

# Logilearn v2

Γκόραβ Μαλλ Ταρλοκ

## Abstract

Το Logilearn v2 αποτελεί εξέλιξη της αρχικής εργασίας Logilearn [1]. Στόχος του είναι η βελτίωση της αλληλεπίδρασης μεταξύ χρήστη και κατασκευής, καθώς και η επέκταση της λειτουργικότητάς του. Συγκεκριμένα, προστίθεται η δυνατότητα απεικόνισης των λογικών τελεστών 'AND' και 'NOT' μέσω του συστήματος μπαρών. Επιπλέον, η διαδραστικότητα της εφαρμογής ενισχύεται με την ανάπτυξη ενός νέου προγράμματος που συνδέεται μέσω laptop με το Arduino Uno, το οποίο ελέγχει την κατασκευή Logilearn.

## 1 Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πρώτης εργασίας, η έρευνα της ομάδας Nano Trojans αναφέρει:

*“Όστερα από σχετική έρευνα, ανακαλύψαμε πως ένα μεγάλο ποσοστό των μαθητών παρουσιάζουν μαθησιακές δυσκολίες[2]. Ειδικότερα, στην Ελλάδα το 0,17% και, πολύ πιο ανησυχητικά, στην Τσεχία το 2,34% των μαθητών έχουν είτε σοβαρές ή μέτριες δυσκολίες μάθησης. Κατά συνέπεια, η ομάδα μας επέλεξε να ασχοληθεί με το πεδίο των μαθησιακών δυσκολιών. Αποφασίσαμε, όμως, να εργαστούμε μόνο με τη δυσαριθμησία και τη αναριθμησία, την δυσκολία και την ανικανότητα στην κατανόηση μαθηματικών όρων αντίστοιχα, κυρίως λόγω της ευρύτητας του πεδίου αυτού. Σε αυτό μας βοήθησε και η μεγάλη αγάπη μας για τα μαθηματικά. Συνεπώς, εκπονήσαμε μια εργασία-κατασκευή για την κατανόηση μαθηματικών εννοιών με πολυαισθητηριακή προσέγγιση (οπτικό/ακουστικό/κιναισθητικό στοιχείο). Επιπλέον κίνητρο για να υλοποιηθεί αυτή η εργασία ήταν ο μικρός αριθμός εκπαιδευτικών λογισμικών και κατασκευών που υπάρχουν, τουλάχιστον στην ελληνική γλώσσα, σχετικά με το εξελισσόμενο ερευνητικό πεδίο της ειδικής αγωγής και συγκεκριμένα των μαθησιακών δυσκολιών και των πολλαπλών αναπαραστάσεων. Η έγκαιρη παροχή ειδικά σχεδιασμένης παρεμβατικής διδασκαλίας στα παιδιά με τέτοιες ιδιαιτερότητες συνιστά τον πιο αποτελεσματικό τρόπο αντιμετώπισης μαθησιακών δυσκολιών σε καίρια γνωστικά αντικείμενα. Αυτό ακριβώς φιλοδοξεί η εργασία μας.”*

Η αναφερόμενη έρευνα αποτέλεσε την έμπνευση για την αρχική εργασία Logilearn, η οποία είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο εκμάθησης βασικών εννοιών της μαθηματικής λογικής. Σε συνδυασμό με την εφαρμογή στο κινητό, επιτρέπει τη διερεύνηση του

κόσμου των μαθηματικών με διαδραστικό τρόπο, ειδικά για παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες. Ωστόσο, υπάρχουν αρκετά χαρακτηριστικά της εργασίας που περιορίζουν το πεδίο εφαρμογής της.

Συγκεκριμένα, η επιλογή της αλληλεπίδρασης μεταξύ της εφαρμογής στο κινητό και του Arduino ως μοναδικού τρόπου επικοινωνίας περιορίζει τον αριθμό των χρηστών σε έναν ή δύο. Επιπλέον, η εξάρτηση από τη σύνδεση Bluetooth προκαλεί καθυστερήσεις στη μετάβαση από τον έναν χρήστη στον άλλον.

Επίσης, η εργασία μπορεί να απεικονίσει μόνο τη σύζευξη μεταξύ δύο λογικών προτάσεων, δηλαδή τον λογικό τελεστή 'AND'. Παρ' όλα αυτά, χάρη στην κατασκευή του συστήματος μπαρών, που βασίζονται σε σερβοκινητήρες, υπάρχει δυνατότητα επέκτασης σε άλλους λογικούς τελεστές όπως 'OR' και 'NOT', με τις κατάλληλες προσαρμογές.

Ακόμη, η λειτουργία της εφαρμογής Logilearn μέχρι στιγμής εξαρτάται από έτοιμους μαθηματικούς ισχυρισμούς (π.χ. ανισότητες). Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης δεν μπορεί να εισάγει δικούς του ισχυρισμούς, με αποτέλεσμα να μειώνεται η διαδραστικότητα και η διασκέδαση, ενώ η εργασία παραμένει μια απλοϊκή απεικόνιση μιας σχετικά εύκολης μαθηματικής έννοιας. Ωστόσο, η ενσωμάτωση τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης, όπως το πρόγραμμα ChatGPT[3], προσφέρει ενδιαφέρουσες προοπτικές και διευρύνει σημαντικά το πεδίο εφαρμογής της εργασίας. Με την κατάλληλη ενσωμάτωση τέτοιων 'έξυπνων' εργαλείων στην εφαρμογή Logilearn, οι χρήστες θα μπορούν να εισάγουν τους δικούς τους συλλογισμούς, ενώ η αξιολόγηση της ισχύος των επιμέρους λογικών προτάσεων θα γίνεται από μεγάλα γλωσσικά μοντέλα (LLM), μετατρέποντας το Logilearn σε ένα γενικό εργαλείο εκμάθησης λογικής.

## 2 Αλλαγές στην κατασκευή

Η αρχική εργασία Logilearn περιλαμβάνει ένα τρένο το οποίο παραμένει ακίνητο, καθώς μπροστά του βρίσκονται δύο κατεβασμένες μπάρες, οι οποίες ελέγχονται από σερβοκινητήρες. Στόχος του χρήστη είναι να ανεβάσει και τις δύο μπάρες ώστε το τρένο να μπορέσει να διέλθει. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της εφαρμογής Logilearn.

Στην εφαρμογή, ο χρήστης καλείται να επιλέξει ανάμεσα σε διάφορες λογικές προτάσεις που προκύπτουν από τη λογική σύνδεση δύο προτάσεων, έστω  $p$  και  $q$ . Αν η  $p$  είναι αληθής, τότε η πρώτη μπάρα ανεβαίνει· αν είναι ψευδής, κατεβαίνει. Η δεύτερη μπάρα αντιδρά ομοίως, ανάλογα με την ορθότητα της  $q$ .

Δεδομένου ότι και οι δύο μπάρες πρέπει να είναι ανεβασμένες για να περάσει το τρένο, είναι προφανές πως η μόνη λογική σχέση μεταξύ των  $p$  και  $q$  που επιτρέπει τη διέλευση του τρένου, και άρα μπορεί να απεικονιστεί, είναι η σύζευξη.

Σε περίπτωση σύζευξης, για δύο λογικές προτάσεις  $p$  και  $q$  έχουμε:

$p$	$q$	$p \wedge q$
$T$	$T$	$T$
$T$	$F$	$F$
$F$	$T$	$F$
$F$	$F$	$F$

Στην αρχική εργασία Logilearn, το τρένο μπορούσε να περάσει μόνο όταν οι συνθήκες  $p$  και  $q$  ήταν ταυτόχρονα αληθείς.

Για να καταστεί δυνατή η απεικόνιση της διάζευξης, απαιτείται μια μικρή αλλαγή στη φυσική κατασκευή (Εικόνα 1). Κάτω από τη βάση κάθε μπάρας θα τοποθετηθεί ένας επιπλέον σερβοκινητήρας (base servo), ο οποίος θα μπορεί να περιστρέφει ολόκληρη τη μπάρα. Με αυτόν τον τρόπο, δίνεται η δυνατότητα απομάκρυνσης της μπάρας από τις γραμμές του τρένου, ακόμη και όταν αυτή είναι κατεβασμένη. Έτσι, κατά την απεικόνιση της διάζευξης, μπορεί να αποδοθεί με δημιουργικό τρόπο στον χρήστη πως, ακόμα και αν μία από τις δύο μπάρες είναι κατεβασμένη —δηλαδή μία λογική πρόταση είναι ψευδής, ενώ η άλλη αληθής— αυτό δεν επηρεάζει τη διέλευση του τρένου, όπως ακριβώς και η ψευδής πρόταση δεν επηρεάζει την ορθότητα της διάζευξης.

Σε περίπτωση διάζευξης, για δύο λογικές προτάσεις  $p$  και  $q$  έχουμε:

$p$	$q$	$p \vee q$
$T$	$T$	$T$
$T$	$F$	$T$
$F$	$T$	$T$
$F$	$F$	$F$

Η περίπτωση της άρνησης (λογικός τελεστής "NOT") δεν χρειάζεται να απεικονιστεί στη φυσική κατασκευή, καθώς αυτό μπορεί να γίνει απ' την εφαρμογή Logilearn στο laptop.

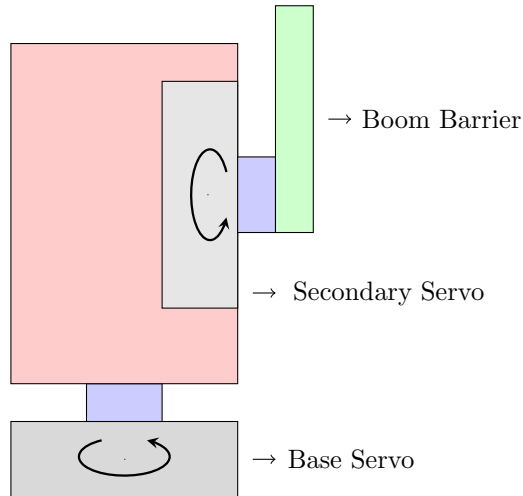


Figure 1: Σχέδιο του συστήματος μιας μπάρας

### 3 Αλλαγή στον κώδικα Arduino

Ο άξονας των αριθμών στη φυσική κατασκευή της αρχικής κατασκευής απ' την μπροστινή όψη φαίνεται ως εξής (Εικόνα 2). Αποτελείται από δύο λαμπάκια LED (τοποθετημένα στα σημεία  $P_1$  και  $P_2$ , και ταινίες LED, που φωτίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορέσουν να απεικονίσουν διάφορα διαστήματα. Οι ταινίες αυτές συμβολίζονται ως εξής: Η ταινία  $P_1P_3$  είναι η ταινία LED που βρίσκεται ανάμεσα στα σημεία  $P_1$  και  $P_3$ . Έτσι για να απεικονίσουμε το διάστημα  $[A, +\infty)$  θα φωτιστεί το λαμπάκι LED  $P_1$  και οι ταινίες  $P_1P_3$ ,  $P_3P_5$  και  $P_5P_6$ .

Η εφαρμογή Logilearn έστειλε στο Arduino της φυσικής κατασκευής ένα πίνακα επτά στοιχείων (Πίνακας 1).

1	1	1	1	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---

Table 1: Πίνακας Δεδομένων για Άξονα Αριθμών

Κάθε στοιχείο αντιστοιχεί σε ένα λαμπάκι ή ταινία LED και ανάλογα με τη τιμή του το Arduino ήλεγχε την λειτουργία των LED. Για τιμή 0, το λαμπάκι ή ταινία LED δεν φωτίζεται. Για τιμή 1, φωτίζεται. Η αντιστοίχιση είναι η εξής:

- Το στοιχείο [0] αντιστοιχεί στο λαμπάκι LED  $P_1$
- Το στοιχείο [1] αντιστοιχεί στο λαμπάκι LED  $P_2$
- Το στοιχείο [2] αντιστοιχεί στη ταινία LED  $P_1P_3$
- Το στοιχείο [3] αντιστοιχεί στη ταινία LED  $P_3P_5$
- Το στοιχείο [4] αντιστοιχεί στη ταινία LED  $P_2P_5$
- Το στοιχείο [5] αντιστοιχεί στη ταινία LED  $P_3P_4$
- Το στοιχείο [6] αντιστοιχεί στη ταινία LED  $P_5P_6$

Αυτός ο μηχανισμός θα διατηρηθεί και στο Logilearn v2. Όμως, ο πίνακας που ελέγχει τη λειτουργία των μπαρών και του τρένου θα πρέπει να τροποποιηθεί, καθώς τώρα προστίθενται στη φυσική κατασκευή δύο επιπλέον σερβοκινητήρες, οι οποίοι ελέγχουν την περιστροφή των μπαρών και στην κατακόρυφη διεύθυνση. Έτσι, ο νέος πίνακας δεδομένων (Πίνακας 2) θα αποτελείται από πέντε στοιχεία και η αντιστοίχιση θα είναι η εξής:

- Το στοιχείο [0] ελέγχει αν η πρώτη μπάρα είναι κατεβασμένη ή ανεβασμένη (για τιμή 1 είναι ανεβασμένη, για τιμή 0 δεν είναι)
- Το στοιχείο [1] ελέγχει αν η δεύτερη μπάρα είναι κατεβασμένη ή ανεβασμένη (για τιμή 1 είναι ανεβασμένη, για τιμή 0 δεν είναι)
- Το στοιχείο [2] ελέγχει αν η πρώτη μπάρα είναι απομακρυσμένη απ' τις γραμμές του τρένου ή όχι (για τιμή 1 είναι απομακρυσμένη, για τιμή 0 δεν είναι)

- Το στοιχείο [3] ελέγχει αν η δεύτερη μπάρα είναι απομακρυσμένη απ' τις γραμμές του τρένου ή όχι (για τιμή 1 είναι απομακρυσμένη, για τιμή 0 δεν είναι)
- Το στοιχείο [4] ελέγχει αν το τρένο διέρχεται ή όχι (για τιμή 1 διέρχεται, για τιμή 0 δεν διέρχεται)

0	1	1	0	1
---	---	---	---	---

Table 2: Πίνακας Δεδομένων για Άξονα Αριθμών

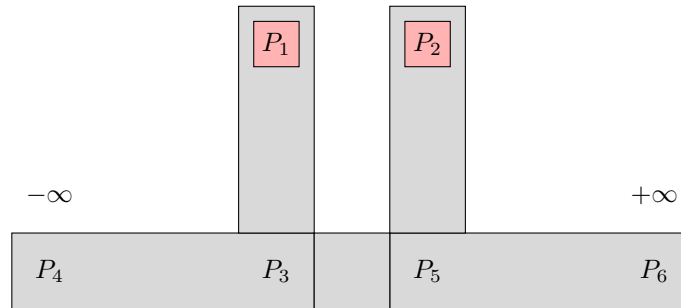


Figure 2: Μπροστινή όψη άξονα αριθμών

## 4 Η νέα εφαρμογή

Στην αρχική εργασία Logilearn, η εφαρμογή που συνδεόταν με το Arduino της φυσικής κατασκευής ήταν εφαρμογή Android. Αυτό έγινε για να προστεθεί μια νέα διάσταση στο έργο. Η εφαρμογή Android συνδεόταν με το Arduino μέσω του HC05 Bluetooth Module. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση παρουσίαζε αρκετά σφάλματα.

Πρώτον, η ταχύτητα μετάδοσης πληροφοριών μέσω της σύνδεσης Bluetooth ήταν αργή και συχνά η εφαρμογή αποσυνδεόταν από τη φυσική κατασκευή λόγω συνδεσιακών προβλημάτων με το HC05 Bluetooth Module. Αξίζει να σημειωθεί πως, ενώ το HC05 Bluetooth Module προσέθετε ενδιαφέρον στην κατασκευή, την έκανε επίσης πιο περίπλοκη από όσο ήταν απαραίτητο.

Επιπλέον, λόγω της χρήσης αυτού του module, μόνο ένας χρήστης μπορούσε να χρησιμοποιεί την εφαρμογή Logilearn κάθε φορά, και κατά συνέπεια να αλληλεπιδρά με τη φυσική κατασκευή.

Από την άλλη πλευρά, η ίδια η εφαρμογή ήταν απλοϊκή. Αν και η απεικόνιση του άξονα αριθμών ήταν ικανοποιητική, το λογικό μέρος της εργασίας ήταν περιορισμένο, καθώς για να κινηθεί το τρένο, ο χρήστης απλά έπρεπε να επιλέξει από ένα προκαθορισμένο σύνολο λογικών προτάσεων, οι οποίες ήταν όλες συζηκτικές.

Για την επίλυση αυτών των προβλημάτων, αποφασίστηκε ότι στο Logilearn v2 δεν θα υπάρχει εφαρμογή Android, αλλά πρόγραμμα υπολογιστή που θα συνδέεται με το Arduino μέσω καλωδίου USB. Έτσι, εξαλείφονται τα προβλήματα συνδεσιμότητας, ενώ ταυτόχρονα περισσότεροι χρήστες μπορούν να βρεθούν μπροστά στην ίδια οθόνη και να αλληλεπιδράσουν με τη φυσική κατασκευή.

Ακόμη, στο λογικό μέρος του προγράμματος, πλέον γίνεται χρήση τεχνητής νοημοσύνης, συγκεκριμένα ενός μεγάλου γλωσσικού μοντέλου (LLM). Επειδή η χρήση του ChatGPT δεν είναι δωρεάν, επιλέχθηκε το Arli AI, ένα μοντέλο που καλύπτει επαρκώς τις ανάγκες της εργασίας. Πλέον, ο χρήστης μπορεί να εισάγει δύο οποιουσδήποτε ισχυρισμούς,  $p$  και  $q$ , οι οποίοι ελέγχονται για την ορθότητά τους από το μοντέλο, με αποτέλεσμα οι μπάρες να ανεβαίνουν ή να κατεβαίνουν ανάλογα με την αξιολόγηση.

## 5 Τελική Εργασία

Η τελική εργασία βρίσκεται στο GitHub. Εκεί μπορείτε να βρείτε τον κώδικα Arduino που χρησιμοποιείται στη φυσική κατασκευή, τον κώδικα για το πρόγραμμα Logilearn, καθώς και τον εγκαταστάτη του προγράμματος. Επίσης, σε περίπτωση που έχουν γίνει αλλαγές στο API της Arli AI και χρειάστηκε να τροποποιηθεί ο κώδικας του προγράμματος, αυτές οι αλλαγές έχουν σημειωθεί στον παραπάνω σύνδεσμο.”

## References

- [1] Logilearn Project (2021), Nano Trojans, <https://getlogilearn.web.app/>
- [2] Robson, Colin. Students with disabilities, learning difficulties and disadvantages: Statistics and indicators. Vol. 2005. No. 17. OECD: Organisation for Economic Cooperation and Development, 2005.
- [3] OpenAI, et al. “GPT-4 Technical Report.” arXiv.Org, 4 Mar. 2024, doi.org/10.48550/arXiv.2303.08774.