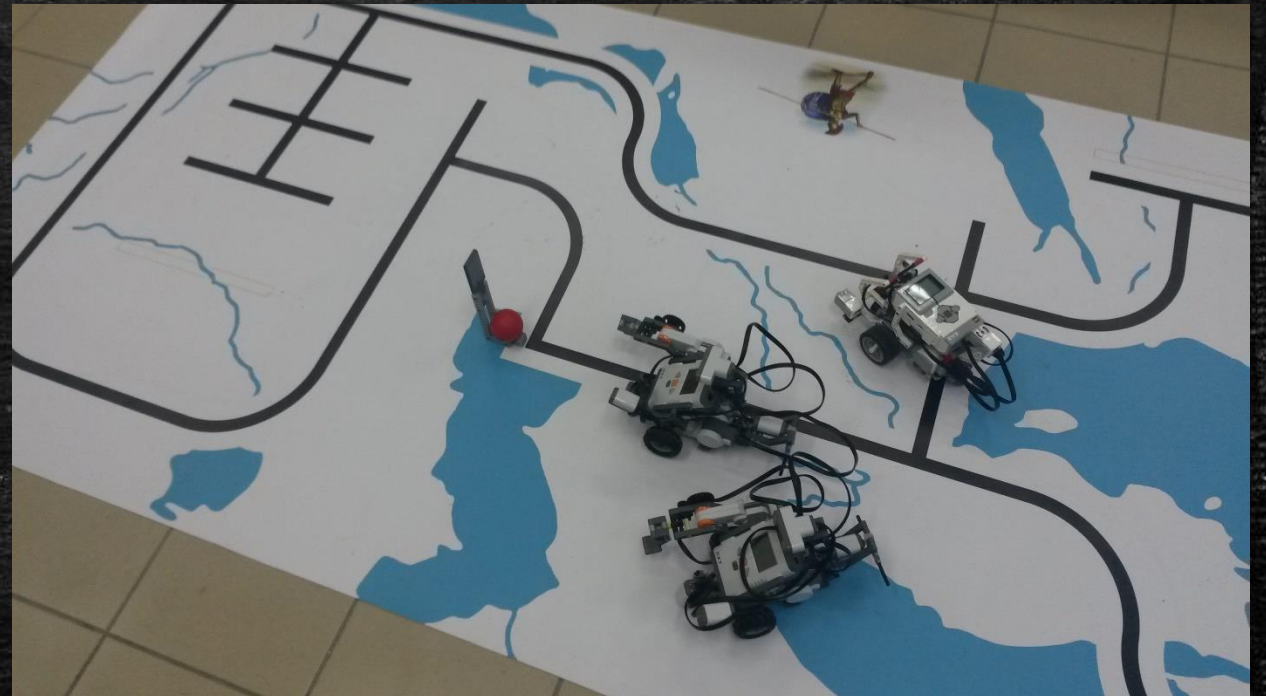


ScratchX με Kinect2Scratch και EV3 Extensions

Υλικά



Kinect Sensor

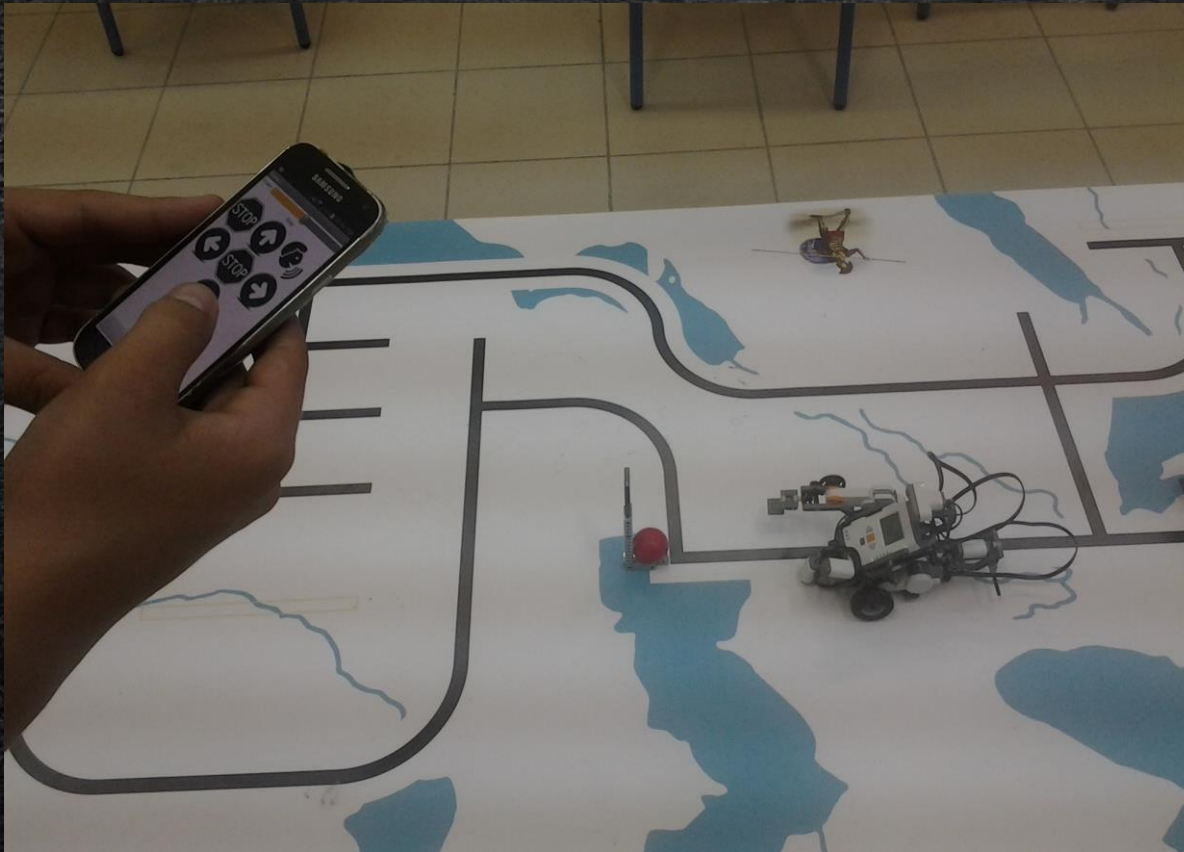


Lego Mindstorms Robots

Τρόποι Αλληλεπίδρασης & Επίπεδο Σωματοποίησης

Δραστηριότητες	Τρόπος Αλληλεπίδρασης	Επίπεδο Σωματοποίησης	Εργαλείο Ανάπτυξης Εφαρμογών
Απτικός Έλεγχος	Αφή	Πρώτο Επίπεδο	App Inventor
Χειροκίνητος Έλεγχος	Χειρονομίες	Δεύτερο Επίπεδο	App Inventor
Φωνητικός Έλεγχος	Ομιλία	Πρώτο Επίπεδο	App Inventor
Σωματικός Έλεγχος	Καταδεικτικές Κινήσεις Ολόκληρου Σώματος	Τρίτο Επίπεδο	ScratchX
Ακολούθησε τη Γραμμή	Αυτόνομη Κίνηση	Μηδενική Σωματοποίηση	App Inventor
Τελική Διερευνητική Εργασία	Επιλογές Μαθητών	Επιλογές Μαθητών	App Inventor ή ScratchX

Παράδειγμα Εφαρμογής



Μαθητής ελέγχει εξ'
αποστάσεως ένα ρομπότ με
την αφή του

Παράδειγμα Εφαρμογής

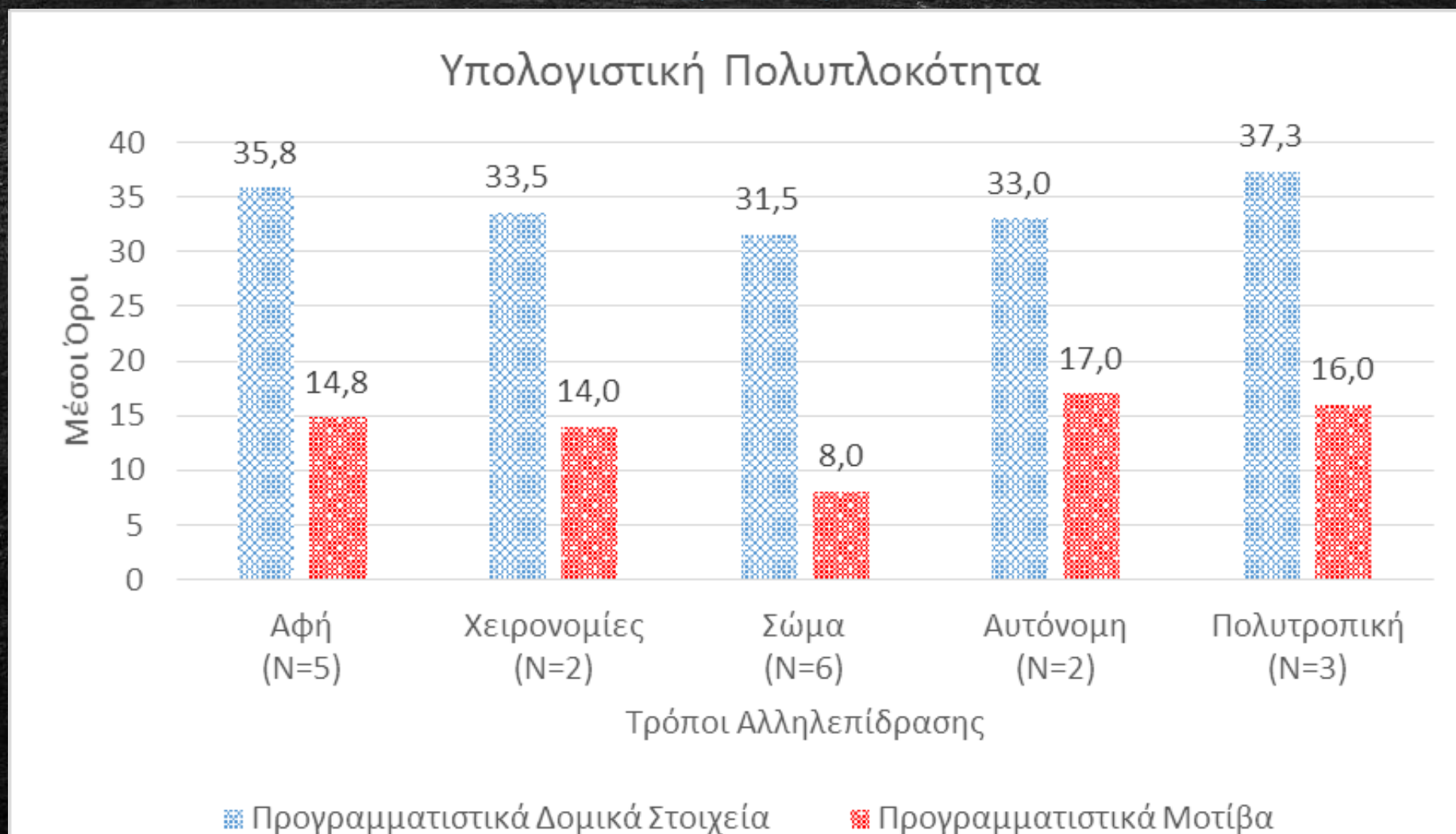


Μαθητής ελέγχει εξ' αποστάσεως ένα ρομπότ με αλληλεπίδραση ολόκληρου σώματος

Εργαλεία Μέτρησης

- Υπολογιστικές Έννοιες: αναλύσαμε χειροκίνητα τα έργα των μαθητών με χρήση ρουμπρίκας
- Υπολογιστικές Πρακτικές: καταγράψαμε και αναλύσαμε την onscreen δραστηριότητα των μαθητών
- Υπολογιστικές Αντιλήψεις: χρήση ερωτηματολογίου πενταβάθμιας κλίμακας Likert & ημι-δομημένη συνέντευξη

Αποτελέσματα – Υπολογιστικές Έννοιες



Αποτελέσματα – Υπολογιστικές Πρακτικές

	Αφαίρεση & Μοντελοποίηση	Συγγραφή Κώδικα	Αυξητική & Επαναληπτική	Επαναχρησιμοποίηση & Ανάμειξη	Δοκιμές & Αποσφαλμάτωση
Αφή	25,5%	0,8%	15,6%	26,0%	32,1%
Χειρονομίες	33,4%	8,6%	14,5%	22,5%	21,0%
Σώμα	8,5%	25,1%	19,1%	16,8%	30,4%
Αυτόνομη	25,3%	2,5%	34,7%	11,0%	26,5%
Πολυτροπική	16,9%	16,4%	16,1%	20,2%	30,3%

Αποτελέσματα – Υπολογιστικές Αντιλήψεις

Υπολογιστικές Αντιλήψεις

Πόσο σε ενδιαφέρει η επιστήμη των υπολογιστών; ns
Πόσο δύσκολος πιστεύεις ότι είναι ο προγραμματισμός υπολογιστών; ns

Πόσες ικανότητες προγραμματισμού θεωρείς ότι έχεις;*

Θα ήθελες να μάθεις προγραμματισμό στο μέλλον; ns
Θα ήθελες να δημιουργήσεις εφαρμογές για κινητά στο μέλλον; ns

Θα ήθελες να κατασκευάσεις και να προγραμματίσεις ρομπότ στο μέλλον; ns

ns = not significant ($p > .05$), * $p < .05$

Πριν (N=36)		Μετά (N=36)	
Mean	SD	Mean	SD
3.33	1.069	3.44	1.252
3.36	.931	3.14	1.046
2.25	.770	2.86	.899
3.47	1.082	3.25	1.180
3.50	1.207	3.36	1.437
3.22	1.333	3.19	1.191

Ανάπτυξη ΕΣ μέσα από τον Προγραμματισμό Διεπαφών Ανθρώπου – Ρομπότ

Ερευνητικά Ερωτήματα

- **Κατανόηση:** Οι διαφορετικοί τρόποι αλληλεπίδρασης, όπως η αφή και οι χειρονομίες και οι διαφορετικές έξοδοι, όπως φυσικά και εικονικά ρομπότ, μπορούν να επηρεάσουν τους μαθητές στην κατανόηση της Φυσικής έννοιας της τριβής;

Συμμετέχοντες

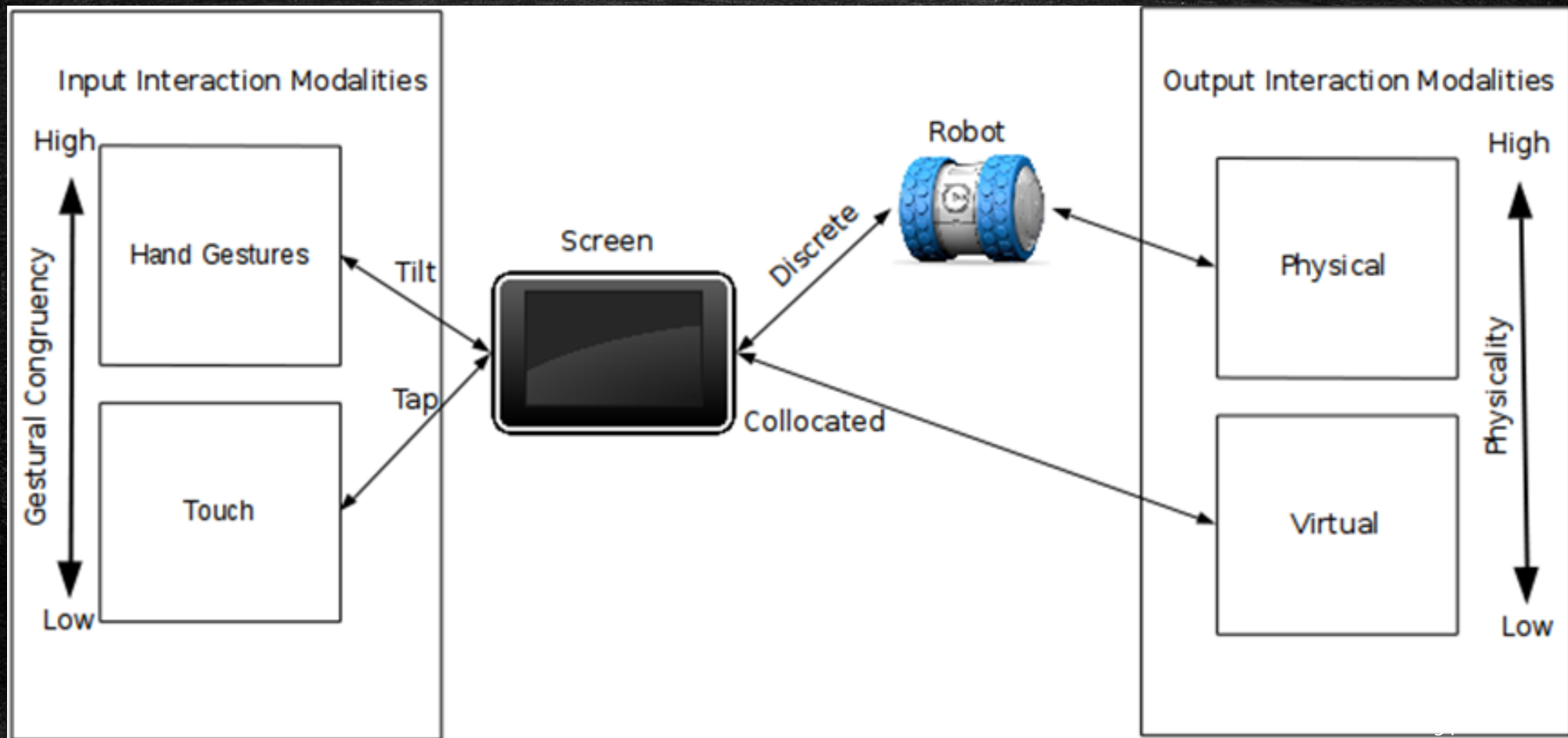
- 56 μαθητές και μαθήτριες (28 κορίτσια και 28 αγόρια) από την Ε' τάξη δύο δημόσιων Δημοτικών
- Μικρή έως καθόλου εμπειρία στον προγραμματισμό υπολογιστών
- Εργάστηκαν σε ζευγάρια
- Η μελέτη πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του κανονικού ωρολογίου προγράμματος

Εκπαιδευτική Παρέμβαση

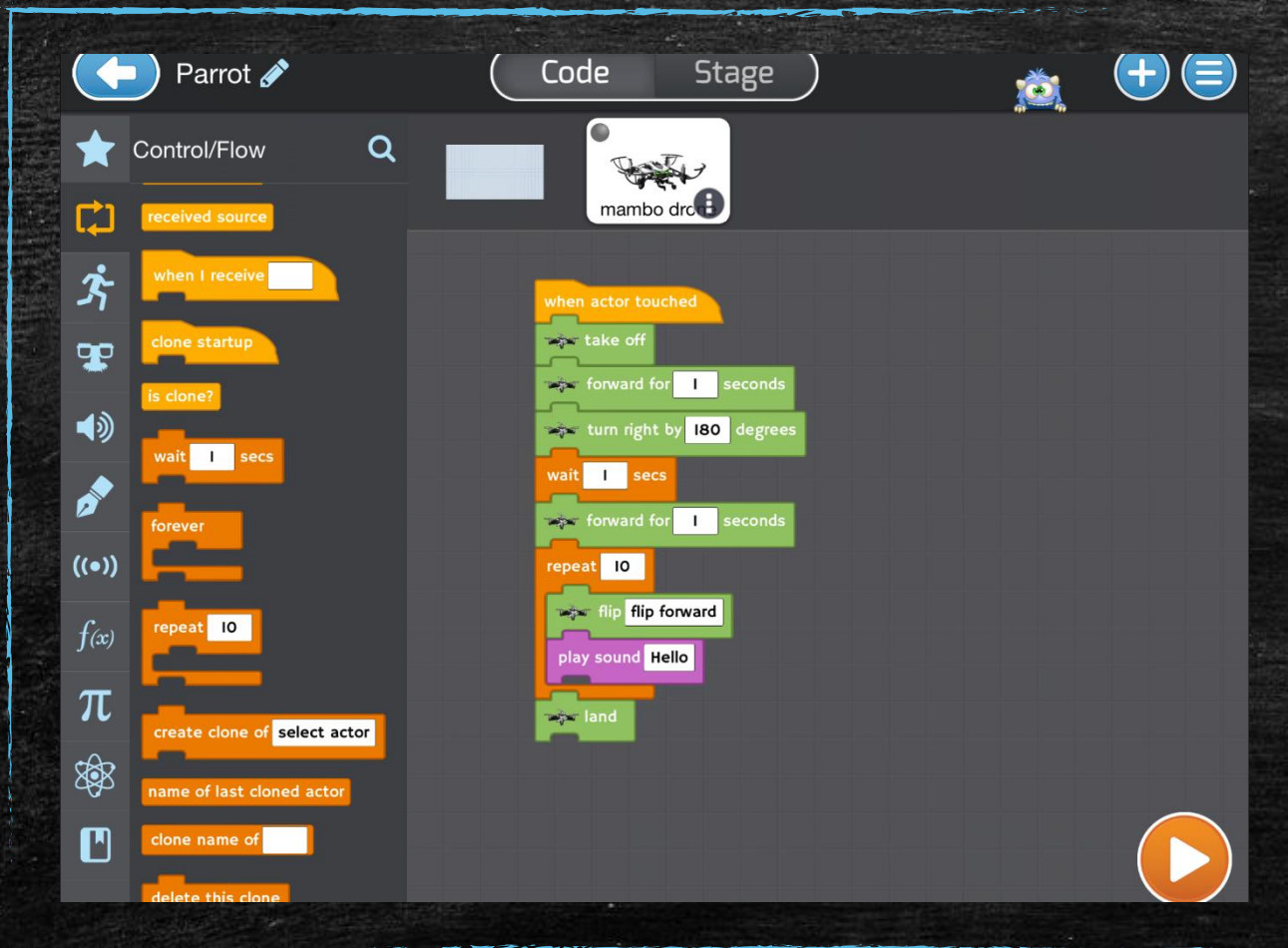
- Οι μαθητές τροποποιούν, μέσω προγραμματισμού, διεπαφές ανθρώπου-ρομπότ
- Εκτελούν ενέργειες σ' ένα tablet, με την αφή τους ή μέσω χειρονομιών
- Παρατηρούν τα αποτελέσματα των ενεργειών τους στην κίνηση ενός εικονικού ή φυσικού ρομπότ
- Εξάγουν τα κατάλληλα συμπεράσματα για την έννοια της τριβής

Τροπικότητα		Έξοδος	
		Εικονική	Φυσική
Είσοδος	Αφή	Tap-Screen	Tap-Robot
	Χειρονομίες	Tilt-Screen	Tilt-Robot

Διάγραμμα Εκπαιδευτικής Παρέμβασης



Εργαλείο Ανάπτυξης Εφαρμογών



Tynker

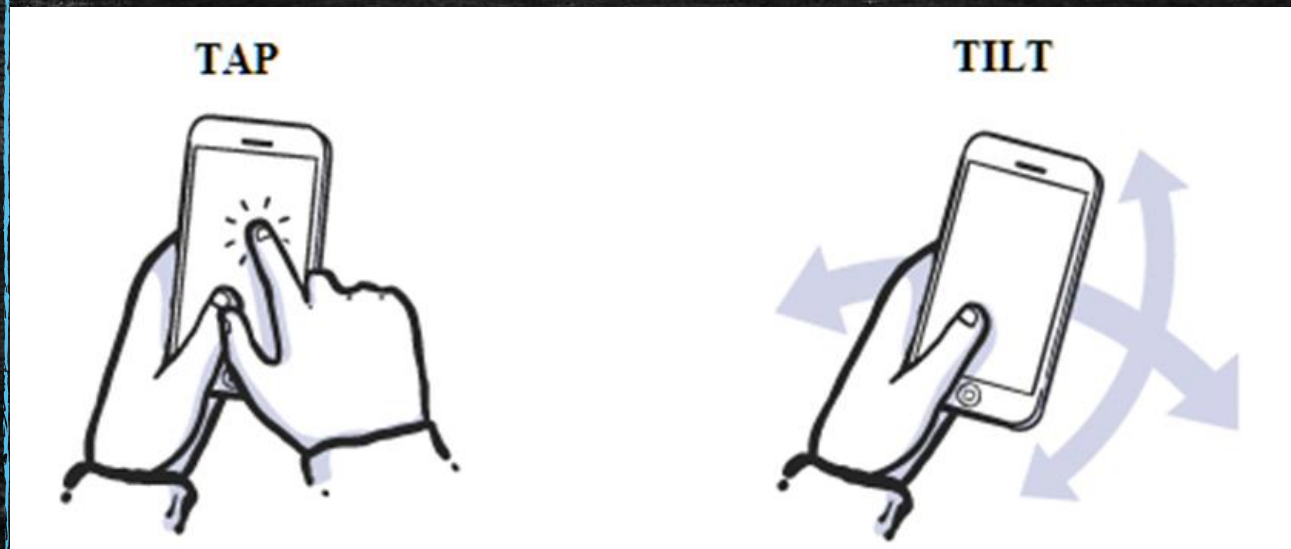
Υλικά



Τα ρομπότ που χρησιμοποιήθηκαν ως έξοδος:

- 1) τα φυσικά (αριστερά)
- 2) τα εικονικά (δεξιά).

Τρόποι Αλληλεπίδρασης



- 1) αφή (αριστερά)
- 2) χειρονομίες (δεξιά)

Εργαλεία Μέτρησης

- Γνώσεις Τριβής: χρήση ερωτηματολογίων (προ-ελέγχου και μετά-ελέγχου) πολλαπλών επιλογών

Αποτελέσματα – Γνώσεις Μαθητών για την Τριβή

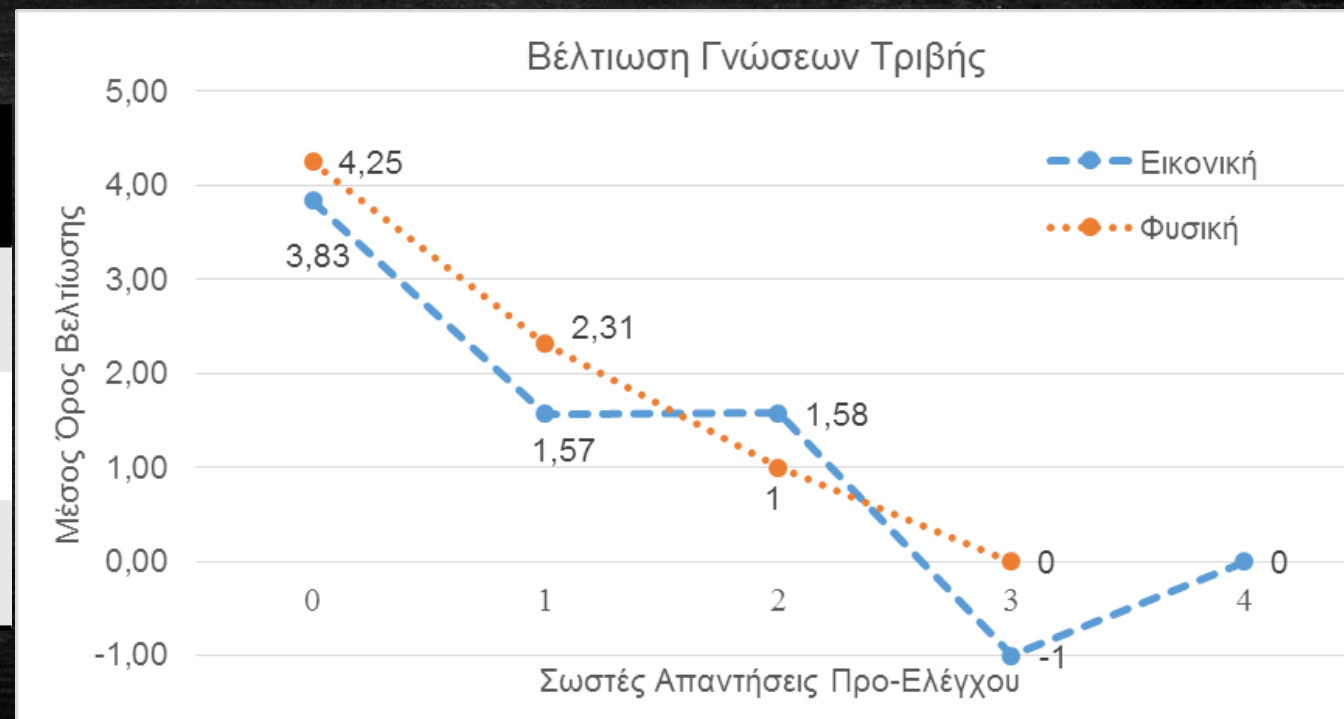
		Πριν		Μετά		Βελτίωση			
	Ομάδα	n	M	SD	M	SD	M	SD	Μέγεθος Επίδρασης
1	Tap-Screen	14	1.36	0.842	3.36	1.008	2.00	1.301	0.58
2	Tilt-Screen	14	1.57	1.222	3.29	0.914	1.71	1.590	0.54
3	Tap-Robot	14	0.79	0.579	3.86	0.864	3.07	1.269	0.62
4	Tilt-Robot	14	1.00	0.877	3.21	1.222	2.21	1.626	0.55

Αποτελέσματα – Γνωστικά Οφέλη με χρήση Αφής vs. Χειρονομιών

	Τρόποι Αλληλεπίδρασης	n	Μέση Βελτίωση	SD
1	Αφή	28	2.54	1.374
2	Χειρονομία	28	1.96	1.598
	Συνολικά	56	2.25	1.505

Αποτελέσματα – Γνωσιακά Οφέλη με χρήση Εικονικών vs Φυσικών Ρομπότ

	Έξοδος	n	Μέση Βελτίωση	SD
1	Εικονική	28	1.86	1.433
2	Φυσική	28	2.64	1.496
	Συνολικά	56	2.25	1.505



Συζήτηση

Ανάπτυξη Υπολογιστικής Σκέψης & Διάδραση με Εκπαιδευτικό Ρομπότ

Συμβολή της Σωματοποίησης

- διεπαφές χαμηλής σωματοποίησης ή διεπαφές με καθόλου σωματοποίηση -> πιο προηγμένα έργα & πιο προχωρημένες υπολογιστικές πρακτικές
- διεπαφές με υψηλό επίπεδο σωματοποίησης -> λιγότερο εξελιγμένα έργα & λιγότερο προχωρημένες υπολογιστικές πρακτικές

Ανάπτυξη Υπολογιστικής Σκέψης & Διάδραση με Εκπαιδευτικό Ρομπότ

Πιθανές Εξηγήσεις:

- τα μεγαλύτερα επίπεδα σωματοποίησης επέτρεψαν στους αρχάριους μαθητές να αναπαραστήσουν με το σώμα τους τις υπολογιστικές έννοιες
- Καθώς οι γνώσεις-εμπειρίες των μαθητών αυξάνονταν η ΥΣ έγινε πιο διανοητική και αφηρημένη
- η «ευχρηστία» της διεπαφής μπορεί να είχε αντίκτυπο στην απόδοση των μαθητών στην ΥΣ

Ανάπτυξη Επιστημονικής Σκέψης & Διάδραση με Εκπαιδευτικό Ρομπότ

Ισορροπώντας Συνάφεια με Οικειότητα

- απτική αλληλεπίδραση vs αλληλεπίδρασης μέσω χειρονομιών
- οι μαθητές είναι περισσότερο εξοικειωμένοι με τις οθόνες αφής και τις απτικές διεπαφές
- η οικειότητα των μαθητών με τις κινητές συσκευές είναι πιθανόν να επηρεάζει την ανάπτυξη της ΕΣ

Ανάπτυξη Επιστημονικής Σκέψης & Διάδραση με Εκπαιδευτικό Ρομπότ

Συμβολή της Υλικότητας στη Μάθηση

- Φυσικά vs Ψηφιακά αντικείμενα μάθησης
- Υλικότητα και πρότερες γνώσεις
- Γιατί οι φυσικές συνθήκες είναι πιο αποτελεσματικές;

Περιορισμοί

- Σχετικά μικρό δείγμα, που δεν επέτρεψε τη χρήση παραμετρικών στατιστικών διαδικασιών
- Οι έρευνες διεξήχθησαν με συγκεκριμένο πληθυσμό και σε συγκεκριμένο πεδίο
- Τρόπος αξιολόγησης των γνώσεων
- Δομή των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων

Θεωρητικές & Εκπαιδευτικές Προεκτάσεις

- Ενσώματες δραστηριότητες με διαβαθμισμένα επίπεδα σωματοποίησης
- Συμβιβασμός ανάμεσα στην ελκυστικότητα της διεπαφής & του γνωσιακού οφέλους
- Συμβιβασμός ανάμεσα στη συνάφεια της χειρονομίας & την οικειότητα του χρήστη με τη διεπαφή
- Αυτόνομη κίνηση του ρομπότ στο περιβάλλον & ενσώματη διάδραση του μαθητή
- Συνέργεια ανάμεσα σε Φυσικά & Ψηφιακά αντικείμενα μάθησης

Συμπεράσματα

Κατευθύνσεις για Μελλοντική Έρευνα

- «ενάδραση» (“enactment”) των υπολογιστικών και επιστημονικών εννοιών σε περιβάλλοντα μεικτής και επαυξημένης πραγματικότητας
- Διαφοροποίηση συσκευών εισόδου: χειριστήρια όπως το Nintendo Wii, ή το Magic Wand, joysticks με απτική ανάδραση, smartwatches, ή φορετές συσκευές επαυξημένης πραγματικότητας (smartglasses όπως τα Google Glass, ή τα Microsoft HoloLens)
- Διαφοροποίηση συσκευών εξόδου: ανθρωποειδή ρομπότ, φορετές συσκευές, ή drones
- Δημιουργία ενός ολοκληρωμένου προγράμματος σπουδών



Αναφορές

- Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63-71.
- Allen-Conn, B. J., & Rose, K. (2003). Powerful ideas in the classroom using squeak to enhance math and science learning. Viewpoints Research Institute, Inc..
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012, April). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In *Proceedings of the 2012 annual meeting of the American Educational Research Association, Vancouver, Canada* (Vol. 1, p. 25).
- Johnson-Glenberg, M. C., Megowan-Romanowicz, C., Birchfield, D. A., & Savio-Ramos, C. (2016). Effects of embodied learning and digital platform on the retention of physics content: Centripetal force. *Frontiers in psychology*, 7, 1819.
- Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1987). *The tree of knowledge: The biological roots of human understanding*. New Science Library/Shambhala Publications.
- Merkouris, A., & Chorianopoulos, K. (2019). Programming Embodied Interactions with a Remotely Controlled Educational Robot. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 19(4), 40.
- Merkouris, A., Chorianopoulou, B., Chorianopoulos, K., & Chrissikopoulos, V. (2019). Understanding the Notion of Friction Through Gestural Interaction with a Remotely Controlled Robot. *Journal of Science Education and Technology*, 28(3), 209-221.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, Inc..
- Wilson, R. A., & Foglia, L. (2011). Embodied cognition.
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717-3725.

Ευχαριστώ για την προσοχή σας
