

# Η Ρομποτική στο Δημοτικό Σχολείο. Η Περίπτωση του Έργου «Συνεργασία στον Άρη».

Φ. Μελάς

Εκπαιδευτικός ΠΕ86 Δ/σης Π.Ε. Ανατολικής Αττικής

fmelas@sch.gr

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι, παρουσιάζοντας την εξέλιξη ενός έργου εκπαιδευτικής ρομποτικής, να αναδείξουμε τόσο την προβληματική της ίδιας της διαδικασίας που ακολουθήσαμε, όσο και την αξιοποίηση των τεχνικών στοιχείων που εντάξαμε στο έργο μας. Οι ιδέες της εργασίας μας θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην ανάδειξη της αξίας της εκπαιδευτικής ρομποτικής και να αξιοποιηθούν από όσους ενδιαφέρονται να αναπτύξουν ανάλογα έργα. Λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες για την ανάπτυξη των μαθητών, βασιστήκαμε στην εποικοδομιστική θεωρία και πιο συγκεκριμένα στο κατασκευαστικό εποικοδομισμό. Επειδή η εργασία μας αφορά μια μελέτη περίπτωσης, χρησιμοποιήσαμε τις περιγραφές της προσπάθειάς μας ως τεκμήρια, προκειμένου να στηρίξουμε την εμπειρική μας αλήθεια. Θεωρούμε πως η ενασχόληση με την εκπαιδευτική ρομποτική εξοικειώνει τους μαθητές με ένα διαφορετικό τρόπο μάθησης τόσο ως προς την διαδικασία, όσο και ως προς το περιεχόμενο, που θα μπορούσε να προάγει καινοτόμες εφαρμογές στο πλαίσιο ενός έργου. Προτείνουμε να γίνει προσπάθεια για βαθμονόμηση των σταθερών στο κώδικα μιας ρομποτικής κατασκευής, καθώς και επέκταση της ανάλυσης ενός αντικειμένου σε πολλά, και όταν προγραμματίζουμε χωρίς ρομποτικές κατασκευές. Επίσης, χρειάζεται προσοχή στις απλοποιήσεις που εμπεριέχονται σε ένα έργο ρομποτικής.

**Λέξεις κλειδιά:** κατασκευαστικός εποικοδομισμός, εκπαιδευτική ρομποτική, STEM

## 1. Εισαγωγή

Στην εργασία θα παρουσιαστεί η προσπάθεια μιας ομάδας συμμαθητών της ΣΤ Δημοτικού με σκοπό να δημιουργηθεί ένα έργο ρομποτικής για τη συμμετοχή στον 4<sup>ο</sup> πανελλήνιο διαγωνισμό εκπαιδευτικής ρομποτικής. Θα προσπαθήσουμε να αποτυπώσουμε όλη την πορεία, από τη σύλληψη μέχρι τη λειτουργία της κατασκευής μας, όσο αυτό μπορεί να αποδοθεί με λόγια σε όλη του την έκταση και πληρότητα. Επόμενα, δε θα περιοριστούμε μόνο στα τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου, στα οποία ούτως ή άλλως θα επιμείνουμε καθώς τα θεωρούμε σημαντικά. Θα ασχοληθούμε με τον καθορισμό των ορίων μιας ρομποτικής κατασκευής, με την

ανάλυση ενός αντικειμένου σε πολλά μικρότερα, καθώς και με την απλοποίηση ενός έργου. Έτσι, ενώ θα συζητήσουμε για ένα συγκεκριμένο έργο, φιλοδοξούμε όσα παρουσιάζουμε - ή τουλάχιστον κάποια από αυτά - να έχουν πιο γενική εφαρμογή. Να σημειώσουμε πως όλα τα παραρτήματα φαίνονται στο Μελάς (2018).

## **2. Η παιδαγωγική προσέγγιση**

Σύμφωνα με τον Dewey (Bertrand & Valois, 2000), ο μαθητής, στην προσπάθειά του να κατανοήσει την πραγματικότητα, χρειάζεται να εμπλακεί σε μαθησιακές διαδικασίες. Ο μαθητής έχει ενεργό ρόλο στη μάθησή του. Έτσι, μπορεί να κρίνει αυτά που μαθαίνει με βάση την εμπειρία του, αλλά και την προϋπάρχουσα γνώση του. Άλλωστε, ένα από το ζητούμενα είναι η ανάπτυξη της κριτικής σκέψης του μαθητή. Όμως, για τον Dewey η μάθηση είναι μια κοινωνική διαδικασία, καθώς από τη μια ο κάθε μαθητής επηρεάζει την ομάδα στην οποία συμμετέχει και ταυτόχρονα επηρεάζεται από αυτή, ενώ από την άλλη η ομάδα θα αποφασίσει ποιο είναι τελικά το σωστό. Επόμενα, η διδασκαλία είναι αναγκαίο να οργανώνεται με κατάλληλες δραστηριότητες, που προκαλούν ερωτηματικά στους μαθητές και διεγείρουν το ενδιαφέρον τους, προκειμένου να επιδεικνύουν προσοχή και να συμμετέχουν ενεργά. Σημασία έχει η οργάνωση ενός βιωματικού τρόπου μάθησης για να μπορέσει ο μαθητής να κατανοήσει τον κοινοτικό τρόπο ζωής και την ιστορική του εξέλιξη.

Αρκετά αργότερα και ο Vygotsky τόνισε τη σημασία της ενεργούς συμμετοχής του μαθητή στην γνωστική του ανάπτυξη, καθώς και την αλληλεπίδρασή του μέσα στην ομάδα, που τον βοηθά να σχηματίσει μια ερμηνεία της πραγματικότητας (Vygotsky, 2000). Ο συγγραφέας θεωρεί πως αυτή η διαδικασία επηρεάζεται από το ευρύτερο πολιτιστικό περιβάλλον και την ιστορική κοινωνική διαδρομή. Η χρήση των εργαλείων μπορεί να φέρει τους μαθητές κοντά στην ιστορική εξέλιξη της ανθρώπινης γνώσης. Σημαντικό στοιχείο της θεωρίας του Vygotsky είναι η ζώνη επικείμενης ανάπτυξης (Z.E.A.). Ο μαθητής, που βρίσκεται σε ένα παρόν επίπεδο ανάπτυξης και έχει κατακτήσει αντίστοιχες γνώσεις και δεξιότητες, μπορεί με την κατάλληλη υποβοήθηση και καθοδήγηση από ένα πιο έμπειρο και αναπτυγμένο άτομο να μεταβεί στο επικείμενο επίπεδο ανάπτυξης του, επιλύοντας πιο απαιτητικά προβλήματα. Η απόσταση των δύο αυτών επιπέδων είναι η Z.E.A., μέσα στην οποία θα πρέπει να βρίσκονται οι δραστηριότητες με τις οποίες καλείται να ασχοληθεί ο μαθητής, προκειμένου να μπορέσει να εξελιχθεί γνωστικά, με σκοπό να μπορεί να αντιμετωπίζει προβλήματα του επικείμενου επιπέδου χωρίς εξωτερική βοήθεια.

Σύμφωνα με τον Piaget, οι μαθητές έχουν ήδη δημιουργήσει κάποιες αντιλήψεις, με βάση τις προϋπάρχουσες γνώσεις και εμπειρίες, που έχουν συνδυάσει σε κάποια σχήματα – δομές. Η μάθηση είναι το αποτέλεσμα των συγκρούσεων που συμβαίνουν ανάμεσα στην εσωτερική συγκρότηση και τις αποκτηθείσες εμπειρίες του ατόμου (Δημητριάδης, 2015). Έτσι, η μάθηση δεν προκύπτει από τη συσσώρευση πληροφοριών ή την ανακάλυψη μιας αλήθειας που υπάρχει ήδη, έξω από τους

μαθητές, αλλά από τον τρόπο που έχουν συνδέσει αυτές τις αντιλήψεις και εμπειρίες. Σημαντική είναι η συμβολή των κατάλληλων μαθησιακών δραστηριοτήτων, που χρειάζεται να προάγουν την ενεργό συμμετοχή, τη συνεργασία και την αλληλεπίδραση στη μαθητική ομάδα, καθώς και να έχουν άμεσες αναφορές στον πραγματικό κόσμο, να είναι δηλαδή αυθεντικού τύπου. Επίσης, οι δραστηριότητες θα πρέπει να έχουν διερευνητικό χαρακτήρα, με αποτέλεσμα την ανάδυση προβλημάτων από τους ίδιους τους μαθητές, τα οποία θα χρειαστεί να υπερβούν, δίνοντας μία λύση (Δημητριάδης, 2015; Κόμης, 2015).

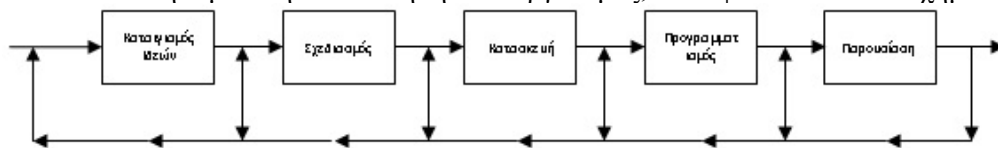
Ο Papert (1991), εξελίσσοντας αυτές τις ιδέες, εμπνεύστηκε ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον στο οποίο η χρήση του υπολογιστή μπορεί να οδηγήσει τα παιδιά να δημιουργήσουν τα δικά τους διανοητικά μοντέλα, καθώς δίνει τον έλεγχο και την ευθύνη της μάθησης στους ίδιους τους μαθητές, ενεργοποιώντας τους και προκαλώντας ευχαρίστηση. Σημειώνει ότι οι δραστηριότητες θα πρέπει να βρίσκονται κοντά στο πραγματικό περιβάλλον, παρέχοντας στους μαθητές ένα βιωματικό τρόπο μάθησης. Υποστηρίζει ότι για να διευκολύνουμε τη μάθηση θα πρέπει να αντιμετωπίσουμε τους μαθητές ως δημιουργούς. Να τους επιτρέπουμε να εξερευνούν χωρίς προκαταλήψεις και ανασφάλειες, προάγοντας τη διερεύνηση ανοικτών ζητημάτων. Σημαντική είναι η παρουσία αντικειμένων και υλικών που βοηθούν τους μαθητές να προβληματιστούν, να ανακαλύψουν τη γνώση που εμπεριέχεται σε αυτά και να φτιάξουν δικά τους πράγματα. Ο Papert θεωρεί πως ακόμη και οι μαθητές της πρώτης σχολικής ηλικίας, ασχολούμενοι με κάτι πολύ συγκεκριμένο, μπορούν να οικοδομούν τα δικά τους μοντέλα, για κάτι που μοιάζει πολύ μακρινό και αφηρημένο.

Συνοψίζοντας, επισημαίνουμε πως η προσπάθεια του μαθητή να κατανοήσει την πραγματικότητα και να προσεγγίσει κριτικά την εμπειρία του, απαιτεί την ενεργό συμμετοχή του και επηρεάζεται από τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις του. Η μάθηση προάγεται από την αλληλεπίδραση στην ομάδα με την εμπλοκή σε κατάλληλες δραστηριότητες, χρησιμοποιώντας εργαλεία και υλικά που την προωθούν και βοηθούν τους μαθητές να δημιουργήσουν τα δικά τους τεχνήματα. Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να βοηθούν τους μαθητές να υπερβαίνουν τις δυσκολίες τους κατά την εξερεύνηση επίλυσης προβλημάτων που συνδέονται με την πραγματικότητα.

### ***3. Τα στάδια ανάπτυξης του εκπαιδευτικού έργου***

Έχοντας ως οδηγό τις ιδέες που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, ξεκινήσαμε την προσπάθεια μας με μια ομάδα πέντε μαθητών. Οι τρεις μαθητές είχαν την εμπειρία του προηγούμενου πανελληνίου διαγωνισμού εκπαιδευτικής ρομποτικής και γι αυτό πολλά από τα ζητήματα (κατασκευής, προγραμματισμού, αυτοματισμών, κτλ), που απαιτεί ένα έργο εκπαιδευτικής ρομποτικής, ήταν σε σημαντικό βαθμό οικεία. Έγιναν 28 συναντήσεις με τους μαθητές. Η καθεμία είχε διάρκεια περίπου 4 ώρες. Οι συναντήσεις παρουσίασαν μια προοδευτική μεταβολή στην ενασχόληση

από γενικότερα, σε πιο συγκεκριμένα ζητήματα. Σε αυτή την πορεία μπορούμε να διακρίνουμε το στάδιο του καταγισμού ιδεών, του σχεδιασμού, της κατασκευής, του προγραμματισμού και της παρουσίασης. Βασιστήκαμε στο Frey (1998), για τα στάδια που ακολουθήσαμε στην υλοποίηση του έργου μας, που φαίνονται στο σχήμα 1.



*Σχήμα 1. Τα στάδια εξέλιξης του έργου*

Αυτός ο χωρισμός σε στάδια από τη μία αποτέλεσε έναν εκ των προτέρων οδηγό για το πώς θα κινηθούμε, ενώ από την άλλη φάνηκε εκ των υστέρων να είναι απλά μεθοδολογικός, αφού ανάμεσα στα στάδια δεν υπήρξαν στεγανά, καθώς πολλές φορές επανήλθαμε σε προηγούμενα στάδια για να αλλάξουμε κάτι και να επανεκκινήσουμε. Αντίστοιχα στάδια στην ανάπτυξη ενός έργου ρομποτικής παρουσιάζονται και από τους Papanikolaou και Frangou (2009).

### **3.1. Ξεκινώντας με τις ιδέες**

Αρχικά, εμπλέξαμε τους μαθητές στη διαδικασία αναζήτησης ιδεών, που θα μας έδιναν ένα οδηγό στην ανάπτυξη του έργου μας και θα κατεύθυναν την ομάδα στην παραγωγή έργου (Jaques, 2001). Γι αυτό, βρήκαμε και συζητήσαμε πληροφορίες σχετικές με το θέμα του διαγωνισμού. Οι ιδέες που ενσταλάχτηκαν στην ομάδα ήταν η ανάγκη για προσαρμογή του ανθρώπου στον Άρη με την όσο το δυνατό μεγαλύτερη αυτονομία. Αυτό απαιτούσε την παραγωγή ενέργειας στον Άρη με τα υλικά που διαθέτει ο ίδιος ο πλανήτης. Αφιερώσαμε συνολικά πέντε 2ωρα σε αυτή τη διαδικασία και τελικά σκεφτήκαμε να κατασκευάσουμε ένα διαστημικό όχημα εξερεύνησης του Άρη, ένα θερμοκήπιο για την παραγωγή τροφής και οξυγόνου, μια βάση στο Άρη, ένα δορυφόρο επικοινωνίας με τη Γη. Στη συνέχεια, προσπαθήσαμε να εμπλουτίσαμε τις ιδέες μας με την επίσκεψη στην έκθεση «Science Fiction: Ταξίδι στο Άγνωστο». Επίσης, σημαντική ήταν η επίδραση της ιδέας ότι η εξέλιξη των ρομποτικών κατασκευών μπορεί να γίνει με τη δυνατότητα της μεταξύ τους επικοινωνίας, προκειμένου αυτές να μπορέσουν να επιλύσουν πιο δύσκολα προβλήματα (TVXS, 2017). Έτσι, δεν είχαμε μόνο την επικοινωνία του δορυφόρου με τη Γη, αλλά και μεταξύ των ρομποτικών κατασκευών που βρίσκονται πάνω στο Άρη. Παράλληλα, μέσα από την ανάπτυξη ενός μικρού παιχνιδιού μάθαμε νέα εργαλεία προγραμματισμού (Κυριακού & Φαχαντίδης, 2012), καθώς και τη δημιουργία (Λαδιάς, 2017) και αξιοποίηση του κωδικοράματος (Λαδιάς & Λαδιάς, 2016). Ο συνολικός χρόνος που ασχοληθήκαμε με την τεχνική προετοιμασία της ομάδας ήταν επτά 2ωρα.

### 3.2. Σχεδιάζοντας

Συζητώντας τις ιδέες μας, υλοποιήσαμε σχετικούς αυτοματισμούς, κατασκευάζοντας και προγραμματίζοντας ένα ρομποτικό όχημα το οποίο εξερευνά στον Άρη και μία βάση μέσα στην οποία φιλοξενούνται άνθρωποι. Γι αυτό χρειαστήκαμε τρία 2ωρα. Επανήλθαμε στο στάδιο του σχεδιασμού για βελτιώσουμε στοιχεία λειτουργιών που δεν είχαμε προβλέψει. Όμως, αυτή η διαδικασία μας βοήθησε να φανταστούμε το ευρύτερο πλαίσιο που θα μπορούσε να ενταχθεί η λειτουργία των κατασκευών. Έτσι, δεν περιοριζόμασταν στο έργο μας από συγκεκριμένους αυτοματισμούς, καθώς, σταδιακά, διαμορφώσαμε ένα ολοκληρωμένο σενάριο λειτουργίας, στο οποίο οι αυτοματισμοί συνδέονταν μεταξύ τους με ένα τρόπο που η εκτέλεση του ενός συχνά πυροδοτούσε την έναρξη του άλλου, αφιερώνοντας πέντε 2ωρα. Το όχημα βγαίνει έξω από τη βάση, που το προστατεύει, για να ανιχνεύσει ενεργειακές πηγές, αποφεύγοντας εμπόδια. Επίσης, ο δορυφόρος ενημερώνει τη Γη για τις ενέργειες των κατασκευών. Παράλληλα, οι τρεις κατασκευές επικοινωνούν μεταξύ τους, σε δικό τους δίκτυο επικοινωνίας, χρησιμοποιώντας δικό τους κώδικα, με σκοπό να μπορέσουν να συνεργαστούν και να στηρίζουν την αυτόνομη λειτουργία τους. Υλοποιώντας ένα μέρος του αρχικού σεναρίου, τελικά καταλήξαμε στους 16 αυτοματισμούς που φαίνονται στο παράρτημα Α.

### 3.3. Κατασκευάζοντας

Στην κατασκευή των φυσικών αντικειμένων του έργου μας, που φαίνονται στο παράρτημα Β (πόρτα βάσης, όχημα, δορυφόρος), λάβαμε υπόψη μας τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες, καθώς και τη λειτουργία των αντίστοιχων πραγματικών αντικειμένων. Επειδή ο άξονας περιστροφής βρίσκονταν στην άκρη της πόρτας, συζητήσαμε με τους μαθητές την ανάγκη να εφαρμόσουμε μεγαλύτερη δύναμη για την κίνησή του, με τη χρήση ενός πιο δυνατού μοτέρ (Mega Μοτέρ). Καταλήξαμε σε δύο εναλλακτικούς τρόπους κατασκευής. Στον πρώτο με την ύψωση της πόρτας δημιουργούνταν επικλινές έδαφος, που απαιτούσε την πρόβλεψη για διαφορετική δύναμη στο μοτέρ του οχήματος. Έτσι, επιλέξαμε το δεύτερο, τοποθετώντας το μηχανισμό κίνησης στο πάνω μέρος. Επίσης, για να γνωρίζουμε αν υπήρχε όχημα μπροστά στην πόρτα, τοποθετήσαμε ένα επιπλέον αισθητήρα απόστασης.

Στο όχημα εκτός από την κίνηση (μοτέρ) και την ανίχνευση εμποδίων (αισθητήρας απόστασης), προσομοιάσαμε τη λειτουργία του υπεδάφιου ραντάρ που βοηθά στην ανίχνευση πετρωμάτων στο υπέδαφος (Τζανής, χ.η.; Χορευτάκη, 2003). Αυτό έγινε με τη χρήση ενός αισθητήρα απόστασης με κατεύθυνση προς το έδαφος, συζητώντας με τους μαθητές για τη λειτουργία τόσο του υπεδάφιου ραντάρ, όσο και της ρομποτικής του προσομοίωσης. Μετά την πρώτη παρουσίαση αντιληφθήκαμε την ανάγκη για την τοποθέτηση ενός επιπλέον αισθητήρα απόστασης στο πίσω μέρος της κατασκευής, στην περίπτωση αντίστροφης κίνησης.

Στις επικοινωνίες του έργου μας χρησιμοποιήσαμε μόνο ψηφιακά σήματα, προκειμένου να περιορίσουμε την επίδραση του θορύβου. Η επικοινωνία του δορυφόρου με τη Γη έγινε με διαμόρφωση συχνότητας, χρησιμοποιώντας φως δύο διαφορετικών χρωμάτων για να μεταδώσουμε το bit 1 και 0. Αξιοποιήσαμε την εμπειρία των μαθητών από το ουράνιο τόξο, εξηγώντας ότι σε κάθε χρώμα αντιστοιχεί διαφορετική συχνότητα, υποβοηθούμενοι από σχετικές πληροφορίες και εικόνες στο διαδίκτυο. Η επικοινωνία των ρομποτικών κατασκευών στον Άρη έγινε με διαμόρφωση πλάτους, χρησιμοποιώντας ήχο με διαφορετική ένταση (πλάτος) για το bit 0 και 1. Για να εκμηδενίσουμε την λήψη εξωτερικών θορύβων από το μικρόφωνο κατασκευάσαμε ένα α-ηχικό κουτί, χρησιμοποιώντας κατάλληλα ηχοαπορροφητικά και ηχομονωτικά υλικά. Έτσι, αντιμετωπίσαμε τόσο τον αερόφερτο, όσο και τον κτυπογενή θόρυβο (Καναβός, 2012). Είχαμε, λοιπόν, την ευκαιρία να συζητήσουμε με τους μαθητές ζητήματα όπως τι είναι ψηφιακό και αναλογικό σήμα, τι είναι συχνότητα και τι πλάτος ενός σήματος, καθώς και το τι είναι διαμόρφωση.

Να σημειώσουμε ότι ο χρόνος που απαιτήθηκε για αυτό το στάδιο δε μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια, με βάση το ημερολόγιο εργασιών του project, οι κατασκευές είχαν μια συνεχή εξέλιξη, καθώς δοκιμάζαμε τη λειτουργία τους. Δηλαδή, αφού κατασκευάζαμε, στη συνέχεια προγραμματίζαμε την κατασκευή και δοκιμάζαμε τη λειτουργία της. Έτσι, επαναλαμβάνοντας πολλές φορές τον κύκλο αυτών των δύο σταδίων (σχήμα 1), οριστικοποιήσαμε την κατασκευή. Εκτιμάμε ότι για την οριστικοποίηση των κατασκευών χρειάστηκαν περίπου τέσσερα 2ωρα. Επίσης, για την κατασκευή του α-ηχικού κουτιού αφιερώσαμε περίπου ένα 4ωρο μαζί με τους μαθητές και πολλές επιπλέον ώρες (ίσως είκοσι) μόνοι μας, λόγω επικινδυνότητας της κατασκευής του.

### **3.4. Προγραμματίζοντας**

Αφιερώσαμε στον προγραμματισμό των φυσικών κατασκευών και του animation περίπου οκτώ 4ωρα. Καταμήσαμε τον κώδικα με πολλαπλούς τρόπους. Εκτός τη διαίρεση με μηνύματα scratch, χρησιμοποιήσαμε υποπρογράμματα για να ξεχωρίσουμε αυτοτελείς προγραμματιστικές λειτουργίες, που είχαν μια ανεξάρτητη λογική υπόσταση (Παπαδόπουλος, Φωτιάδης & Λαδιάς, 2015). Επίσης, όταν προγραμματίζουμε, για κάθε αντικείμενο scratch, που είναι το «hardware» του προγράμματος, παράγουμε ξεχωριστό κώδικα (Λαδιάς, 2018α). Όμως, στην περίπτωση μας το hardware είναι οι ρομποτικές κατασκευές. Έτσι, επεκτείνοντας την ιδέα, αντιστοιχίσαμε σε κάθε φυσικό αντικείμενο (δορυφόρος, όχημα, πόρτα) πολλά αντικείμενα scratch, όπως φαίνεται στον πίνακα 2 του παραρτήματος Β, πετυχαίνοντας την περαιτέρω τμηματοποίηση του κώδικα. Αυτή η κατάτμηση έγινε με βάση τις αυτόνομες λειτουργίες που θέλαμε να κάνει ένα πραγματικό αντικείμενο, και κατά συνέπεια στην απλοποιημένη του μορφή, το αντίστοιχο φυσικό αντικείμενο. Στο σχήμα 2 του παραρτήματος Η φαίνεται η δομή ενός φυσικού αντικειμένου.

Σημαντική επίδραση στο έργο μας είχε η ιδέα της εξέλιξης των ρομποτικών κατασκευών μέσα από την επικοινωνία-συνεργασία. Η επικοινωνία μεταξύ των φυσικών (υλικών) αντικειμένων έγινε χρησιμοποιώντας ένα κανάλι επικοινωνίας, το οποίο εμείς προσομοιώνουμε με ήχο (εικόνα 7 παράρτημα Ι), δηλαδή υλικά μέσα, χρησιμοποιώντας λίστες για να φυλάξουμε τα μηνύματα ήχου. Με τη χρήση μηνυμάτων (λογισμικού) πετύχαμε την επικοινωνία μεταξύ των αντικειμένων scratch που βρίσκονταν εντός του ίδιου φυσικού αντικειμένου (σχήμα 2). Αυτό έγινε γιατί τα διαφορετικά τμήματα ενός πραγματικού ρομποτικού αντικειμένου επικοινωνούν μεταξύ τους με λογισμικό. Δεχτήκαμε ότι και το αντίστοιχο φυσικό αντικείμενο θα λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο.

Με βάση τη συζήτηση που προηγήθηκε, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα αντικείμενα scratch από την πλευρά του προγράμματος φαίνονται ως εικονικά hardware. Έτσι, τα αντικείμενα scratch ως «hardware» του προγράμματος, έστω και εικονικά, αναλύουν ένα φυσικό (υλικό) αντικείμενο, δημιουργώντας πολλά επιμέρους εξαρτήματα-υποσυστήματα του με εικονικό τρόπο. Αυτά τα υποσυστήματα, που υποστηρίζουν αντίστοιχες λειτουργίες, προσδίδουν νέες δυνατότητες-χαρακτηριστικά στα φυσικά αντικείμενα, που διαφορετικά δε θα μπορούσαν να υπάρχουν λόγω των τεχνολογικών-κατασκευαστικών περιορισμών τους (σχήμα 5 παράρτημα ΙΒ). Στην περίπτωση μας τα αντικείμενα scratch ενός φυσικού αντικειμένου είναι α. ο δέκτης που παίζει το ρόλο του «αισθητήρα» του φυσικού αντικειμένου, β. το κυρίως αντικείμενο scratch (δορυφόρος, πόρτα, όχημα) που λαμβάνονται οι αποφάσεις για τις ενέργειες του φυσικού αντικειμένου και γ. ο πομπός που παίζει το ρόλο του «ενεργοποιητή», αναλαμβάνοντας την επικοινωνία με τα άλλα φυσικά αντικείμενα. Το φυσικό αντικείμενο του δορυφόρου έχει επιπλέον αντικείμενα scratch: την κεραία Houston και το μετεωρολογικό σταθμό. Επίσης, τα μηνύματα (λογισμικού) χρησιμοποιήθηκαν όπου θέλαμε να ξεκινά παράλληλα η εκτέλεση πολλών σεναρίων.

Η κατάσταση ενός φυσικού αντικειμένου καθορίστηκε από μεταβλητές που φυλάσσονταν τοπικά και είχαν το ρόλο σημαίας. Έτσι, είχαν «συνείδηση» της κατάστασής τους, είτε γιατί είχαν αντίληψη από τους αισθητήρες τους, είτε γιατί τους ενημέρωναν με ήχο τα άλλα φυσικά αντικείμενα (σχήμα 3 παράρτημα Θ). Με βάση αυτή την κατάσταση παίρνονταν αποφάσεις για τις προγραμματιστικές ενέργειες που έπρεπε να γίνουν. Μια άλλη χρήση των μεταβλητών ήταν να λειτουργούν ως σηματοφορείς για να ρυθμίζουν τη χρήση ενός κοινού πόρου (κανάλι επικοινωνίας) που μοιράζονταν τα φυσικά αντικείμενα (Παπακωνσταντίνου κ.α., 1999).

Η χρήση των σταθερών επικεντρώθηκε στο να καθορίσει τα όρια λειτουργίας των διαδικασιών κατασκευών που σχετίζονταν με το εξωτερικό περιβάλλον τους. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν εκτεταμένα αρνητικοί αριθμοί, εξηγώντας την έννοια στους μαθητές, επικαλούμενοι την προϋπάρχουσα εμπειρία τους. Τέλος, η χρήση των υποπρογραμμάτων επεκτάθηκε στην περίπτωση του οχήματος στην επίτευξη επανάληψης τόσο με την κλήση του ενός υποπρογράμματος από ένα άλλο και αντίστροφα, όσο και με αναδρομική κλήση (Λαδιάς, 2018β).

### **3.5. Παρουσιάζοντας**

Η προετοιμασία της παρουσίασης του έργου μας ώθησε να αναστοχαστούμε πάνω στην πορεία εξέλιξής του και στα μικροπροβλήματα που αντιμετωπίσαμε κατά την ανάπτυξή του. Έτσι, βοηθηθήκαμε να αποκτήσουμε μια συνολική εικόνα του. Κατά τη συμμετοχή μας στο διαγωνισμό αντιληφθήκαμε, με τη βοήθεια των κριτών, μια δυνατότητα βελτίωσης. Έτσι, επανήλθαμε στο στάδιο της κατασκευής και του προγραμματισμού, κάνοντας τις απαραίτητες αλλαγές, προκειμένου να ετοιμαστούμε για την επόμενη παρουσίαση.

## **4. Τα τεχνικά στοιχεία του έργου**

Τα παρακάτω τεχνικά στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν για την υποστήριξη του σεναρίου λειτουργίας του έργου. Κατά την πορεία υλοποίησης του προέκυπταν προβλήματα, των οποίων η υπέρβαση μας οδήγησε στην υιοθέτηση των επτά τεχνικών ιδεών.

### **4.1. Δημιουργία κώδικα επικοινωνίας και ανίχνευση λαθών μετάδοσης**

Για να μπορέσει να επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ των ρομποτικών κατασκευών, αρχικά μελετήσαμε υπάρχοντες κώδικες (Ascii, Morse) και στη συνέχεια φτιάξαμε το δικό μας, ο οποίος φαίνεται στο παράρτημα Γ. Στον πίνακα 3 φαίνεται η κωδικοποίηση των διευθύνσεων των τεσσάρων φυσικών αντικειμένων, ενώ στον πίνακα 4 φαίνεται η κωδικοποίηση των δώδεκα ενεργειών. Από αυτές υλοποιήσαμε τις πέντε πρώτες (πράσινο χρώμα). Έτσι, το μήνυμα ήχου αποτελείται από 9 bits. Τα 2 πρώτα αφορούν τη διεύθυνση αποστολέα, τα 2 επόμενα τη διεύθυνση παραλήπτη, τα 4 επόμενα την ενέργεια του μηνύματος, ενώ το 9<sup>ο</sup> bit είναι το bit ισοτιμίας (πίνακας 5, παράρτημα Γ). Η ισοτιμία που χρησιμοποιεί το κανάλι είναι η περιττή και χρησιμοποιείται προκειμένου να γίνεται ανίχνευση λαθών κατά τη μετάδοση (Τσιλιγκιρίδης κ.α., 2000). Στο σενάριο της εικόνας 3 (παράρτημα Δ) φαίνεται η μέτρηση των ψηφίων 1 των μηνυμάτων ήχου. Επίσης, στο σενάριο της εικόνας 5 στο παράρτημα ΣΤ φαίνεται ότι το μήνυμα ήχου λαμβάνεται υπόψη, από το δέκτη ενός φυσικού αντικειμένου, μόνο όταν ισχύει η ισοτιμία.

### **4.2. Κωδικοποίηση Bits**

Η μετάδοση των δυαδικών ψηφίων απαιτεί την κατάλληλη κωδικοποίηση. Συμβουλευτήκαμε τους συγγραφείς (Τσιλιγκιρίδης κ.α., 2000) και συζητήσαμε για τις διάφορες κωδικοποιήσεις σημάτων, καταλήγοντας να φτιάξουμε τη δική μας που φαίνεται στο παράρτημα Δ. Για την επικοινωνία στον Άρη, επιλέξαμε τη διαμόρφωση πλάτους, η οποία ταίριαζε με την αλλαγή στην ένταση του ήχου και ήταν απλή στην υλοποίηση. Κωδικοποιήσαμε το bit 1 με δύο υψηλά σήματα ήχου (εικόνα 1), ενώ το bit 0 με ένα ψηλό και με ένα χαμηλό (εικόνα 2). Το 1<sup>ο</sup> ψηλό σήμα ήχου το χρησιμοποιούμε για να αντιληφθούμε ότι γίνεται μετάδοση, ενώ το 2<sup>ο</sup> μας επιτρέπει να διακρίνουμε αν πρόκειται για 1 ή 0 (εικόνα 3). Στην επικοινωνία



Δορυφόρου – Houston, η κωδικοποίηση των bits γίνεται με τη χρήση διαφορετικού χρώματος φωτός (κυανό για το bit 1 και κόκκινο για το bit 0), προσομοιάζοντας έτσι τη διαφορετική συχνότητα για τη μετάδοση των bits.

### **4.3. Αμοιβαίος αποκλεισμός χρήσης καναλιού επικοινωνίας**

Στο σενάριο του έργου μας οι πομποί των τριών φυσικών αντικειμένων μεταδίδουν τα μηνύματα ήχου χρησιμοποιώντας το κανάλι επικοινωνίας. Όμως, προκειμένου να μη γίνει σύγκρουση και καταστροφή των σημάτων που στέλνει ο κάθε πομπός, μπορεί να μεταδίδει ένας μόνο πομπός κάθε χρονική στιγμή. Επειδή έχουμε ένα κοινό πόρο (κανάλι) που μοιράζονται και θέλουν τη χρήση του πολλοί (πομποί), χρειάζεται να επιβάλλουμε τον αμοιβαίο αποκλεισμό στη χρήση του καναλιού, μεταξύ των φυσικών αντικειμένων (Παπακωνσταντίνου κ.α., 1999). Στο παράρτημα Ε φαίνεται το σενάριο που επιτρέπει την εκπομπή στο κανάλι επικοινωνίας, μόνο όταν αυτό είναι ελεύθερο, χρησιμοποιώντας τον κατάλληλο σηματοφορέα (εικόνα 4). Στην εικόνα 3 του παραρτήματος Δ φαίνεται ότι το κάθε φυσικό αντικείμενο, μέσα από το Δέκτη του, «ακούει» συνεχώς αν υπάρχει μετάδοση δεδομένων στο κανάλι.

### **4.4. Μη επίμονη εκπομπή**

Στην πρώτη έκδοχή χειρισμού της δυνατότητας μετάδοσης που υλοποιήσαμε, όταν ο κάθε πομπός ήθελε να μεταδώσει, εξέταζε συνεχώς αν θα ελευθερωθεί το κανάλι επικοινωνίας, με σκοπό να το δεσμεύσει και ακόλουθα να μεταδώσει. Είχαμε φτιάξει την επίμονη εκπομπή. Η δεύτερη έκδοση της συγκεκριμένης λειτουργίας φαίνεται στην εικόνα 4 (παράρτημα Ε). Εδώ ο κάθε πομπός, όταν θέλει να μεταδώσει, περιμένει να βρει το κανάλι επικοινωνίας ελεύθερο για να το δεσμεύσει, όμως με μη επίμονο τρόπο, καθώς περιμένει τυχαίο χρόνο, πριν επανελέγξει αν ελευθερώθηκε (Tanenbaum, 1991). Η τρίτη έκδοση λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο, αλλά έχει διαφορετικά αποτελέσματα. Ο χρόνος αναμονής του κάθε πομπού πριν από τον επόμενο έλεγχο, δεν είναι τυχαίος, αλλά συγκεκριμένος και διαφορετικός, με αποτέλεσμα να δημιουργείται προτεραιότητα στη δέσμευση του καναλιού, ανάμεσα σε αυτούς που διεκδικούν τη χρήση του.

### **4.5. Χρήση αντικειμένων *scratch* για την κατάτμηση του κώδικα**

Για την ανάλυση ενός φυσικού αντικειμένου σε πολλά αντικείμενα *scratch* έχουμε ήδη συζητήσει στην παράγραφο 3.4. Οδηγός μας σε αυτή την ανάλυση ήταν να βρούμε ποιες είναι οι λειτουργίες του αρχικού αντικειμένου που μπορούν να γίνουν ανεξάρτητα. Με αυτό τον τρόπο πολλαπλασιάζουμε το αρχικό hardware (φυσικό αντικείμενο) σε περισσότερα εικονικά hardware (αντικείμενα *scratch*) και δημιουργούμε απλούστερα σενάρια κώδικα. Όμως, η επικοινωνία μεταξύ των αντικειμένων *scratch* που βρίσκονται μέσα στο ίδιο φυσικό αντικείμενο, παρόλο που είναι απαραίτητη έτσι ώστε το αρχικό φυσικό αντικείμενο να διατηρεί την ολότητά-

ενότητά του και να εμφανίζεται ως προς τα άλλα φυσικά αντικείμενα ως κάτι ενιαίο, επιβαρύνει τον προγραμματισμό τους.

#### **4.6. Κατάμηση του κώδικα με υποπρογράμματα και μηνύματα**

Και γι αυτό το ζήτημα έχουμε μιλήσει αναλυτικά στην παράγραφο 3.4. Να σημειώσουμε ότι με τα μηνύματα έχουμε τη δυνατότητα να δημιουργούμε τα δικά μας προγραμματιστικά συμβάντα και έτσι να εκτελούμε πολλά σενάρια παράλληλα, όπως φαίνεται και από το κωδικόγραμμα (Παπαδόπουλος, Φωτιάδης & Λαδιάς, 2015).

#### **4.7. Βασικές αρχές κατασκευής animation**

Το animation δημιουργείται με την έναρξη σεναρίων από μηνύματα, προκειμένου να έχουμε παράλληλη εκτέλεση ενεργειών τόσο στην προσομοίωση, όσο και στη φυσική κατασκευή. Η αρχή την οποία ακολουθήσαμε εδώ είναι να πυροδοτούνται αντίστοιχα σενάρια animation, όταν αλλάζει κατάσταση κάποιος ενεργοποιητής ή αισθητήρας ενός φυσικού αντικείμενου. Όταν αλλάζει κατάσταση κάποιος ενεργοποιητής ενός «φυσικού αντικείμενου», αλλάζουν αντίστοιχα κατάσταση και τα αντικείμενα Scratch που συνδέονται με αυτό. Για παράδειγμα, αλλάζει το Led Δορυφόρου (φυσικό - υλικό αντικείμενο), αλλάζει ενδυμασία η Κεραία Houston (αντικείμενο λογισμικού). Επίσης, όταν αλλάζει κατάσταση κάποιος αισθητήρας ενός «φυσικού αντικείμενου», αλλάζουν κατάσταση και τα αντικείμενα Scratch που συνδέονται μαζί του. Για παράδειγμα, όταν αλλάζει η κλίση της πόρτας (φυσικό - υλικό αντικείμενο), τότε στην προσομοίωση σταματά η εκτέλεση του σεναρίου κίνησης (αντικείμενο λογισμικού) της πόρτας και αναλαμβάνει ένα σενάριο συγχρονισμού (αντικείμενο λογισμικού) της πραγματικής με την εικονική κατασκευή (παράρτημα Z - εικόνα 6).

### **5. Συζήτηση**

Η συζήτηση στο θεωρητικό πλαίσιο έγινε όχι απλά για την πληρότητα της εργασίας μας, αλλά για να αποκτήσουμε μια βάση πάνω στην οποία θα μπορέσουμε να αναστοχαστούμε την εμπειρία της προσπάθειας μας. Καταρχήν είναι ένα τέτοιο έργο κατάλληλο για εκπαιδευτικούς σκοπούς; Τα διδακτικά αντικείμενα που είχε προτείνει ο Dewey περίπου 100 χρόνια πριν, προσπαθώντας να δημιουργήσει το προοδευτικό σχολείο, δεν περιλαμβάνουν τη ρομποτική. Αν λοιπόν σήμερα προσπαθήσει κάποιος να αντιγράψει το Dewey μάλλον θα πρότεινε ένα σχολείο, χωρίς την εκπαιδευτική ρομποτική. Τι θα προτιμούσε όμως ο ίδιος ο παιδαγωγός, να τον αντιγράψουμε ή να δούμε με κριτικό τρόπο τα όσα έχει προτείνει με βάση την τρέχουσα εμπειρία; Κι αν η απάντηση είναι το δεύτερο, η εκπαιδευτική ρομποτική δε βοηθά στην κατανόηση της σύγχρονης κοινωνικής ζωής και της ιστορικότητάς της, και επόμενα, θα έπρεπε να έχει μια σημαντική παρουσία στο σύγχρονο σχολείο; Αν και η δική μας προσπάθεια έγινε εκτός του σχολικού συστήματος, θεωρούμε πως με αντίστοιχο τρόπο θα μπορούσε να γίνει στο πλαίσιο της σχολικής ζωής, εφόσον υπήρχαν οι

κατάλληλες προϋποθέσεις. Άλλωστε, έχουν γίνει όχι μόνο πάρα πολλές τέτοιες προσπάθειες, αλλά υπάρχουν και σχετικές προτάσεις (Αναγνωστάκης & Φαχαντίδης, 2014; Τσοβόλας & Κόμης, 2008).

Όμως, θα εστιάσουμε την προσοχή μας και στα άλλα ζητήματα που έχουν τεθεί στις προηγούμενες ενότητες. Επιδίωξη μας ήταν να συμμετέχουν ενεργά οι μαθητές, οι οποίοι επέδειξαν υψηλό ενδιαφέρον και αναλάμβαναν πρωτοβουλίες για την ανάπτυξη του έργου. Σε αυτό συνέβαλλε η πολλή καλή επικοινωνία και συνεργασία που είχαν, που βασίστηκε στις στενές, ως φιλικές σχέσεις που είχαν αναπτύξει από το σχολείο (Ματσαγγούρας, 2000). Η δική μας παρέμβαση σε αυτό τον τομέα ήταν να μην κυριαρχήσει η συναισθηματική ομάδα έναντι της ομάδας έργου (Jaques, 2001). Αξιοποιήσαμε τις γνώσεις και εμπειρίες που ήδη είχαν, δίνοντάς τους τον αντίστοιχο εκπαιδευτικό χώρο. Σε μερικές περιπτώσεις επαναδιαπραγματευτήκαμε μέσα στην ομάδα κάποιες από τις αντιλήψεις τους, που προϋπήρχαν και αναδύθηκαν μέσα από τις μαθησιακές εμπειρίες στις οποίες σκόπιμα υποβλήθηκαν. Επανατοποθετήσαμε αυτές τις απόψεις σε ένα πιο διευρυμένο πλαίσιο.

Πρόσθετα, η ανταπόκριση των μαθητών σε πράγματα που δεν είχαν διδαχθεί, κάποια από τα οποία μάλιστα πρόκειται να διδαχθούν πολύ αργότερα στο σχολικό σύστημα εκπαίδευσης, ήταν εξαιρετική: στη μεταφορά της κίνησης με τα γρανάζια διαφορετικού αριθμού δοντιών, στη διαφορετική απαιτούμενη δύναμη ανάλογα την απόσταση από τον άξονα περιστροφής, στις διαφορετικές συχνότητες του φωτός, στην κατανόηση των αρνητικών αριθμών και χρησιμοποίηση πράξεων και συναρτήσεων πάνω σε αυτούς. Δε μπορούμε να γνωρίζουμε αν και κατά πόσο οι μαθητές μας ήταν ήδη γνωστικά έτοιμοι για αυτή την κατανόηση ή αν και κατά πόσο το εκπαιδευτικό πλαίσιο τους βοήθησε να την επιταχύνουν, με τη χρήση των κατάλληλων εργαλείων και υλικών (scratch, lego WeDo, κτλ), που διευκολύνουν τη διερεύνηση, επιτρέπουν το λάθος, ωθούν τους μαθητές να αντιμετωπίσουν μικροπροβλήματα και να δημιουργήσουν. Επίσης, εύκολη ήταν η κατανόηση προγραμματιστικών στοιχείων, όπως των μεταβλητών, σταθερών και λιστών, των υποπρογραμμάτων και των μηνυμάτων, καθώς και των αλγοριθμικών δομών. Ακόμη, εντελώς φυσιολογική φάνηκε στους μαθητές η δημιουργία και χρήση του καναλιού επικοινωνίας με ήχο, η ανίχνευση λαθών, ο κώδικας επικοινωνίας, η κωδικοποίηση των δεδομένων. Από την εμπειρία μας μπορούμε να πούμε πως οι μαθητές ανταποκρίθηκαν στις απαιτήσεις του έργου. Η ανταπόκριση αυτή δεν έχει την έννοια ενός εκ των προτέρων καθορισμένου αποτελέσματος, αλλά τη θεωρούμε ως μια ανοικτή εξελικτική διαδικασία του εκπαιδευτικού έργου και των μαθητών.

Για την εξελικτική πορεία του έργου θα λέγαμε ότι στην αρχή είχαμε μια ιδέα που μας οδηγούσε. Καθώς προχωρούσαμε, πολλές φορές χρειάστηκε να επανέλθουμε σε προηγούμενα ζητήματα, να τα αντιμετωπίσουμε με διαφορετικό τρόπο και μετά να προχωρήσουμε πάλι προς τα μπροστά. Αυτό είναι κάτι εντελώς φυσιολογικό και αναμενόμενο. Καθώς προχωρούσαμε χρειαζόταν να εξετάζουμε συνεχώς, αν αυτή η ιδέα συνεχίζει να μας βοηθά, αν μας εμποδίζει να πάμε παρακάτω, γιατί μας

εγκλωβίζει σε ένα σημείο ή αν η έκταση όλων αυτών που έχουν προκύψει από την εμπειρία δε μπορεί να καλυφθεί από αυτή την ιδέα. Τότε μάλλον ήταν η ώρα ή να τη συμπληρώσουμε ή να την τροποποιήσουμε ή να την αντικαταστήσουμε με μία άλλη. Αυτό που τελικά αντιληφθήκαμε είναι ότι αν η νέα ιδέα που είχαμε βρει αντλήθηκε από ένα πεδίο φαινομενικά εντελώς ξένο με αυτό που ασχολούμασταν, τότε εκ των υστέρων καταλάβαμε ότι είχαμε ανακαλύψει το όχημα που μπορούσε να μας πάει ακόμη πιο μακριά.

Αυτή η εμπλοκή και ο συνδυασμός φαινομενικά ετερόκλητων ιδεών φαίνεται ότι βρίσκεται στον πυρήνα του έργου, καθώς δεν αφορά μόνο στην διαδικασία ανάπτυξης του, αλλά και το περιεχόμενό του. Συνδέσαμε στοιχεία από διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα: της ανθρωπολογίας, της μηχανικής, της φυσικής, των μαθηματικών και της πληροφορικής. Με βάση ιδέες από αυτά τα διαφορετικά πεδία υλοποιήσαμε το έργο μας και έτσι φτιάξαμε κάτι εντελώς καινούργιο. Θεωρούμε ότι το έργο μας είχε στοιχεία καινοτομίας στο βαθμό που έχουμε γνώση των υπολοίπων έργων από πανελλήνιους διαγωνισμούς εκπαιδευτικής ρομποτικής. Επίσης, η συνύπαρξη ετερογενών στοιχείων, όχι ως συγκόλληση, αλλά ως αρμονική συνένωση, που προκύπτει από την ανάγκη εξέλιξης ενός δημιουργήματος, μας εξοικειώνει με την ολιστική προσέγγιση της γνώσης, που βασίζεται στην ανθρώπινη αντίληψη και ερμηνεία των πραγμάτων, καθώς και στην προσπάθεια για δημιουργία.

Οι σταθερές που χρησιμοποιήσαμε στον κώδικα μας θα μπορούσαν να περάσουν απαρατήρητες, αλλά όπως ήδη έχουμε σημειώσει ρυθμίζουν τα όρια λειτουργίας του έργου μας. Πως, όμως, προέκυψαν αυτά τα όρια; Η απάντηση είναι: δοκιμάζοντας εμπειρικά τη λειτουργία των κατασκευών και ακολουθώντας την προσεγγιστική μέθοδο προς την καλύτερη λειτουργία. Δηλαδή, εμείς ως προγραμματιστές ορίσαμε «αυθαίρετα» τις τιμές των σταθερών για να εξυπηρετήσουμε την «καλύτερη» λειτουργία. Όμως, αυτή η πρακτική ορισμού των σταθερών φαίνεται να μην ακολουθεί μία από τις βασικές ιδέες που είχαμε στο έργο μας: τη δυνατότητα προσαρμογής, όχι μόνο του ανθρώπου, αλλά και των ρομποτικών κατασκευών στο περιβάλλον που βρίσκονται. Εμείς με τις εκ των προτέρων «χειροκίνητες» ρυθμίσεις των σταθερών του προγράμματος προετοιμάσαμε την ορθή λειτουργία των κατασκευών για μια ομάδα περιβαλλόντων, αλλά όχι για όλα. Αν σκεφτούμε όμως μια πραγματική κατασκευή, τότε μάλλον θα θέλαμε να ανιχνεύει κάθε φορά το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται και να ρυθμίζει ανάλογα τις παραμέτρους (σταθερές προγράμματος) της συμπεριφοράς της. Όμως, είναι απαραίτητο να επισημάνουμε ότι η συζήτηση για τις σταθερές, που γίνεται εδώ, δεν αφορά σε όλες. Για παράδειγμα, η σταθερά ΙΣΟΤΙΜΙΑ\_ΚΑΝΑΛΙΟΥ ρυθμίζει τη συμπεριφορά του αντικειμένου scratch Δορυφόρος (παράρτημα ΣΤ – εικόνα 5) στην αλληλεπίδρασή του με τα υπόλοιπα αντικείμενα scratch που βρίσκονται εντός του ίδιου φυσικού αντικειμένου. Μπορούμε, δηλαδή, να τη θεωρήσουμε ως εσωτερική του φυσικού (ρομποτικού) αντικειμένου. Η τιμή των «εσωτερικών σταθερών» μπορεί να καθοριστεί από τον προγραμματιστή. Η συζήτηση αφορά στις «εξωτερικές σταθερές» που ρυθμίζουν τη

συμπεριφορά του φυσικού αντικειμένου, όταν χρειάζεται να ληφθούν υπόψη οι συνθήκες (περιβάλλον) που βρίσκεται. Δηλαδή, όταν αυτές οι σταθερές εμπλέκονται στη λειτουργία των ενεργοποιητών, στον έλεγχο των τιμών των αισθητήρων και στην επικοινωνία με τα υπόλοιπα φυσικά αντικείμενα.

Σημαντικό στοιχείο αποτελεί η αντιστοίχιση σε κάθε ρομποτική (υλική) κατασκευή πολλών αντικειμένων scratch. Εκτός από τη δυνατότητα κατάτμησης του κώδικα και επόμενα την ευκολία στη δημιουργία πιο σύνθετων προγραμμάτων, χρειάζεται να σημειώσουμε ότι αυτά τα αντικείμενα scratch επικοινωνούν μεταξύ τους. Η μεταξύ τους επικοινωνία τα καθιστά ικανά από τη μια το ένα αντικείμενο να επηρεάζει τη συμπεριφορά του άλλου, ενώ από την άλλη, παρόλο που είναι ξεχωριστά, να συμπεριφέρονται ως μια ολότητα, παρουσιάζοντας ως προς τα υπόλοιπα ρομποτικά αντικείμενα μια ενιαία συμπεριφορά. Παρά τον επικοινωνιακό – προγραμματιστικό φόρτο, που απαιτείται για να κρατηθούν «ενωμένα» αυτά τα ξεχωριστά αντικείμενα, το ότι είναι ξεχωριστά έχει πλεονεκτήματα. Ας φανταστούμε ένα πραγματικό αντικείμενο, ας πούμε ένα αεροπλάνο. Όσο περισσότερα είναι τα υποσυστήματά του, τόσο πιο ευέλικτη είναι η συντήρηση και η αναβάθμισή του. Ακόμη, επειδή η λειτουργία τους γίνεται παράλληλα, θα μπορούσε να έχει γρηγορότερες αντιδράσεις. Μέχρι τότε, όμως, θα έπρεπε να δημιουργούνται ολοένα και μικρότερα υποσυστήματα; Μάλλον θα έπρεπε να ληφθεί υπόψη η επιβάρυνση της μεταξύ τους επικοινωνίας. Ποιες από τις λειτουργίες θα αναλύαμε σε μικρότερα υποσυστήματα; Ίσως να έπρεπε να εστιάσουμε στις λειτουργίες που θα θέλαμε μεγαλύτερη προτεραιότητα. Θα μπορούσαμε εδώ να αρχίσουμε την ανάλυση των διαφορετικών επιθυμητών λειτουργιών, υποβοηθούμενοι από τις διεργασίες που τοποθετούνται σε ένα γράφο προβαδίσματος (Παπακωνσταντίνου κ.α., 1999).

Παρόλα αυτά, θεωρούμε πως είναι η κατάλληλη στιγμή να επισημάνουμε μια βασική πλευρά στην ανάπτυξη ενός έργου εκπαιδευτικής ρομποτικής, η οποία αν και έχει διαφανεί, δεν έχει ρητά διατυπωθεί. Αυτή αφορά στις απλοποιήσεις που καταφεύγουμε, συνειδητά ή ασυνείδητα, καθώς εξελίσσουμε ένα τέτοιο έργο, μέσα από παραδοχές ή απλοϊκές θεωρήσεις των πραγμάτων. Το πρώτο είδος απλούστευσης γίνεται όταν επικεντρώνουμε την προσοχή μας μόνο σε ένα κομμάτι της πραγματικότητας. Αυτό τις περισσότερες φορές λειτουργεί χωρίς να εμφανίζονται προβλήματα, αλλά όχι πάντα. Για παράδειγμα, μπορεί να θεωρούμε ότι μπορούμε να μιλήσουμε και να ακούσουμε τους άλλους ανθρώπους, αλλά αυτό συμβαίνει σε μέρη που υπάρχει ύλη, όχι όμως παντού. Το δεύτερο είδος απλούστευσης συμβαίνει όταν κατασκευάζουμε ένα πραγματικό αντικείμενο, χωρίς να λαμβάνουμε υπόψη μας όλες τις λεπτομέρειες της πραγματικότητας. Ένα τρίτο είδος απλοποίησης είναι όταν προσπαθούμε να φτιάξουμε εκπαιδευτικές ρομποτικές κατασκευές, οι οποίες θέλουμε να αντιγράψουν τις συμπεριφορές αντίστοιχων πραγματικών αντικειμένων. Για παράδειγμα, ένα πραγματικό όχημα έχει πολλές ταχύτητες (γρανάζια), ενώ το ρομποτικό όχημά μας μόνο μία. Ένα τέταρτο είδος παραδοχών γίνεται όταν προγραμματίζουμε αυτές τις κατασκευές. Στο πίνακα 4 θα μπορούσαν να έχουν

προστεθεί και άλλες ενέργειες στον κώδικα επικοινωνίας μας, επιπλέον αυτών που φαίνονται. Τέλος, ένα πέμπτο είδος απλοποίησης συμβαίνει όταν προσπαθούμε να προσομοιώσουμε στην οθόνη του υπολογιστή τη λειτουργία των ρομποτικών κατασκευών. Στο έργο μας, ενώ η ρομποτική κατασκευή της Πόρτας έχει βάρος, δεν είναι σίγουρο ότι αυτό θα ληφθεί υπόψη στην προσομοίωση. Στο σχήμα 4 (παράρτημα ΙΑ) φαίνονται τα επίπεδα προσέγγισης της πραγματικότητας που περιγράψαμε παραπάνω. Στο έργο που αναπτύξαμε, όπως μπορεί κανείς να διαπιστώσει από τη συζήτηση που έχει προηγηθεί, όταν προγραμματίζαμε μια φυσική κατασκευή μας ή όταν φτιάχναμε την προσομοίωσή της, συχνά προσπαθούσαμε να φέρουμε στο προσκήνιο τη λειτουργία της αντίστοιχης πραγματικής κατασκευής. Έτσι, εντοπίσαμε κάποιες απλοποιήσεις και παραδοχές και προσπαθήσαμε να τις μειώσουμε. Το βάρος της πόρτας, που αναφέραμε πριν, είναι μία από αυτές. Το ότι τα διαφορετικά ρομποτικά (φυσικά) αντικείμενα θα πρέπει να επικοινωνούν στον υλικό κόσμο (με ήχο) και όχι μέσω λογισμικού είναι μία άλλη. Σίγουρα υπάρχουν πολλές άλλες απλουστεύσεις με τις οποίες δεν ασχοληθήκαμε, είτε γιατί δεν είχαμε το χρόνο να τις αντιμετωπίσουμε, είτε γιατί δεν τις αντιληφθήκαμε, είτε γιατί τα εργαλεία μας είχαν από μόνα τους αρκετούς περιορισμούς. Σε κάθε περίπτωση, θεωρούμε ότι έχει σημασία που ασχοληθήκαμε με το θέμα. Στο σχήμα 4, όταν βρισκόμαστε σε ένα επίπεδο, όσο περισσότερο έχουμε απομακρυνθεί από το επίπεδο 1 (πραγματικότητα), τόσο περισσότερες απλουστεύσεις μάλλον έχουμε κάνει. Το βασικό, όμως, εδώ είναι να μπορέσουμε να αντιληφθούμε όσο γίνεται περισσότερες από αυτές. Προσπαθώντας να είμαστε συνεπείς με το θεωρητικό πλαίσιο που παρουσιάσαμε, θεωρούμε ως πραγματικότητα αυτή που η κοινότητα θεωρεί ως τέτοια. Δεχόμαστε, δηλαδή, την δι-υποκειμενική αλήθεια.

Αν προσέξει κανείς στο παράρτημα Γ τον πίνακα 4, θα παρατηρήσει ότι κάποιες σημαντικές ενέργειες δεν έχουν υλοποιηθεί. Η «επαναμετάδοση» θα ολοκληρώνει την αντίδραση των ρομποτικών κατασκευών στην περίπτωση ανίχνευσης λαθών. Οι ενέργειες «πάγωμα» και «επιαναφορά» είναι σχεδιασμένες προκειμένου να υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου των ρομποτικών κατασκευών από απόσταση σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να φυλάσσεται/φορτώνεται η κατάσταση του κάθε αντικείμενου scratch σε/από μια λίστα. Η κατάσταση αυτή θα πρέπει να περιλαμβάνει όλες τις μεταβλητές που έχει το scratch για το αντικείμενο, καθώς και τις τρέχουσες τιμές των μεταβλητών και των λιστών του.

Λόγω του προβλήματος που είχαμε όταν ο μηχανισμός της πόρτας βρισκόνταν αρχικά στο κάτω μέρος σκεφτήκαμε δύο εναλλακτικές λύσεις. Η λύση που δεν επιλέξαμε προέβλεπε να υπάρχει στην μακέτα μας επικλινές έδαφος. Με αυτή τη λύση, ξαφνικά, το έδαφος αποκτά μεγαλύτερη ποικιλία. Έτσι, το όχημα που κινείται στο έδαφος χρειάζεται να αποκτήσει πιο σύνθετη συμπεριφορά για να ανταπεξέλθει σε αυτή την ποικιλία. Για να αποκτήσει το όχημα την αίσθηση του επικλινούς εδάφους θα μπορούσαμε να βελτιώσουμε τις κατασκευαστικές δυνατότητες του. Για παράδειγμα θα μπορούσε να προστεθεί ένας αισθητήρας κλίσης, η τιμή του οποίου

μπορεί να επηρεάζει τη δύναμη του κινητήρα, μέσα από την κατάλληλη πρόβλεψη στο πρόγραμμα του οχήματος. Βλέπουμε λοιπόν, πως μια βελτίωση στην κατασκευή, απαιτεί και αλλαγές στο στάδιο του προγραμματισμού και έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της συμπεριφοράς του ρομπότ.

Τελειώνοντας, θεωρούμε πως αξίζει να συζητήσουμε για τα όρια αυτής της προσπάθειας. Γενικά μιλώντας, χωρίς να λαμβάνουμε υπόψη την ιδιαιτερότητα των συμμετεχόντων, χρειάζεται να σημειώσουμε ότι για το έργο που έχουμε περιγράψει, απαιτείται εκπαιδευτικός χρόνος που δύσκολα θα μπορούσε να διατεθεί στο σχολείο στη διάρκεια μιας σχολικής χρονιάς (βλ. ημερολόγιο (Μελάς, 2018)), με την προϋπόθεση ότι οι μαθητές και ο προπονητής θα διανύσουν μαζί την πορεία ανάπτυξης του έργου. Παρόλα αυτά, η παρούσα εργασία αναδεικνύει μια ποικιλία ζητημάτων, που ένα μέρος τους θα μπορούσαν να ενταχθούν σε ένα έργο, που θα έχει σκεφτεί και εξελίξει μια μαθητική ομάδα. Επίσης, σε αυτή την εργασία προσπαθήσαμε να σκιαγραφήσουμε την πορεία εξέλιξης του έργου, που θα μπορούσε κάποιος να έχει υπόψη του, όταν επιχειρήσει μια ανάλογη προσπάθεια. Κυρίως, όμως επιδιώξαμε να παρουσιάσουμε ένα παράδειγμα ανάπτυξης ενός έργου ρομποτικής με τις δυσκολίες και τις ιδιαιτερότητες που έχει, προκειμένου να είναι πιο εύκολο κάποιος να ξεκινήσει και να αισθάνεται μεγαλύτερη σιγουριά για να συνεχίσει.

## **6. Προτάσεις**

Είναι γνωστό ότι θα πρέπει να είμαστε όσο γίνεται περισσότερο φειδωλοί, όταν διατυπώνουμε προτάσεις προς τους υπόλοιπους. Έτσι, οι προτάσεις μας θα γίνουν με βάση την εμπειρία που αποκομίσαμε ή τη συζήτηση που αναπτύξαμε. Θεωρούμε, λοιπόν, πως μας βοήθησε πολύ, όχι μόνο ο συνδυασμός διαφορετικών γνωστικών πεδίων, που συμβάλλουν στο να επιτυγχάνεται η μάθηση σε σημαντικό βαθμό με φυσιολογικό τρόπο, αλλά και η μεταφορά μιας ιδέας από ένα φαινομενικά ξένο πεδίο, η οποία θα μπορούσε με κάποιο τρόπο να ταιριάζει και να προσαρμοστεί στην επίλυση του δικού μας προβλήματος. Θα άξιζε λοιπόν κανείς να προσπαθήσει να συνδυάσει την ποικιλία, συνθέτοντάς τη σε κάτι ενιαίο.

Επίσης, από τη συζήτηση προέκυψε ένα έλλειμμα σχετικά με τον καθορισμό των τιμών των «εξωτερικών σταθερών» του προγράμματος, καθώς οι σταθερές αυτές θα έπρεπε να παραμένουν σταθερές μόνο μέσα στο ίδιο περιβάλλον. Αν το περιβάλλον αλλάξει, τότε είναι ανάγκη να αλλάξουν και οι «εξωτερικές σταθερές». Αν θέλουμε, λοιπόν, ένα ρομπότ να προσαρμόζεται στο περιβάλλον του, ιδιαίτερα αν αυτό είναι άγνωστο, δεν αρκεί να επικοινωνεί και να συνεργάζεται με άλλα ρομπότ, αλλά και να μπορεί να καθορίζει το ίδιο, με βάση την αλληλεπίδρασή με το περιβάλλον, τα όρια λειτουργίας του. Προκύπτει λοιπόν ως ανάγκη η δυνατότητα να γίνεται βαθμονόμηση των «εξωτερικών σταθερών» του προγράμματος από την ίδια την ρομποτική κατασκευή. Για παράδειγμα, η σταθερά της βαρύτητας θα μπορούσε να υπολογίζεται από μια δοκιμαστική λειτουργία της πόρτας της διαστημικής βάσης. Η δυνατότητα ή

η ευαισθησία της βαθμονόμησης εξαρτάται από τους περιορισμούς του υλικού (αισθητήρες, κτλ). Για παράδειγμα, η δύναμη του μοτέρ του οχήματος, μπορεί να γίνει με τη χρήση ενός αισθητήρα κλίσης, αλλά η ακρίβεια καθορισμού της τιμής του μοτέρ, υπόκειται στο βαθμό της ακρίβειας καθορισμού της κλίσης. Έτσι, προτείνεται η βαθμονόμηση των σταθερών να γίνει, όπου υπάρχει δυνατότητα και ικανοποιητική ακρίβεια, χωρίς να είναι απαραίτητη σε όλες τις ρομποτικές κατασκευές.

Η σύλληψη της ανάλυσης ενός υλικού (ρομποτικής κατασκευής) σε περισσότερα αντικείμενα scratch έγινε από ένα συνδυασμό γνώσης και εμπειρίας. Ξεκίνησε από τον προγραμματισμό, και συγκεκριμένα από την ιδέα ότι τα αντικείμενα scratch αποτελούν το εικονικό hardware του προγράμματος. Συνέχισε στη ρομποτική, μέσα από την εμπειρία ότι το hardware (φυσική κατασκευή – ρομπότ) μπορεί να χωριστεί σε περισσότερα εικονικά hardware (αντικείμενα scratch). Η πρότασή μας, λοιπόν, επιστρέφει στον προγραμματισμό, λέγοντας ότι υπάρχει η δυνατότητα να προσομοιώσουμε ένα ρομπότ με ένα αντικείμενο scratch, το οποίο στη συνέχεια μπορούμε να το αναλύσουμε σε πολλά αντικείμενα scratch, όσα είναι και τα υποσυστήματα που χρειαζόμαστε να έχουμε. Δηλαδή, δε μπορούμε να κάνουμε την ανάλυση σε πολλά αντικείμενα μόνο όταν έχουμε ρομποτικές κατασκευές, αλλά και όταν προγραμματίζουμε ένα εικονικό ρομπότ.

Τέλος, από τη συζήτηση προέκυψε ότι κατά την υλοποίηση ενός έργου εκπαιδευτικής ρομποτικής γίνονται πολλές απλουστεύσεις σε όλα τα στάδια που έχουμε παρουσιάσει στο σχήμα 1. Η δική μας πρόταση είναι να προσπαθούμε να συνειδητοποιήσουμε αυτές τις απλουστεύσεις, κάθε φορά που αναπτύσσουμε ένα έργο εκπαιδευτικής ρομποτικής. Ο τρόπος που εμείς ακολουθήσαμε γι αυτό είναι να σκεφτόμαστε σε ένα ή περισσότερα επίπεδα πιο ψηλά, στο βαθμό που μπορούμε, από το επίπεδο στο οποίο βρισκόμαστε εκείνη τη στιγμή. Δηλαδή, να εργαζόμαστε σχετικά εστιασμένα, έχοντας ταυτόχρονα όσο γίνεται πιο ευρεία αντίληψη των πραγμάτων. Έτσι, θα μπορούμε να επισημαίνουμε ή και να υπερβούμε μερικές από τις απλοποιήσεις, στο βαθμό που τα εργαλεία και τα υλικά που έχουμε στη διάθεσή μας το επιτρέπουν. Ακολουθώντας αυτό το δρόμο θεωρούμε ότι θα υπάρχει βελτίωση τόσο του έργου ρομποτικής, όσο και της εκπαιδευτικής του αξίας.

## **Αναφορές**

Αναγνωστάκης, Σ., & Φαχαντίδης, Ν. (2014). Διερεύνηση για Σχεδιασμό Κατάλληλου Πλαισίου Προετοιμασίας των Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στην Εκπαιδευτική Ρομποτική. 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή *ΤΠΕ στην Εκπαίδευση*, 3-5 Οκτωβρίου 2014. Ρέθυμνο: ΕΤΠΕ – Σχολή Επιστημών Αγωγής Πανεπιστημίου Κρήτης.



- Bertrand, Y., & Valois, P. (2000). JOHN DEWEY. Στο J. Houssaye (Επιμ.), *Δεκαπέντε παιδαγωγοί. Σταθμοί στην ιστορία της παιδαγωγικής σκέψης* (σελ. 157-170). Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Δημητριάδης, Σ. (2015). *Θεωρίες μάθησης και εκπαιδευτικό λογισμικό*. (ηλεκτρ. βιβλ.) Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <http://hdl.handle.net/11419/3397> (20/04/2018).
- Frey, K. (1998). *Η μέθοδος project*. Θεσσαλονίκη: Κυριακίδη.
- Jaques, D. (2001). *Μάθηση σε ομάδες*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Καναβός, Α. (2012). *Θερμομονωτικά και Ηχομονωτικά Υλικά και Νέες Τεχνολογίες. Διπλωματική εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: [http://dspace.lib.ntua.gr/dspace2/bitstream/handle/123456789/7277/kanavosa\\_thermal.pdf?sequence=1](http://dspace.lib.ntua.gr/dspace2/bitstream/handle/123456789/7277/kanavosa_thermal.pdf?sequence=1) (30/12/2017).
- Κόμης, Β. (2015). *Εφαρμογές των Τεχνολογιών της Τεχνολογίας και των Επικοινωνιών στη Διδασκαλία και στη Μάθηση. Διδακτικές σημειώσεις. Πανεπιστήμιο Πατρών*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: [https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/PN1441/Παρουσιάσεις\\_Μαθημάτων/10\\_Learning\\_Theories\\_Constructivism.pdf](https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/PN1441/Παρουσιάσεις_Μαθημάτων/10_Learning_Theories_Constructivism.pdf) (20/04/2018).
- Κυριακού, Γ., & Φαχαντίδης, Ν. (2012). *Διδακτική της πληροφορικής με εφαρμογές Εκπαιδευτικής Ρομποτικής, βασισμένης στην Εποικοδομιστική θεωρία*. 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο *Διδακτική της Πληροφορικής*, 20-22 Απριλίου 2012. Φλώρινα: Παιδαγωγική Σχολή Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας - ΕΤΠΕ.
- Λαδιάς, Α. (2018α). *Διδακτικές προσεγγίσεις στον Προγραμματισμό με το Scratch*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://coursity.gr/courses/UOI/Prog2/2017/info> (07/07/2018).
- Λαδιάς, Α. (2018β). *4! τρόποι να γίνει ξανά, στο οπτικό προγραμματιστικό περιβάλλον Scratch-2. Σημειώσεις Σεμιναρίου Ε.Κ. Δ' Αθήνας, 3 ώρες, 10- Ιαν-2018*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <http://users.sch.gr/fmelas/wordpress/wp-content/uploads/2018/09/4-τρόποι-επανάληψης.pdf> (17/09/2018).

Λαδιάς, Α. (2017). Οπτική Αναπαράσταση Κώδικα. *Διδακτικές σημειώσεις*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <https://www.dropbox.com/s/pvhygbzdjzk9uyc/CodeRepresentation%20v2.pdf?dl=0> (16/10/2017).

Λαδιάς, Α., & Λαδιάς, Δ. (2016). Αναπαράσταση αλγορίθμων με τη βοήθεια κωδικΟράματος σε περιβάλλοντα οπτικού προγραμματισμού. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*. 9(2), 103-117.

Ματσαγγούρας, Η. (2000). *Ομαδοσυνεργατική Διδασκαλία και Μάθηση* (2<sup>η</sup> έκδ.). Αθήνα: Γρηγόρης.

Μελάς, Φ. (2018). *Το έργο εκπαιδευτικής ρομποτικής «Συνεργασία στον Άρη»*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <http://users.sch.gr/fmelas/wordpress/?p=96> (20/08/2018).

Παπαδόπουλος, Γ., Φωτιάδης, Δ. & Λαδιάς, Τ. (2015). *Ειδικά θέματα προγραμματισμού σε Scratch*. Αθήνα: Ελληνογερμανική Αγωγή.

Παπακωνσταντίνου, Γ., Τσανάκας, Π., Κοζύρης, Ν., Μανουσοπούλου, Α., & Ματζάκος, Π. (1999). *Τεχνολογία Υπολογιστικών Συστημάτων & Λειτουργικά Συστήματα* (Βιβλίο Μαθητή). Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β..

Papanikolaou, K., & Frangou, S. (2009). Robotics as Learning Tool. In D. Alimisis (Ed.), *Teacher Education on Robotics - Enhanced Constructivist Pedagogical Methods*. Patras: ASPETE.

Papert, S. (1991). *Νοητικές θύελλες. Παιδιά, Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές και Δυναμικές Ιδέες*. Αθήνα: Οδυσσέας.

Tanenbaum, A. (1991). *Δίκτυα Υπολογιστών*. Αθήνα: Παπασωτηρίου.

Τζανής, Α. (χ.η.). Γεωραντάρ. *Διδακτικές Σημειώσεις. Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος ΕΚΠΑ*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: [http://users.uoa.gr/~atzanis/Y7203/GPR\\_Supporting\\_Material/GPR\\_no\\_animation.pdf](http://users.uoa.gr/~atzanis/Y7203/GPR_Supporting_Material/GPR_no_animation.pdf) (12/01/2018).

Τσιλιγκιρίδης, Θ., Αλεξίου, Γ., Μπούρας, Χ., Μαμαλούκας, Χ., & Αγγελόπουλος, Π. (2000). *Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών I & II* (Τόμος Ι). Αθήνα: Π.Ι..

Τσοβόλας, Σ., & Κόμης, Β. (2008). Προγραμματισμός ρομποτικών κατασκευών: μελέτη περίπτωσης με μαθητές δημοτικού. 4<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο *Διδακτική της*

*Πληροφορικής*, 28-30 Μαρτίου 2008. Πάτρα: Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης & της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία Πανεπιστημίου Πατρών - ΕΤΠΕ.

TVXS (2017). Εξελικτική Ρομποτική: Η θεωρία του Δαρβίνου στα Ρομπότ. Στο Α. Λαδιάς, *NewsLetter N209*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: [http://dide-peiraia.att.sch.gr/plinetp/images/stories/files/newsletter/209/exeliktiki\\_robotiki.pdf](http://dide-peiraia.att.sch.gr/plinetp/images/stories/files/newsletter/209/exeliktiki_robotiki.pdf) (06/11/2017).

Vygotsky, L. (2000). *Νους στην κοινωνία. Η ανάπτυξη των ανώτερων ψυχολογικών διαδικασιών*. Αθήνα: Gutenberg.

Χορευτάκη, Γ. (2003). Γεωφυσική διασκόπηση με τη μέθοδο της ηλεκτρικής τομογραφίας και του υπεδάφειου ραντάρ στο λατομείο Ζωφορών του Ν. Ηρακλείου. *Διπλωματική εργασία. Πολυτεχνείο Κρήτης*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: <http://dias.library.tuc.gr/view/manf/25942> (11/01/2018).

### Abstract

The purpose of this paper is to demonstrate both the issue of the procedure that we followed and the employment of the technical elements we implemented in our work by presenting the process of an educational robotics' project. The ideas of our project could contribute to the promotion of the importance of educational robotics and they could also be exploited by those who are interested in developing similar projects. Taking into consideration the need for students' development, we based our research on the theory of constructivism and especially on constructionism. Due to the fact that our research concerns a case study, we used the descriptions of our efforts as evidence to support our empirical truth. We think that engaging in educational robotics familiarizes students with a different type of learning concerning both its process and its content, which could promote innovative applications within a project. We suggest that an effort be made to calibrate the constants to the code of a robotic construction, as well as extending the analysis of an object to many, and when programming without robotic constructions. Also, attention needs to be paid to the simplifications embodied in a robotic project.

**Keywords:** constructionism, educational robotics, STEM