

Τα οχήματα Braitenberg ως διαθεματική προσέγγιση STEAM στο μάθημα της βιολογίας

Πάυλος Ηλιάδης ¹, Γεώργιος Φραγκούλης ²

pavlosiliadis1@gmail.com, gfragulis@uowm.gr

¹ Εκπαιδευτικός ΕΠΑΛ Αμυνταίου Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Τ.Ε. MSc Mechatronics.

² Καθηγητής Πανεπιστημίου Δ. Μακεδονίας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών.

Περίληψη

Στο άρθρο αυτό παρουσιάζεται μια διαθεματική προσέγγιση, μέσω STEAM, της διδασκαλίας του μαθήματος της βιολογίας της Α΄ Τάξης Λυκείου της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα, που αποτέλεσε το αντικείμενο εργαστηριακής συνεδρίας για εκπαιδευτικούς και ερευνητές στο πλαίσιο του 12^{ου} Πανελληνίου/Διεθνούς Συνεδρίου «Οι ΤΠΕ στην εκπαίδευση». Η προσέγγιση βασίζεται στη προσομοίωση του νευρικού συστήματος και των αντιδράσεων των έμβιων όντων σε εξωτερικά ερεθίσματα του περιβάλλοντός τους, με τη χρήση οχημάτων Braitenberg. Με την απλή κατασκευή και τον απλό προγραμματισμό των οχημάτων αυτών παίρνουμε πλήθος διαφορετικών συμπεριφορών. Στην εργασία αυτή εξετάζουμε τα οχήματα τύπου 2 και 3. Η ερευνητική εργασία βρίσκεται σε εξέλιξη (work in progress), καθώς έχει δοκιμαστεί σε μικρό αριθμό μαθητών μέχρι σήμερα.

Λέξεις κλειδιά: Braitenberg Vehicles, Εκπαίδευση STEAM, Βιολογία, Mindstorms EV3, Διαθεματικότητα.

Εισαγωγή

Ο Valentino Braitenberg (1929-2011) υπήρξε διάσημος Γιατρός και ψυχίατρος. Στο βιβλίο του *Vehicles: Experiments in Synthetic Psychology* προσπαθεί να περιγράψει τις πολύπλοκες συνδέσεις του εγκεφάλου και του νευρικού συστήματος των ζώων συσχετίζοντας τις λειτουργικές συνδέσεις αυτών με λειτουργικές συνδέσεις δανεισμένες από τις επιστήμες της πληροφορικής. Εμπνεύστηκε λοιπόν κάποια ρομποτικά οχήματα (Braitenberg Vehicles (BV)) με αναλογική σύνδεση αισθητήρων και κινητήρων τα οποία αντιδρούν σε ερεθίσματα του περιβάλλοντος και παρουσιάζουν κάποια συμπεριφορά η οποία θα μπορούσε να χαρακτηριστεί βιολογική. Μάλιστα σε αυτή τη συμπεριφορά ο Braitenberg έδωσε και χαρακτηρισμούς καθαρά βιολογικής συμπεριφοράς, όπως Ξεκούραση (Rest), Αγάπη (Love), Φόβος (Fear), Επιθετικότητα (Aggression), Εξερεύνηση (Exploration).

Τα έμβια όντα λαμβάνουν πληροφορίες από το περιβάλλον τους που είναι σημαντικές για την εύρεση τροφής, αναπαραγωγής, επικοινωνίας κ.α. Οι πληροφορίες αυτές είναι πολύ περίπλοκες και είναι δύσκολο να γίνουν κατανοητές οι αντιδράσεις των οργανισμών σε αυτές. Ο Braitenberg προσπάθησε να ερμηνεύσει την συγκεκριμένη δομή του εγκεφάλου των ζώων και να ερμηνεύσει την λειτουργία του μέσω υπολογιστικών μηχανών (οχημάτων) με απλή δομή και ρύθμιση. Μέσω των οχημάτων του, προτείνει την εξομοίωση ενός απλού νευρικού συστήματος με ένα ρομποτικό όχημα με τους ελάχιστους δυνατούς κινητήρες και αισθητήρες και επικεντρώνεται στη διασύνδεση αυτών και στις διαφορετικές συμπεριφορές που προκύπτουν μέσω διαφορετικών συνδέσεων αισθητήρων-κινητήρων.

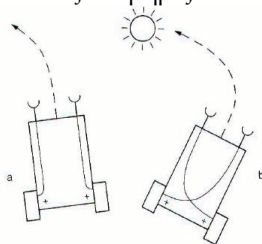
Να σημειωθεί ότι ο Braitenberg δεν κατασκεύασε ποτέ τα οχήματά του σε φυσική μορφή, αλλά τα πρότεινε ως εργαλεία για την αισθητηριακή κατανόηση των συνάψμων των νευρώνων του εγκεφάλου και της αντίδρασης που προκαλείται από εξωτερικά ερεθίσματα.

Το νευρικό σύστημα

Το νευρικό σύστημα των ζώων αποτελεί το σύστημα που ρυθμίζει και ελέγχει την λειτουργία όλων των οργάνων τους, καθώς επίσης και την μεταξύ τους αρμονική συνεργασία. Επιπλέον μέσω των αισθητήριων οργάνων συμβάλλει στην αντίληψη του περιβάλλοντος. Το νευρικό σύστημα μεταδίδει μηνύματα. Η απλούστερη μορφή αντίδρασης σε ερεθίσματα από το εξωτερικό περιβάλλον παρατηρείται στις αρχέγονες μορφές ζωής, οι οποίες δεν διαθέτουν νευρικό σύστημα και τα ερεθίσματα του περιβάλλοντος συλλαμβάνονται από τα αισθητικά κύτταρα και άγονται μέσω των αποφυάδων τους σε ένα μυϊκό κύτταρο. Σε υψηλότερα διαφοροποιημένους οργανισμούς μεταξύ ενός αισθητικού κυττάρου και ενός μυϊκού κυττάρου παρεμβάλλεται ένα επιπρόσθετο κύτταρο, το οποίο μεταδίδει τα μηνύματα, το νευρικό κύτταρο ή νευρώνας. Το νευρικό κύτταρο είναι δυνατόν να διεγείρει έναν αριθμό μυϊκών κυττάρων ή άλλα νευρικά κύτταρα, σχηματίζοντας έτσι ένα νευρικό δίκτυο. Οι διεγέρσεις αυτές μεταδίδονται από το ένα νευρικό κύτταρο στο άλλο μέσω των συνάψεων. Μπορούν να ξεχωριστούν διεγερτικές και ανασταλτικές συνάψεις. Οι ανασταλτικές συνάψεις είναι σημαντικές όσο και οι διεγερτικές για τα έμβια όντα και την αντίδρασή τους σε σχέση με τα ερεθίσματα που λαμβάνουν από το περιβάλλον, τα σημαντικά σήματα μεταδίδονται και τα ασήμαντα καταστέλλονται ώστε ο οργανισμός να εκπληρώσει τους αυτοποιητικούς του στόχους.

Οχήματα Braitenberg τύπου-2

Όπως και στην περίπτωση των συνάψεων των νευρικών κυττάρων τις διακρίνουμε σε διεγερτικές και ανασταλτικές έτσι και στην περίπτωση του ζεύγους κινητήρα - αισθητήρα μπορούμε να μιλήσουμε για διεγερτικές και ανασταλτικές ποιοτικές μεταξὺ τους συνδέσεις. Τα BV-2 λειτουργούν με διεγερτική σύνδεση μεταξύ κινητήρα - αισθητήρα, και αυτό το δείχνουμε με το σύμβολο (+) κοντά στους κινητήρες.



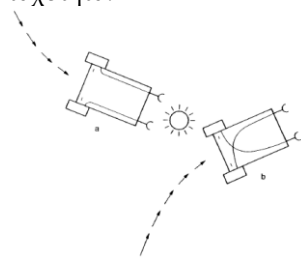
Σχήμα-1 Οχήματα Braitenberg τύπου-2a και 2b

Τα BV-2 διαθέτουν δύο αισθητήρες και δύο κινητήρες, έναν αριστερά και έναν δεξιά. Η ταχύτητα του κινητήρα εξαρτάται απ' ευθείας από την τιμή που διαβάζει ο αισθητήρας. Αν ο αισθητήρας δίνει μεγάλη τιμή τότε ο κινητήρας θα κινηθεί με μεγάλη ταχύτητα, ενώ αν δίνει μικρή τιμή ο κινητήρας κινείται με μικρότερη ταχύτητα. Θεωρούμε ότι το εξωτερικό ερέθισμα είναι μια φωτεινή πηγή. Λαμβάνουμε διαφορετικές συμπεριφορές των BV-2 ανάλογα με την σύνδεση κινητήρα-αισθητήρα. Στην περίπτωση των BV-2a κάθε αισθητήρας συνδέεται με τον κινητήρα στην ίδια πλευρά και ο κινητήρας ανεβάζει στροφές σε φωτισμένες περιοχές ενώ κατεβάζει ταχύτητα σε σκοτεινές περιοχές. Διαισθητικά καταλαβαίνουμε ότι το όχημα στρίβει μακριά από φωτεινές πηγές, όταν τις συναντά στο περιβάλλον του, και σε φωτεινές περιοχές κινείται γρήγορα, ενώ σε σκοτεινές περιοχές κινείται αργά. Αντιπαραβάλλοντας την αντίδραση του BV-2a με αυτή ενός ζωντανού οργανισμού θα λέγαμε ότι του «αρέσει» να περνά περισσότερο χρόνο σε σκοτεινά μέρη ή αλλιώς παρουσιάζει «φόβο» (Fear) ή «δειλία»

προς το φως (Φωτοφοβική συμπεριφορά). Στην περίπτωση των BV-2b κάθε αισθητήρας συνδέεται με τον κινητήρα στην αντίθετη πλευρά του οχήματος. Η σύνδεση κινητήρα - αισθητήρα παραμένει διεγερτική, όπως και στα BV-2a. Αντιλαμβανόμαστε ότι το όχημα τώρα σε αντίθεση με το προηγούμενο (2a) κατευθύνεται προς φωτεινές περιοχές που συναντά στο περιβάλλον του και μάλιστα με συνεχώς αυξανόμενη ταχύτητα καθώς πλησιάζει προς το φωτεινό ερέθισμα, με μια κίνηση που μοιάζει με επίθεση προς την φωτεινό ερέθισμα. Συγκρίνοντας τα οχήματα αυτά με την έμβια ζωή ο Braitenberg τα ονόμασε επιθετικά (Aggression).

Οχήματα Braitenberg τύπου -3

Τα BV-3, σε αντίθεση με τα BV-2 λειτουργούν με ανασταλτική σύνδεση μεταξύ κινητήρα - αισθητήρα, και αυτό το δείχνουμε με το σύμβολο (-) κοντά στους κινητήρες. Και πάλι η ταχύτητα του κινητήρα εξαρτάται από ευθείας από την τιμή του ερεθίσματος που διαβιβάζει ο αισθητήρας. Τώρα αν ο αισθητήρας δίνει μεγάλη τιμή τότε ο κινητήρας θα κινηθεί με μικρότερη ταχύτητα, ενώ αν δίνει μικρή τιμή ο κινητήρας κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα.



Σχήμα-2 Οχήματα Braitenberg τύπου-3a και 3b

Στην περίπτωση των BV-3a κάθε αισθητήρας συνδέεται με τον κινητήρα όμοια με των BV-2a δηλαδή αριστερός αισθητήρας με αριστερό κινητήρα και δεξιός αισθητήρας με δεξιό κινητήρα, με ανασταλτική σύνδεση όπως είπαμε. Τώρα το όχημα, όταν συναντά στο περιβάλλον του, φωτεινές πηγές ελαττώνει ταχύτητα με διάθεση να παραμείνει κοντά σε αυτές. Αντιπαραβάλλοντας την αντίδρασή του BV-3a με αυτή ενός ζωντανού οργανισμού θα λέγαμε ότι του «αρέσει» να περνά περισσότερο χρόνο σε περιοχές που γειτνιάζουν με το οπτικό ερέθισμα. Συγκρίνοντας τα οχήματα αυτά με την έμβια ζωή ο Braitenberg ονόμασε αυτή τη συμπεριφορά «αγάπη» (Love). Στην περίπτωση των BV-3b κάθε αισθητήρας συνδέεται με τον κινητήρα στην αντίθετη πλευρά με ανασταλτική σύνδεση μεταξύ κινητήρα-αισθητήρα και ο κινητήρας επίσης κατεβάζει στροφές σε φωτισμένες περιοχές ενώ ανεβάζει ταχύτητα σε σκοτεινές περιοχές. Περνώντας μπροστά από το οπτικό ερέθισμα, μειώνει ταχύτητα δεν μένει πολύ ώρα εκεί. Φεύγει «ψάχνοντας» κάποιο άλλο ερέθισμα στο περιβάλλον του. Ο Braitenberg ονόμασε τα οχήματα αυτά εξερευνητές (Explorer).

Η πλατφόρμα ρομποτικής Lego Mindstorms EV3

Η πλατφόρμα ρομποτικής Lego Mindstorms EV3, είναι μια ευέλικτη πλατφόρμα για κατασκευή εκπαιδευτικών εφαρμογών και κινούμενων ρομποτικών οχημάτων με τυποποιημένα εξαρτήματα της Lego. Περιλαμβάνει έναν συμπαγή και ισχυρό προγραμματιζόμενο υπολογιστή (Brick) βασισμένο στον ελεγκτή ARM9, 300 MHz της ARM Ltd. που επιτρέπει τον έλεγχο κινητήρων και τη ανατροφοδότησή τους από αισθητήρες μέσω

λογισμικού. Για τον προγραμματισμό τους χρησιμοποιούμε την οπτική γλώσσα προγραμματισμού Lego Mindstorms Education EV3 Teacher Edition βασισμένη στο LabView, που είναι εύκολα κατανοητή και κατάλληλη για προγραμματισμό και από μαθητές σε εισαγωγικό επίπεδο. Βασίζεται σε μπλοκ (Block) και διαθέτει ισχυρά προγραμματιστικά εργαλεία για τον προγραμματισμό «έξυπνων» ρομπότ, που μπορούν να κινούνται σε άγνωστα περιβάλλοντα και να αντιδρούν σε ερεθίσματα που λαμβάνουν από αυτό.

Εφαρμογή εκπαιδευτικής παρέμβασης/εργαστηριακής συνεδρίας

Το μάθημα της βιολογίας στα ΕΠΑΛ διδάσκεται 1 ώρα την εβδομάδα στους μαθητές της Α' τάξης. Με συνεργασία του εργαστηριακού κέντρου (Ε.Κ.) Αμυνταίου και του ΕΠΑΛ Αμυνταίου πραγματοποιήθηκε διδασκαλία του μαθήματος βιολογίας στο εργαστήριο ρομποτικής του Ε.Κ., συγκεκριμένα το κεφάλαιο-9 (νευρικό σύστημα) του σχολικού βιβλίου Βιολογίας Α' Γενικού Λυκείου, αντί στην αίθουσα διδασκαλίας του ΕΠΑΛ που διδάσκεται συνήθως.

Μάθημα 1ο:

Πραγματοποιήθηκαν δύο κοινά (με δύο καθηγητές στην τάξη) μαθήματα βιολογίας-ρομποτικής της μιας διδακτικής ώρας, ένα κάθε εβδομάδα. Στο 1ο μάθημα, έγινε εισήγηση από τον διδάσκοντα καθηγητή βιολογίας στην ύλη του κεφαλαίου-9, στις συνάψεις των νευρικών κυττάρων, και γενίκευση προς την κατεύθυνση της συμπεριφοράς των οργανισμών σε σχέση με εξωτερικά ερεθίσματα. Είχε προηγηθεί από τον διδάσκοντα της βιολογίας σε προηγούμενα μαθήματα η κατάλληλη προετοιμασία των μαθητών.

Στη συνέχεια με το κιτ ρομποτικής Lego Mindstorms EV3 υπήρχε προκατασκευασμένο ρομποτικό όχημα όμοιο με αυτό που περιγράφει ο Braitenberg και παρουσιάστηκαν από τον εκπαιδευτικό ρομποτικής οι συμπεριφορές που παρουσιάζουν τα οχήματα Braitenberg τύπου 2 και 3. Ως εξωτερικό ερέθισμα χρησιμοποιήθηκε φωτεινή πηγή από μια λυχνία πυρακτώσεως (ωδίνης) 12V/25W.

Μάθημα 2ο:

Οι μαθητές πραγματοποίησαν αλλαγές στο πρόγραμμα λειτουργίας του οχήματος ώστε να αλλάζουν την ένταση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της αντίδρασης του οχήματος στο εξωτερικό ερέθισμα. Έτσι για παράδειγμα ένα όχημα έδειχνε πιο επιθετικό ή λιγότερο επιθετικό με το νέο του πρόγραμμα, απ' ό,τι πριν. Οι μαθητές πραγματοποίησαν δοκιμές χωρίς την παρέμβαση των εκπαιδευτικών ώστε να διερευνήσουν μόνοι τους τις δυνατότητες και τις συμπεριφορές που αναπτύσσουν τα οχήματα Braitenberg.

Αξιολόγηση:

Με την ολοκλήρωση των μαθημάτων δόθηκε φυλλάδιο αξιολόγησης του μαθήματος στους μαθητές για να διαπιστωθούν το επίπεδο κατανόησης των δύο μαθημάτων. Δόθηκε επίσης ερωτηματολόγιο για το σπίτι, μέσω δημοφιλούς διαδικτυακής πλατφόρμας, για να αξιολογηθεί η επίδραση των μαθημάτων στους μαθητές. Σημειώνεται ότι οι μαθητές, στην πλειοψηφία τους, δεν είχαν ξανά παρόμοια εμπειρία διαθεματικής διδασκαλίας σε κάποιο μάθημα. Πριν τα μαθήματα έβρισκαν γενικά ενδιαφέρον το μάθημα της βιολογίας και πολύ ενδιαφέρουσα την εκπαιδευτική ρομποτική. Μετά τις δύο διδασκαλίες δήλωσαν ότι απτές τους βοήθησαν να κατανοήσουν το νευρικό σύστημα καλύτερα και ότι το μάθημα ήταν πιο ενδιαφέρον γι' αυτούς. Ως προς τις μελλοντικές τους επιλογές, υπήρξε μικρή επίδραση στο να κατευθυνθούν οι μαθητές προς τους τομείς υγείας, ενώ ήταν λίγο μεγαλύτερη στο να ασχοληθούν με τις θετικές επιστήμες-προγραμματισμό.

Στόχοι εργαστηρίου

Στόχοι της εργαστηριακής συνεδρίας:

- Να γνωρίσουν οι συμμετέχοντες την δομή του νευρικού συστήματος και του τρόπου που αυτό μεταδίδει μηνύματα. Επίσης πως αντιδρούν οι οργανισμοί σε εξωτερικά ερεθίσματα.
- Να γνωρίζουν τη βιομημητική συμπεριφορά των οχημάτων Braitenberg τύπου 2 και 3.
- Να εφαρμόσουν την βιομημητική συμπεριφορά των οχημάτων Braitenberg σε διαφορετικά μαθησιακά αντικείμενα
- Να συνδυάζουν την εφαρμογή ενός εκπαιδευτικού σεναρίου με την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων
- Να σχεδιάσουν οι συμμετέχοντες ένα εκπαιδευτικό σενάριο που χρησιμοποιεί τα οχήματα Braitenberg ως εκπαιδευτικό εργαλείο σε εκπαιδευτικό πεδίο ενδιαφέροντος τους.

Δομή εργαστηρίου:

Στην εργαστηριακή συνεδρία θα παρουσιαστεί η εκπαιδευτική παρέμβαση που έγινε στην τάξη και επίσης οι συμμετέχοντες θα έχουν τη δυνατότητα να παρακολουθήσουν βιντεοσκοπημένες τις διαφορετικές συμπεριφορές που παρουσιάζουν τα οχήματα Braitenberg με απλό προγραμματισμό, και να συζητήσουν το θέμα μεταξύ τους, αλλά και με τους εισηγητές.

Στάδια υλοποίησης:

- A. Εισαγωγή στο νευρικό σύστημα (διάρκεια: 10'.)
- B. Παρουσίαση οχημάτων Braitenberg τύπου 2 και 3 (διάρκεια: 15'.)
- C. Παρουσίαση εκπαιδευτικής ρομποτικής πλατφόρμας Mindstorms EV3 (διάρκεια: 5'.)
- D. Ανάλυση εκπαιδευτικής παρέμβασης μέσω παρουσίασης video (διάρκεια: 20'.)
- E. Ομαδική εργασία: Οι συμμετέχοντες χωρίζονται σε ομάδες και σχεδιάζουν ένα εκπαιδευτικό σενάριο. (διάρκεια: 20'.)
- F. Συζήτηση στη ολομέλεια και παρουσίαση σεναρίων (διάρκεια: 20'.)

Αναφορές

- Braitenberg, V. (1984), *Vehicles. Experiments in synthetic psychology*. The MIT Press.
- Maturana Humberto, Varela Francisco, *Το Δέντρο της γνώσης* Εκδόσεις Κάτοπτρο (1992).
- Werner Platzer, Helga Fritsch, Wolfgang Kohnel, Werner Kahle, Michael Frotscher, Broken Hill Publishers Ltd, *Εγχειρίδιο περιγραφικής ανατομικής 3^η βελτιωμένη Ελληνική Έκδοση*. Καστορίνης Αντώνης, Κωστάκη-Αποστολοπούλου Μαρία, Μπαρώννα-Μάμαλη Φωτεινή, Πιαλόγλου Περικλής, *Βιολογία Α΄ Γενικού Λυκείου*, εκδόσεις «Διόφαντος».
- Κινγκ Ροβέρτος, (2004) *Ευφής έλεγχος*, Εκδόσεις Τζιόλα.
<https://education.lego.com/en-us/>