

Συνδυάζοντας το App Inventor με Ένα Σύστημα Εκπαιδευτικής Ρομποτικής σε Arduino

Δ. Δουκάκης¹, Ε. Χριστοπούλου²

¹ ΚΕΣΥΠ Κέρκυρας, doukakis@di.uoa.gr

² ΚΕΠΛΗΝΕΤ Κέρκυρας, hristope@gmail.com

Περίληψη

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζουμε μία πρόταση για την αποτελεσματική αξιοποίηση μίας ρομποτικής πλατφόρμας στην εκπαιδευτική διαδικασία. Συγκεκριμένα παρουσιάζουμε την κατασκευή ενός ρομπότ χρησιμοποιώντας την υπολογιστική πλατφόρμα Arduino, ενώ η κίνηση του ρομπότ γίνεται αξιοποιώντας μία κινητή εφαρμογή που έχει αναπτυχθεί στο MIT App Inventor. Το κίνητρό μας ήταν ο συνδυασμός δύο ελκυστικών και αποτελεσματικών αντικειμένων στη διδασκαλία του προγραμματισμού, της ρομποτικής και της ανάπτυξης κινητών εφαρμογών. Στόχος μας είναι να κεντρίσουμε το ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών έτσι ώστε να υιοθετήσουν την πρότασή μας στη διδασκαλία του προγραμματισμού.

Λέξεις κλειδιά: εκπαιδευτική ρομποτική, App Inventor, Android, Arduino

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της ρομποτικής στην εκπαιδευτική διαδικασία έχει αυξηθεί ενώ σε παγκόσμιο επίπεδο γίνονται προσπάθειες για την εισαγωγή της ρομποτικής στη σχολική εκπαίδευση από το νηπιαγωγείο μέχρι και το πανεπιστήμιο (Alimisis & Chronis, 2009). Η ενασχόληση των μαθητών και των εκπαιδευτικών με τη ρομποτική είναι μία διασκεδαστική και ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα δραστηριότητα, καθώς ενθουσιάζει το μαθητή και τον παρακινεί να εμπλακεί με τη δράση. Παλαιότερα ερευνητές εμφανίζονταν επικριτικοί σχετικά με την αξιοποίηση της ρομποτικής και την αντιμετώπιζαν μόνο ως μία ελκυστική διαδικασία χωρίς να έχει ουσιαστικό αποτέλεσμα στη μαθησιακή διαδικασία (Johnson, 2003). Σήμερα έρευνες έχουν αποδείξει ότι η ρομποτική είναι όχι μόνο μία ελκυστική διαδικασία, αλλά ότι έχει σημαντικά οφέλη στην μαθησιακή διαδικασία (Malec, 2001; Gerecke & Wagner, 2007; Mubin et al., 2013). Η ενασχόληση με τη ρομποτική επιτρέπει στα παιδιά να μάθουν παίζοντας και να αναπτύσσουν δεξιότητες και ικανότητες, ενώ έχει θετικές επιπτώσεις τόσο στο συναισθηματικό τομέα, ενισχύοντας την αυτοεκτίμηση και αυτοπεποίθηση των μαθητών μέσα από την επίλυση προβλημάτων, όσο και στον κοινωνικό τομέα μέσα από την ομαδική εργασία και την ανάπτυξη δεξιοτήτων επικοινωνίας.

Παράλληλα, διάφορες έρευνες γίνονται με σκοπό την αξιοποίηση των φορητών συσκευών, όπως τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα (smartphones) και οι ταμπλέτες (tablets), στην εκπαιδευτική διαδικασία, καθώς θεωρούνται ως μία από τις νέες

τεχνολογίες που μπορούν να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στη διδασκαλία και την εκπαίδευση (Johnson et al., 2011). Ειδικά για τη διδασκαλία του προγραμματισμού οι φορητές συσκευές μπορούν να παρέχουν ένα εύχρηστο, ευχάριστο, παιγνιώδες περιβάλλον που εξάπτει τη φαντασία των μαθητών (Κορδάκη & Ψώμος, 2012). Η αξιοποίηση του MIT App Inventor προτείνεται επίσης με σκοπό την ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και ανάπτυξης αλγοριθμική σκέψης (Andujar et al., 2012; Gray et al., 2012; Hsu et al., 2012). Τα πλεονεκτήματα του MIT App Inventor στη χρήση του για τη διδασκαλία του προγραμματισμού είναι το εύκολο περιβάλλον, το αντικειμενοστραφές μοντέλο οπτικού προγραμματισμού, η ελκυστικότητα λόγω της φορητότητας και της πρακτικής χρήσης των εφαρμογών που δημιουργούνται (Hsu et al., 2012).

Ο στόχος της εργασίας μας είναι η πρόταση μίας αποτελεσματικής αξιοποίησης μίας ρομποτικής πλατφόρμας στη διδασκαλία του προγραμματισμού. Για να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται να αντιμετωπιστούν οι ακόλουθες προκλήσεις: α) η επιλογή κατάλληλης πλατφόρμας υλικού καθώς και του σχετικό περιβάλλοντος λογισμικού, β) η ενσωμάτωση κατάλληλων διδακτικών εννοιών και γ) η διαμοίραση του εκπαιδευτικού υλικού και των εννοιών μεταξύ εκπαιδευτικών και μαθητών (Gerecke & Wagner, 2007). Με σκοπό να αντιμετωπίσουμε αυτές τις προκλήσεις επιλέξαμε αρχικά ως σύστημα ρομποτικής ένα σύστημα που βασίζεται στο Arduino, το οποίο είναι μία πλατφόρμα χαμηλού κόστους και το συνδυάζουμε με το MIT App Inventor περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού, το οποίο είναι ένα ιδιαίτερα εύχρηστο περιβάλλον ανάπτυξης λογισμικού για κινητές εφαρμογές επιτρέποντας το διαμοιρασμό του εκπαιδευτικού υλικού και τη συνεργατική μάθηση.

2. Υπόβαθρο

2.1 Arduino

Το Arduino (<http://www.arduino.cc>) είναι μια ανοικτού κώδικα υπολογιστική πλατφόρμα, βασισμένη σε εύχρηστο υλικό και λογισμικό και προορίζεται για τη δημιουργία διαδραστικών εργασιών. Βασίζεται σε μια απλή μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους/εξόδους. Η πλακέτα μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Wiring, η οποία είναι στην ουσία η γλώσσα C++ μαζί με ένα σύνολο βιβλιοθηκών. Στην αγορά υπάρχουν διαθέσιμα διάφορα ήδη πλακετών Arduino, καθώς και διάφορα είδη αισθητήρων (π.χ. φωτός, πίεσης κ.α.) μέσω των οποίων η πλατφόρμα Arduino μπορεί να ανιχνεύσει και να επηρεάσει το περιβάλλον, ελέγχοντας για παράδειγμα φώτα, μηχανές κ.α.

2.2 MIT App Inventor

Το MIT App Inventor είναι ένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού με σκοπό την ανάπτυξη Android εφαρμογών για έξυπνα κινητά τηλέφωνα και ταμπλέτες, δημιουργήθηκε στα εργαστήρια της Google (Abelson & Friedman, 2010), ενώ υποστηρίζεται από το MIT (<http://ai2.appinventor.mit.edu/>). Η ανάπτυξη εφαρμογών

στο App Inventor είναι αρκετά απλή και εύχρηστη, καθώς δεν είναι απαραίτητο ο χρήστης να γράψει κώδικα με τη μορφή εκφράσεων, αλλά μπορεί να χρησιμοποιεί το παράθυρο σχεδιασμό και να δημιουργήσει το περιβάλλον διεπαφής της εφαρμογής του επιλέγοντας από μια πληθώρα προτεινόμενων εργαλείων (όπως κουμπιά, αισθητήρες, κ.α), ενώ στο παράθυρο προγραμματισμού ο χρήστης προγραμματίζει την εφαρμογή χρησιμοποιώντας κατάλληλα πλακίδια εντολών (blocks). Το περιβάλλον προγραμματισμού της εφαρμογής θυμίζει αρκετά το περιβάλλον προγραμματισμού με πλακίδια του Scratch (<http://scratch.mit.edu>).

2.3 Συνδυάζοντας το Arduino με το MIT App Inventor

Τα τελευταία χρόνια στην ελληνική βιβλιογραφία έχουν εμφανιστεί αρκετές προσπάθειες συνδυασμού του Arduino με το Scratch (Ρίγγας & Χριστοπούλου, 2014; Λουκάτος κ.α., 2014; Ορφανάκης & Παπαδάκης, 2014), καθώς υπάρχει το Scratch για Arduino (S4A) (<http://s4a.cat/>), μια παραλλαγή του Scratch για να επικοινωνεί με τις πλακέτες Arduino. Ο συνδυασμός αυτός όμως δημιουργεί σημαντικούς περιορισμούς, καθώς η επικοινωνία των δυο περιβαλλόντων δεν είναι αμφίδρομη, το Scratch δε μπορεί να επεξεργαστεί ένα έργο που έχει δημιουργηθεί με το S4A και δεν η δυνατότητα διαμοιρασμού έργων δημιουργημένων στο S4A, στην πλατφόρμα του Scratch (Ορφανάκης & Παπαδάκης, 2014). Ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα αυτού του συνδυασμού είναι η ανάγκη μόνιμης σύνδεσης του USB καλωδίου από τον υπολογιστή με το ρομπότ του Arduino. Με στόχο να αντιμετωπίσουμε αυτές τις δυσκολίες προτείνουμε το συνδυασμό του Arduino με το MIT App Inventor.

Τα τελευταία χρόνια δύο ομάδες μαθητών έχουν επιλέξει το συνδυασμό του Arduino με το App Inventor. Η μία είναι από το 1^ο ΕΠΑΛ Σταυρούπολης με το SmartJacket, ένα έξυπνο γιλέκο για ανθρώπους με προβλήματα όρασης (Ανθόπουλος, κ.α., 2014). Το σύστημα που υλοποίησαν αποτελείται από ένα γιλέκο που περιέχει αισθητήρες υπερήχων (ανίχνευση εμποδίων), ΚΜΕ (arduino) και ένα smartphone (Android), όπου το arduino ελέγχει τους αισθητήρες και διαβιβάζει τις μετρήσεις τους, μέσω Bluetooth στο smartphone το οποίο αποκωδικοποιεί τις μετρήσεις σε φωνητικά μηνύματα οδηγιών. Η δεύτερη είναι από το Γυμνάσιο Λιμένος Χερσονήσου (Μεϊμαράκης, 2015), όπου στόχος τους ήταν η μετατροπή ενός απλού παιδικού παιχνιδιού (αυτοκινητάκι) σε ρομποτικό όχημα. Αυτό πραγματοποιήθηκε με την προσθήκη κατάλληλων αισθητήρων στο παιχνίδι-ρομπότ και του προγραμματισμού του έτσι ώστε να αποφεύγει τα εμπόδια καθώς πλοηγείται στον χώρο και η δυνατότητα καθοδήγησης φωνητικά του ρομποτικού οχήματος. Η δική μας πρόταση στην ουσία συνδυάζει τις δύο αυτές εργασίες, καθώς στοχεύει στην κατασκευή ενός ρομπότ βασισμένου σε arduino, το οποίο κατευθύνεται από μία android εφαρμογή μέσω Bluetooth.

3. Περιγραφή συστήματος εκπαιδευτικής ρομποτικής

Η πρώτη προσέγγιση για την κατασκευή του ρομπότ που βασίζεται σε arduino και κινείται με σερβοκινητήρες πραγματοποιήθηκε το σχ. έτος 2013-2014 από μαθητές

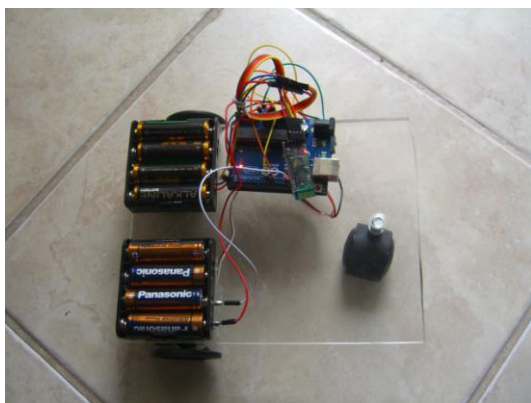
του 2^{ου} Γυμνασίου Κέρκυρας στα πλαίσια του μαθήματος Πληροφορικής.

3.1 Κίνηση του ρομπότ

Για την κίνηση του ρομπότ επιλέχθηκαν σερβοκινητήρες αντί για απλοί κινητήρες συνεχούς ρεύματος λόγω της ακρίβειας στην κίνηση που αυτοί προσφέρουν. Ο σερβοκινητήρας έχει την δυνατότητα να στραφεί και να παραμείνει σε συγκεκριμένες γωνίες ανάλογα με τους παλμούς μεταβλητού πλάτους (PWM) που λαμβάνει στην είσοδό του (<https://en.wikipedia.org/wiki/Servomotor>). Οι σερβοκινητήρες που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την κατασκευή ήταν πλήρους περιστροφής, δηλαδή έχουν την δυνατότητα να στρέφουν τον άξονά τους δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα έως 360 μοίρες από την αρχική θέση και μετά να συνεχίζουν την κίνηση τους.

3.2 Κατασκευή του ρομπότ

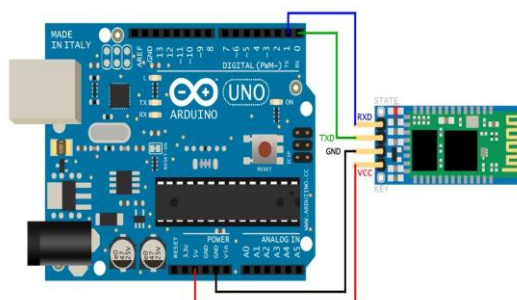
Η κατασκευή συναρμολογήθηκε σε ένα κομμάτι από διαφανές πλαστικό που κόπηκε στις κατάλληλες διαστάσεις. Στην συνέχεια κολλήθηκαν στο κάτω μέρος με κόλλα οι σερβοκινητήρες συνεχούς περιστροφής, ένας στην δεξιά πλευρά και ένας στην αριστερή πλευρά. Στους σερβοκινητήρες βιδώθηκαν οι ρόδες που προέρχονταν από το σετ εξαρτημάτων τους. Στο κέντρο του κάτω και πίσω μέρους της κατασκευής κολλήθηκε μια ρόδα που περιστρέφεται και στο κάθετο επίπεδο ώστε μπορεί να ακολουθεί οποιαδήποτε διεύθυνση. Στο πάνω μέρος της κατασκευής κολλήθηκαν δύο μπαταριοθήκες 6 Volt (επίσης με κόλλα) μία για την τροφοδοσία του arduino και μια για την τροφοδοσία των σερβοκινητήρων. Επίσης στο πάνω μέρος της κατασκευής τοποθετήθηκε το arduino μαζί με την πλακέτα Bluetooth, Εικόνα 1. Η πλακέτα Bluetooth συνδέθηκε στο arduino, Εικόνα 3, ενώ οι σερβοκινητήρες συνδέθηκαν με τη μια τροφοδοσία και το σήμα εισόδου τους με τα πίν 11 και 12 (pwm) του arduino. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε κοινή γείωση για τις δύο διαφορετικές τροφοδοσίες. Στο μπροστινό τμήμα του πάνω μέρους της κατασκευής στερεώθηκε και η android συσκευή (ένα κινητό τηλέφωνο) με το σύστημα στερέωσής της, χρησιμοποιήθηκε σύστημα στερέωσης κινητού στο κρύσταλλο του αυτοκινήτου, (Εικόνα 2). Το κόστος για τη συγκεκριμένη κατασκευή είναι ιδιαίτερα χαμηλό, καθώς δεν υπερβαίνει τα 30 ευρώ, αναλυτικά στοιχεία στον Πίνακα 1.



Εικόνα 1. Κατασκευή ρομπότ (διακρίνονται οι μπαταριοθήκες, το Arduino και η πλακέτα Bluetooth).



Εικόνα 2. Το ρομπωτικό σύστημα ολοκληρωμένο μαζί με την android συσκευή.



Εικόνα 3. Συνδεσμολογία Arduino με την πλακέτα Bluetooth.

Πίνακας 1: Κόστος κατασκευής ρομπότ

Είδος / Αντικείμενο	Κόστος
Arduino	7 ευρώ
Bluetooth module HC-06	4 ευρώ
2 σερβοκινητήρες SM-S4303R	15 ευρώ
Θήκη μπαταριών	2 ευρώ
Καλώδια - διακόπτες	2 ευρώ
Σύνολο	30 ευρώ

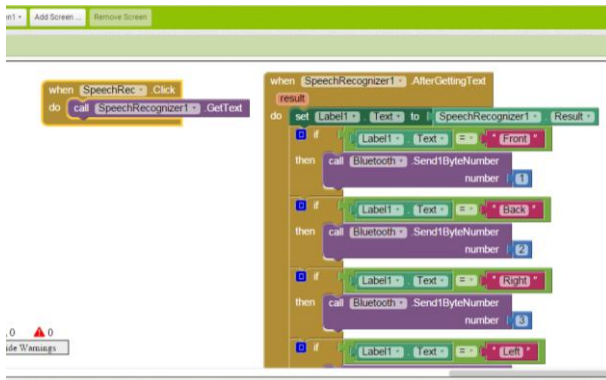
4. Συνδυασμός Arduino και MIT App Inventor

4.1 Λειτουργία ρομποτικού συστήματος

Στο arduino φορτώνεται ένα sketch σε wiring το οποίο πραγματοποιεί την αποκωδικοποίηση των σημάτων που λαμβάνει από την android συσκευή και την αποστολή των κατάλληλων σημάτων στον κάθε σερβοκινητήρα ώστε το ρομποτικό σύστημα να κινηθεί δεξιά, αριστερά, μπροστά και πίσω. Για παράδειγμα η μπροστά κίνηση του ρομπότ γίνεται με δεξιόστροφη κίνηση 180° του αριστερού κινητήρα και αριστερόστροφη κίνηση 0° του δεξιού κινητήρα. Η εφαρμογή που θα δημιουργηθεί στο App Inventor μπορεί να αξιοποιήσει τους αισθητήρες (κίνησης, GPS, κλπ.) καθώς και όλες τις υπηρεσίες (αναγνώριση φωνητικών εντολών, κλπ) που παρέχει η android συσκευή και ανάλογα με τον αλγόριθμο λειτουργίας να δώσει κωδικοποιημένα σήματα μέσω του Bluetooth που θα αντιστοιχούν στις επιθυμητές κινήσεις του ρομποτικού συστήματος.

4.2. Περιγραφή ενδεικτικής android εφαρμογής

Ο χρήστης αρχικά πρέπει να αποκαταστήσει την σύνδεση Bluetooth μεταξύ της android συσκευής και του arduino δίνοντας τον κατάλληλο κωδικό. Στην συνέχεια έχει την δυνατότητα να κατευθύνει το ρομποτικό σύστημα δίνοντας τις φωνητικές εντολές (μπροστά, πίσω, δεξιά, αριστερά, στάση) ή πατώντας τα αντίστοιχα πλήκτρα στην οθόνη της android συσκευής. Στιγμιότυπα από τα blocks του κώδικα App Inventor και από την εφαρμογή απεικονίζονται στις Εικόνες 4 και 5 αντίστοιχα. Η συγκεκριμένη android εφαρμογή θα μπορούσε να αξιοποιηθεί παιδαγωγικά στην εξοικείωση των μαθητών με τις πολλαπλές και εμφωλευμένες εντολές επιλογής.



Εικόνα 4. Τα blocks του κώδικα App Inventor2.



Εικόνα 5. Στιγμιότυπο από την android εφαρμογή.

5. Συμπεράσματα και Μελλοντική Εργασία

Σε αυτή την εργασία παρουσιάσαμε πώς μπορεί να δημιουργηθεί ένα ρομποτικό σύστημα με ιδιαίτερα χαμηλό κόστος βασισμένο στο arduino και πώς αυτό να κατευθύνεται μέσα από μία android εφαρμογή που έχει αναπτυχθεί με το MIT App Inventor. Το προτεινόμενο σύστημα έχει τα χαρακτηριστικά της αυτόνομης λειτουργία, χωρίς άλλο υπολογιστή, και της κίνησης με μεγάλη ακρίβεια, λόγω της χρήσης σερβοκινητήρων. Στα μελλοντικά μας σχέδια είναι η χρήση του συνδυασμού arduino και android για όποιο άλλο ρομποτικό σύστημα εκδηλώσουν ενδιαφέρον μαθητές και καθηγητές και η αξιοποίηση της αμφίδρομης επικοινωνίας arduino και android με την ανάγνωση από την android συσκευή σημάτων αισθητήρων συνδεδεμένων με το arduino.

Η πρότασή μας έχει ως στόχους να κεντρίσει το ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών ώστε να την υιοθετήσουν στα πλαίσια της διδασκαλίας του προγραμματισμού αλλά και των μαθητών ώστε να συνεργαστούν για να συναρμολογήσουν και να προγραμματίσουν ένα αντίστοιχο ρομποτικό σύστημα. Η πρότασή μας αρχικά θα αξιολογηθεί στα πλαίσια σεμιναρίου σε εκπαιδευτικούς πληροφορικής στην Κέρκυρα το σχ. έτος 2015-2016, όπου στόχος θα είναι η διερεύνηση του τρόπου αξιοποίησής της στη διδασκαλία του προγραμματισμού. Στην συνέχεια θα αξιοποιηθεί παιδαγωγικά σε ομάδες μαθητών στα σχολεία όσων καθηγητών εκδηλώσουν ενδιαφέρον μελετώντας τα οφέλη τόσο στην απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων προγραμματισμού όσο και στη δημιουργία συνεργατικού κλίματος στην τάξη.

Βιβλιογραφία

- Abelson, H., & Friedman, M. (2010). App Inventor – A view into learning about computers through building mobile applications. *Proceedings of the 2010 SIGCSE Symposium*.
- Alimisis, D., & Chronis K. (2009). Constructionism and Robotics in education. *Teacher Education on Robotic-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods*, 11-26.
- Andujar, M., Aguilera, L., Jimenez, L., Zabe, F., Shah, J., Jimenez, Y. & Morreale, P. (2012). Attracting High School Students to Computing: A Case Study with Drag-Drop Interfaces. In T. Amiel & B. Wilson (Eds.), *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications* (pp. 525-530). Chesapeake, VA: AACE.
- Ανθόπουλος, Μ., Αντωνιάδης, Δ., Καραολανίδου, Π., Κωνσταντινίδης, Π., Σταυριδής, Κ., & Πάσχος, Α. (2014). SmartJacket: Έξυπνο γιλέκο για ανθρώπους με προβλήματα όρασης. *6ο Μαθητικό Συνέδριο Πληροφορικής*. Θεσσαλονίκη. Ανακτήθηκε 10/05/2015 από τη διεύθυνση <http://smartjacket.weebly.com>
- Gerecke, U., & Wagner, B. (2007). *The Challenges and Benefits of Using Robots in*

- Higher Education. *Intelligent Automation & Soft Computing*, 13(1).
- Gray, J., Abelson, Hal., Wolber, D., & Friend, M. (2012). Teaching CS principles with app inventor. *In Proceedings of the 50th Annual Southeast Regional Conference (ACM-SE '12)*. ACM, New York, NY, USA, 405-406.
- Hsu, Y. C., Rice, K., & Dawley, L. (2012). Empowering educators with Google's Android App Inventor: An online workshop in mobile app design. *British Journal of Educational Technology*, 43(1), E1-E5.
- Johnson, J. (2003). Children, robotics, and education. *Artificial Life and Robotics*, 7(1-2), 16-21.
- Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A., & Haywood, K. (2011). *The 2011 Horizon Report. Austin-Texas: The New Media Consortium*. Ανακτήθηκε 10/05/2015 από τη διεύθυνση <http://www.nmc.org/pdf/2011-Horizon-Report.pdf>
- Κορδάκη, Μ., & Ψώμος, Π. (2012). Μια πρόταση διδασκαλίας του Προγραμματισμού μέσω δημιουργίας Εκπαιδευτικών Ψηφιακών Αφηγήσεων στο περιβάλλον Storytelling Alice. *6ο Πανελλ. Συνέδριο «Διδακτική της Πληροφορικής»*. Φλώρινα.
- Λουκάτος, Δ., Μακρυγιάννης, Η., & Μπελεσιώτης, Β. (2014). Αξιοποίηση του Arduino στη εκπαιδευτική διαδικασία. Μελέτη περίπτωσης. *6th Conference on Informatics in Education (CIE)*. (pp. 571-583).
- Malec, J. (2001). Some thoughts on robotics for education. *AAAI Spring Symposium on Robotics and Education*.
- Μεϊμαράκης, Θ. (2015). ArduinoBots (ARDUINO & roBOTS) Project. *5ο Μαθητικό Φεστιβάλ Ψηφιακής Δημιουργίας*. Ηράκλειο Κρήτης.
- Μπελεσιώτης, Β., & Κόκκινος, Γ. (2012). Εκπαιδευτική Ρομποτική και Arduino. *4ο Συνέδριο «Η Πληροφορική Εκπαίδευση (CIE2012)»*. Πειραιάς.
- Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Al Mahmud, A., & Dong, J. J. (2013). A review of the applicability of robots in education. *Journal of Technology in Education and Learning*, 1.
- Ορφανάκης, Β., & Παπαδάκης, Στ. (2014). Μια δραστηριότητα διδασκαλίας προγραμματισμού με τη χρήση του Scratch για Arduino (S4A). *6th Conference on Informatics in Education (CIE)*. (pp. 540-549).
- Ρίγγας, Δ., & Χριστοπούλου, Ε. (2014). Το ψηφιακό φυτό – αξιοποιώντας την πλατφόρμα Arduino στην εκπαιδευτική διαδικασία. *6th Conference on Informatics in Education (CIE)*. (pp. 703)