



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής

Μελέτη και δημιουργία 3D εικονικού κόσμου για διδασκαλία αλγορίθμων

Θεόδωρος Μπάτσικας
A.M. 1058113

Επιβλέπουσα
Ελένη Βογιατζάκη

Πάτρα, 2024

© Copyright συγγραφής Θεόδωρος Μπάτσικας, 2024

© Copyright Θέματος Ελένη Βογιατζάκη

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών & Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πατρών δεν υποδηλώνει απαραιτήτως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Για τη θεία μου

Περίληψη

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στη δημιουργία ενός τρισδιάστατου (3D) εικονικού κόσμου για τη διδασκαλία αλγορίθμων, με στόχο να βελτιώσει τη μαθησιακή εμπειρία μέσω της οπτικοποίησης και της διαδραστικότητας. Το διαδραστικό αυτό περιβάλλον επιτρέπει στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με αλγορίθμους σε πραγματικό χρόνο, βοηθώντας τους να κατανοήσουν καλύτερα τις αφηρημένες έννοιες που συνήθως παρουσιάζονται στην επιστήμη των υπολογιστών. Στην εργασία παρουσιάζονται σημεία από τη θεωρία και τις μεθόδους διδασκαλίας των αλγορίθμων που ελήφθησαν υπόψη κατά τη δημιουργία του εικονικού κόσμου και του παιχνιδιού. Στη συνέχεια, εξετάζονται οι δυνατότητες των 3D εικονικών κόσμων για εκπαιδευτικούς σκοπούς, περιλαμβάνοντας παραδείγματα επιτυχημένων εφαρμογών. Ακολουθεί η ανάλυση και ο σχεδιασμός του 3D εικονικού κόσμου, περιγράφοντας την τεχνική υποδομή και τις σχεδιαστικές αποφάσεις, όπως η χρήση της πλατφόρμας Unity και η ανάπτυξη του REST API Server για τη διαχείριση των δεδομένων και των στατιστικών. Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του εκπαιδευτικού εργαλείου πραγματοποιήθηκε μέσω εμπειρικής μελέτης, όπου συλλέχθηκαν δεδομένα από τη χρήση του 3D εικονικού κόσμου από μαθητές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση του 3D περιβάλλοντος βελτίωσε την κατανόηση των αλγορίθμων και έκανε τη μάθηση πιο ελκυστική και ενδιαφέρουσα.

Abstract

This thesis focuses on the creation of a three-dimensional (3D) virtual world for teaching algorithms, aiming to improve the learning experience through visualization and interactivity. This interactive environment allows students to interact with algorithms in real time, helping them to better understand abstract concepts commonly presented in computer science. The thesis presents some interesting points from the theory and methods of teaching algorithms. The potential of 3D virtual worlds for educational purposes is then discussed, including examples of successful applications. This is followed by the analysis and design of the 3D virtual world, describing the technical infrastructure and design decisions, such as the use of the Unity platform and the development of the REST API Server for data and statistics management. The evaluation of the effectiveness of the educational tool was carried out through an empirical study, where data was collected from students' use of the 3D virtual world. The results showed that the use of the 3D environment improved the understanding of algorithms and made learning more engaging and interesting.

Περιεχόμενα

Λίστα εικόνων	iii
Λίστα πινάκων	vi
Συντομογραφίες	vii
Γλωσσάρι	viii
1 Εισαγωγή	1
1.1 Σκοπός της εργασίας	1
1.2 Συνεισφορά	1
1.3 Δομή της εργασίας	2
2 Διδασκαλία αλγορίθμων	4
2.1 Θεωρητικά θεμέλια της διδασκαλίας αλγορίθμων	4
2.2 Μέθοδοι διδασκαλίας αλγορίθμων	4
2.2.1 Παραδοσιακή διδασκαλία	4
2.2.2 Μάθηση βασισμένη σε παραδείγματα	5
2.2.3 Διδασκαλία μέσω έργων	7
2.2.4 Μάθηση μέσω συνεργασίας	7
2.2.5 Διαδραστική διδασκαλία	7
3 Εικονικοί κόσμοι & διδασκαλία αλγορίθμων	9
3.1 Εικονικοί κόσμοι	9
3.2 Εικονικοί κόσμοι για εκπαιδευτικούς σκοπούς	9
3.3 Διδασκαλία αλγορίθμων σε εικονικούς κόσμους	12
3.4 Πλατφόρμα Unity	12
3.4.1 Ιστορική αναδρομή	13
3.4.2 Τρέχουσες εκδόσεις	13
3.4.3 Υποστηρικτικές υπηρεσίες	13
3.4.4 Ανταγωνιστές	14
4 Ανάλυση & σχεδιασμός	15
4.1 Περιβάλλον υλοποίησης	15
4.1.1 Unity Editor	15
4.1.2 REST API Server	21
4.1.3 Διαχειριστικό εκπαιδευτικών	24
4.2 Σχεδιαστικές αποφάσεις	26
4.2.1 Η αρχική ιδέα	26
4.2.2 Το παιχνίδι σήμερα	27
4.3 Κόσμος - Αντικείμενα	31
4.3.1 Κουτιά τιμών	31
4.3.2 Παίκτης	32
4.4 Multiplayer	33
4.4.1 Παίκτες	33

4.4.2	Υπηρεσίες	33
4.4.3	Εξουσιοδότηση	36
4.4.4	Κοινόχρηστα δεδομένα	37
4.4.5	Διάγραμμα ακολουθίας σύνδεσης παίκτη	39
5	Μελέτη & αξιολόγηση	40
5.1	Μεθοδολογία	40
5.1.1	Απαραίτητα συστήματα	40
5.1.2	Διαδικασία μελέτης	41
5.1.3	Ερωτηματολόγιο	41
5.2	Αποτελέσματα	44
5.2.1	Δημογραφικά	44
5.2.2	Προϋπάρχουσες γνώσεις	45
5.2.3	Αλγόριθμοι	46
5.2.4	SUS	51
5.2.5	Εμπειρία χρηστών	52
5.2.6	Στατιστικά διαχειριστικού	54
5.3	Εξαγωγή δεδομένων	56
6	Συμπεράσματα & μελλοντικά βήματα	57
6.1	Συμπεράσματα	57
6.2	Μελλοντικά βήματα	58
Αναφορές		60
Παραρτήματα		64
Δομή βάσης δεδομένων	64	
Ερωτηματολόγιο	67	

Λίστα εικόνων

1	Παράδειγμα προσομοίωσης αλγορίθμου στο VisuAlgo	6
2	Παράδειγμα προσομοίωσης αλγορίθμου στο Sort Visualizer	6
3	Διδασκαλία μέσω έργου με τη δημιουργία χειροτεχνίας	7
4	Διαδραστική διδασκαλία με εκπαιδευτικό λογισμικό	8
5	Μάθημα <u>Maze Algorithms</u> στο Minecraft: Education Edition	10
6	Ο μαθητής αλληλεπιδρά με το περιβάλλον στο εκπαιδευτικό 3D VR περιβάλλον	11
7	Άσκηση αξιολόγησης στον αλγόριθμο A* στο εκπαιδευτικό σύστημα	11
8	To Unity Hub	15
9	To Unity Editor	16
10	Unity παράθυρο ειδικού σκοπού που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της συμπεριφοράς GameObject σε cutscene	17
11	Script ελέγχου του παίκτη με πεδία στο Unity Editor	20
12	ScriptableObject για τον έλεγχο του ήχου που παίζει όταν κάποιος παίκτης κάνει κλικ σε ένα κουμπί	21
13	Η σελίδα ρυθμίσεων των αλγορίθμων στο διαχειριστικό των εκπαιδευτικών	25
14	Η σελίδα στατιστικών στο διαχειριστικό των εκπαιδευτικών	25
15	Η οπτική του παίκτη στο παιχνίδι	27
16	Script ρυθμίσεων για τον αλγόριθμο του παιχνιδιού	28
17	Απόσπασμα κώδικα για τον έλεγχο της ορθότητας της κίνησης του παίκτη	29
18	Απόσπασμα κώδικα για την επιλογή του αλγορίθμου	29
19	Κώδικας υπολογισμού των κινήσεων για τον αλγόριθμο Bubble Sort	30
20	Το παιχνίδι σε καθοδηγούμενη λειτουργία	31
21	Οι τρεις καταστάσεις των κουτιών τιμών: άδειο (μωβ, null), γεμάτο (μωβ, αριθμός) και κλειδωμένο (κίτρινο, αριθμός)	31
22	Ο παίκτης στο παιχνίδι	32
23	Οι δύο παίκτες στο παιχνίδι	33
24	Ένα λόμπι με πολλούς παίκτες με χρήση του Unity Lobby	34
25	Το μενού δημιουργίας ή σύνδεσης στο παιχνίδι με χρήση του Unity Relay	35
26	Ο μοναδικός κωδικός που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση στον κόσμο στο μενού παύσης του παιχνιδιού	35
27	Κώδικας που πιστοποιεί ανώνυμα τον παίκτη μέσω της υπηρεσίας Unity Authentication	36
28	Κώδικας που επιτρέπει τη μή-ελεγχόμενη αποστολή της θέσης του παίκτη στο Server	37
29	Απόσπασμα κώδικα που δημιουργεί μία μεταβλητή δικτύου	38
30	Απόσπασμα κώδικα με συναρτήσεις RPC που εκτελούνται μόνο στον Server(επάνω) και σε όλους τους παίκτες(κάτω)	39
31	Διάγραμμα ακολουθίας σύνδεσης παικτών	39
32	Κατανομή συμμετεχόντων ανά φύλο	45
33	Κατανομή συμμετεχόντων ανά ηλικιακή ομάδα	45

34	Κατανομή συμμετεχόντων με βάση την προϋπάρχουσα εμπειρία αλγορίθμων	46
35	Κατανομή συμμετεχόντων με βάση την προϋπάρχουσα εμπειρία παιχνιδιών	46
36	Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποίησαν οι συμμετέχοντες	47
37	Κατανομή συμμετεχόντων με βάση τη γνώση του αλγορίθμου Bubble Sort	48
38	Αριθμός φορών που έπαιξαν το επίπεδο Guided για τον αλγόριθμο Bubble Sort	48
39	Αριθμός φορών που έπαιξαν το επίπεδο Time Trial για τον αλγόριθμο Bubble Sort	49
40	Κατανομή συμμετεχόντων με βάση τη γνώση του αλγορίθμου Selection Sort	50
41	Αριθμός φορών που έπαιξαν το επίπεδο Guided για τον αλγόριθμο Selection Sort	50
42	Αριθμός φορών που έπαιξαν το επίπεδο Time Trial για τον αλγόριθμο Selection Sort	51
43	Ικανοποίηση των συμμετεχόντων με την απόδοση τους	52
44	Ενδιαφέρον των συμμετεχόντων για το παιχνίδι	53
45	Αριθμός συμμετεχόντων που θα πρότειναν το παιχνίδι σε φίλους	53
46	Αριθμός συμμετεχόντων που θα έπαιζαν ξανά ένα παρόμοιο παιχνίδι	54
47	Στατιστικά διαχειριστικού	55
48	Υπολογισμός σκορ SUS	56
49	Σχεσιακό διάγραμμα της βάσης δεδομένων	66
50	Ροή του ερωτηματολογίου	67
51	Ερώτηση για το φύλο	67
52	Ερώτηση για την ηλικία	68
53	Ερώτηση για προηγούμενη εμπειρία με αλγόριθμους	68
54	Ερώτηση για την επεξήγηση της προηγούμενης εμπειρίας με αλγόριθμους	68
55	Ερώτηση για προηγούμενη εμπειρία με παιχνίδια	68
56	Ερώτηση για την επεξήγηση της προηγούμενης εμπειρίας με παιχνίδια	69
57	Ερώτηση για την επιλογή αλγορίθμου	69
58	Ερώτηση για τη γνώση του αλγορίθμου Bubble Sort	69
59	Ερώτηση για τον αριθμό των χρήσεων του Bubble Sort σε δυσκολία Guided	69
60	Ερώτηση για τον αριθμό των χρήσεων του Bubble Sort σε δυσκολία Time Trial	70
61	Ερώτηση για τη γνώση του αλγορίθμου Selection Sort	70
62	Ερώτηση για τον αριθμό των χρήσεων του Selection Sort σε δυσκολία Guided	70
63	Ερώτηση για τον αριθμό των χρήσεων του Selection Sort σε δυσκολία Time Trial	71
64	Ερώτηση SUS 1	71

65	Ερώτηση SUS 2	71
66	Ερώτηση SUS 3	71
67	Ερώτηση SUS 4	72
68	Ερώτηση SUS 5	72
69	Ερώτηση SUS 6	72
70	Ερώτηση SUS 7	72
71	Ερώτηση SUS 8	73
72	Ερώτηση SUS 9	73
73	Ερώτηση SUS 10	73
74	Ερώτηση για την ικανοποίηση από την απόδοση του παίκτη στο παιχνίδι	73
75	Ερώτηση για το ενδιαφέρον του παίκτη για το παιχνίδι	74
76	Ερώτηση για την πρόταση του παιχνιδιού σε φίλο	74
77	Ερώτηση για το αν ο παίκτης θα ήθελε να παίξει παρόμοιο παιχνίδι στο μέλλον	74

Λίστα πινάκων

1 Κλίμακα Βαθμολόγησης SUS 44

Συντομογραφίες

2D	Two Dimensional
3D	Three Dimensional
API	Application Programming Interface
AR	Augmented Reality
AWS	Amazon Web Services
CSV	Comma Separated Values
DOTS	Data-Oriented Technology Stack
ECS	Entity Component System
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
JIT	Just-In-Time
LTS	Long-Term Support
NoSQL	Not Only SQL
RDBMS	Relational Database Management System
REST	Representational State Transfer
RPC	Remote Procedure Call
SDK	Software Development Kit
SQL	Structured Query Language
SUS	System Usability Scale
VR	Virtual Reality

Γλωσσάρι

avatar	Εικονικός χαρακτήρας που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση του παίκτη
backend	Πίσω μέρος ενός συστήματος που ασχολείται με την επεξεργασία των δεδομένων
cheat code	Κωδικός που επιτρέπει πρόσβαση σε κρυφές λειτουργίες ενός παιχνιδιού
Client	Παίκτης που συνδέεται στο παιχνίδι και δεν είναι ο διακομιστής
context menu	Μενού περιβάλλοντος που εμφανίζεται όταν ο χρήστης κάνει δεξί κλικ πάνω σε ένα αντικείμενο
data pipeline	Αγωγός ροής δεδομένων
data storage bucket	Αποθηκευτικός χώρος στον οποίο μπορούν να αποθηκευτούν αρχεία
data warehouse	Αποθήκη μεγάλου όγκου δεδομένων
developer	Κατασκευαστής λογισμικού
Docker container	Εικονικό περιβάλλον που εκτελείται ανεξάρτητα από το λειτουργικό σύστημα του υπολογιστή
Docker image	Εικονικό περιβάλλον που περιέχει όλα τα απαραίτητα εργαλεία για την εκτέλεση ενός προγράμματος
endpoint	Σημείο πρόσβασης σε ένα σύστημα
framework	Σύνολο βιβλιοθηκών και εργαλείων που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη εφαρμογών
Host	Παίκτης που διαχειρίζεται το παιχνίδι και είναι ο ιδιοκτήτης του κόσμου
indie game	Παιχνίδι που αναπτύσσεται από μικρή ομάδα ανεξάρτητων προγραμματιστών
JavaScript runtime	Περιβάλλον εκτέλεσης JavaScript κώδικα
mobile game	Παιχνίδι που σχεδιάστηκε για να εκτελείται σε κινητές συσκευές

multiplayer	Παιχνίδι στο οποίο παίζουν περισσότεροι από ένας παίκτες
null	Τιμή που χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει την απουσία τιμής
open source	Λογισμικό του οποίου ο πηγαίος κώδικας είναι διαθέσιμος για το κοινό
photorealistic	Αναπαράσταση ενός αντικειμένου με τρόπο που μοιάζει με φωτογραφία
production environment	Περιβάλλον εκτέλεσης που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του τελικού προϊόντος
Q1	Πρώτο τρίμηνο του έτους
Q4	Τελευταίο τρίμηνο του έτους
rendering	Διαδικασία απεικόνισης ενός αντικειμένου σε μία οθόνη
repository	Αποθετήριο κώδικα που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και τη διαχείριση του πηγαίου κώδικα
script	Πρόγραμμα που εκτελείται από τον υπολογιστή
Server	Διακομιστής που διαχειρίζεται την επικοινωνία μεταξύ των παικτών
server	Διακομιστής
stateless	Χαρακτηριστικό του συστήματος που δεν αποθηκεύει κατάσταση
Tech Stream	Εκδόσεις του Unity Editor που προσφέρουν πρόσβαση σε όλες τις τελευταίες υπό εξέλιξη λειτουργίες και ενημερώσεις
time trial	Αγώνας κατά τον οποίο ο παίκτης προσπαθεί να ολοκληρώσει μία διαδικασία όσο πιο γρήγορα μπορεί

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και η δημιουργία ενός 3D εικονικού κόσμου για τη διδασκαλία αλγορίθμων. Η εργασία επικεντρώνεται στην ανάπτυξη ενός διαδραστικού περιβάλλοντος που θα ενισχύσει τη μαθησιακή εμπειρία των μαθητών μέσω της εικονικής αναπαράστασης αλγορίθμων. Αυτό το περιβάλλον θα επιτρέπει στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με τους αλγορίθμους, να πειραματίζονται και να κατανοούν καλύτερα τις έννοιες της πληροφορικής, προσφέροντας έτσι μια πιο βιωματική και εμπλουτισμένη μαθησιακή διδικασία.

Η διδασκαλία αλγορίθμων συχνά περιλαμβάνει αφηρημένες έννοιες και πολύπλοκες διαδικασίες, γεγονός που δυσκολεύει την κατανόηση από τους μαθητές μέσω των παραδοσιακών μεθόδων διδασκαλίας. Ο 3D εικονικός κόσμος επιτρέπει την οπτικοποίηση των αλγορίθμων, βοηθώντας τους μαθητές να κατανοήσουν τις αφηρημένες έννοιες μέσω της άμεσης αλληλεπίδρασης και της πρακτικής εφαρμογής. Οι μαθητές μπορούν να δουν τα αποτελέσματα των ενεργειών τους σε πραγματικό χρόνο, να πειραματιστούν με διαφορετικές προσεγγίσεις και να ενισχύσουν τη μαθησιακή τους εμπειρία.

Επιπλέον, το διαδραστικό στοιχείο κάνει τη μάθηση πιο ελκυστική και ενδιαφέρουσα, μετατρέποντας τη θεωρία σε πράξη. Το περιβάλλον προσαρμόζεται στις ανάγκες των μαθητών, επιτρέποντας την εξατομικευμένη μάθηση και την προσθήκη νέων αλγορίθμων και ασκήσεων από τους εκπαιδευτικούς. Αυτή η προσέγγιση καθιστά τη μάθηση των αλγορίθμων πιο προσβάσιμη, ευχάριστη και αποτελεσματική.

1.2 Συνεισφορά

Η συνεισφορά της παρούσας εργασίας εστιάζει σε δύο κύριους τομείς: την εκπαιδευτική τεχνολογία και την επιστήμη των υπολογιστών.

Πρώτον, η εργασία εισάγει έναν καινοτόμο τρόπο διδασκαλίας αλγορίθμων μέσω ενός 3D εικονικού κόσμου. Αυτό το περιβάλλον επιτρέπει στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με τους αλγορίθμους σε πραγματικό χρόνο, ενισχύοντας την κατανόηση και την πρακτική εφαρμογή των έννοιών των.

Δεύτερον, η εργασία παρέχει εμπειρικά δεδομένα και αξιολογήσεις για την αποτελεσματικότητα των εικονικών κόσμων στη διδασκαλία. Αυτά τα δεδομένα συμβάλλουν στην έρευνα για την εκπαιδευτική τεχνολογία και προσφέρουν χρήσιμες πληροφορίες για τη βελτίωση και την προσαρμογή τέτοιων εργαλείων.

Επιπλέον, η πλατφόρμα που αναπτύσσεται είναι ευέλικτη και επεκτάσιμη, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να προσθέτουν νέους αλγορίθμους και ασκήσεις, προσαρμόζοντας το εργαλείο στις ανάγκες των μαθητών. Συνολικά, η εργασία αυτή συμβάλλει στην προώθηση και την εξέλιξη της διδασκαλίας των αλγορίθμων μέσω της χρήσης καινοτόμων τεχνολογιών.

1.3 Δομή της εργασίας

Η εργασία είναι οργανωμένη σε έξι κύρια κεφάλαια, τα οποία καλύπτουν τη θεωρία, την υλοποίηση και την αξιολόγηση του 3D εικονικού κόσμου για τη διδασκαλία αλγορίθμων.

- **Κεφάλαιο 2, Διδασκαλία αλγορίθμων:** Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει τις βασικές πτυχές της διδασκαλίας αλγορίθμων, συμπεριλαμβανομένων της θεωρίας, της ανάλυσης, της σχεδίασης και των κλασικών αλγορίθμων. Αναφέρονται μέθοδοι διδασκαλίας που χρησιμοποιούνται για την κατανόηση και την εφαρμογή των αλγορίθμων, θέτοντας τις θεωρητικές βάσεις για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού εργαλείου.
- **Κεφάλαιο 3, Εικονικοί κόσμοι & διδασκαλία αλγορίθμων:** Εξετάζονται οι εικονικοί κόσμοι καθώς και οι δυνατότητες τους για εκπαιδευτικούς σκοπούς, με έμφαση στη χρήση τους στη διδασκαλία των αλγορίθμων. Παρουσιάζονται παραδείγματα επιτυχημένων εφαρμογών και οι τρόποι με τους οποίους οι εικονικοί κόσμοι μπορούν να βελτιώσουν τη μαθησιακή εμπειρία μέσω της αλληλεπίδρασης και της οπτικοποίησης.
- **Κεφάλαιο 4, Ανάλυση & σχεδιασμός:** Περιγράφεται το περιβάλλον υλοποίησης και οι σχεδιαστικές αποφάσεις που ελήφθησαν κατά την ανάπτυξη του 3D εικονικού κόσμου. Αναλύεται η τεχνική υποδομή, οι απαιτούμενες λειτουργίες και τα χαρακτηριστικά του εργαλείου, καθώς και οι επιλογές σχεδιασμού που έγιναν για να εξυπηρετήσουν καλύτερα τους εκπαιδευτικούς στόχους.
- **Κεφάλαιο 5, Μελέτη & αξιολόγηση:** Παρουσιάζονται η μεθοδολογία και τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του εκπαιδευτικού εργαλείου μέσω εμπειρικής μελέτης. Αξιολογείται η αποτελεσματικότητα του 3D εικονικού κόσμου στην κατανόηση και την εκμάθηση αλγορίθμων από τους μαθητές, και αναλύονται τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για να προσδιοριστούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της προσέγγισης.
- **Κεφάλαιο 6, Συμπεράσματα & μελλοντικά βήματα:** Συνοψίζονται τα κύρια ευρήματα της εργασίας και προτείνονται κατευθύνσεις για μελλοντι-

κή έρευνα και ανάπτυξη. Παρουσιάζονται οι δυνατότητες βελτίωσης του εκπαιδευτικού εργαλείου και οι προοπτικές για περαιτέρω επέκταση της χρήσης των 3D εικονικών κόσμων στην εκπαίδευση.

Αυτή η δομή επιδιώκει να παρέχει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στη δημιουργία, την αξιολόγηση και τη βελτίωση ενός καινοτόμου εκπαιδευτικού εργαλείου, συμβάλλοντας σημαντικά τόσο στην εκπαιδευτική τεχνολογία όσο και στην επιστήμη των υπολογιστών.

Κεφάλαιο 2

Διδασκαλία αλγορίθμων

Η διδασκαλία των αλγορίθμων αποτελεί μία από τις πιο κρίσιμες πτυχές της εκπαίδευσης στην πληροφορική και στις επιστήμες των υπολογιστών. Η κατανόηση και η εφαρμογή των αλγορίθμων είναι θεμελιώδεις δεξιότητες που πρέπει να αποκτήσουν οι μαθητές για να επιτύχουν στην επίλυση προβλημάτων και στον προγραμματισμό. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα εξεταστούν οι βασικές θεωρητικές αρχές της διδασκαλίας αλγορίθμων, οι διάφορες μεθοδολογίες που έχουν αναπτυχθεί για αυτόν τον σκοπό, καθώς και οι τεχνολογίες που μπορούν να ενσωματωθούν για τη βελτίωση της μαθησιακής εμπειρίας.

2.1 Θεωρητικά θεμέλια της διδασκαλίας αλγορίθμων

Η επίλυση προβλημάτων είναι κεντρική στη διδασκαλία των αλγορίθμων. Οι Polya και Hayes έχουν προτείνει ότι η διαδικασία επίλυσης προβλημάτων περιλαμβάνει τέσσερα κύρια στάδια: την κατανόηση του προβλήματος, τον σχεδιασμό ενός πλάνου, την εφαρμογή του πλάνου και την ανασκόπηση του αποτελέσματος[1, 2]. Αυτά τα στάδια μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να αναπτύξουν μια συστηματική προσέγγιση στην επίλυση προβλημάτων και να κατανοήσουν βαθύτερα τη λογική πίσω από τους αλγορίθμους.

Οι αλγόριθμοι ορίζονται ως "κανόνες για τον υπολογισμό κάτι, ειδικά από μηχανές" και μπορούν να ακολουθηθούν σχεδόν αυτόματα από συστήματα όπως οι υπολογιστές[1]. Η διδασκαλία των αλγορίθμων απαιτεί την κατανόηση αυτών των κανόνων και την εφαρμογή τους σε διάφορα προβλήματα, από απλές μαθηματικές πράξεις έως πολύπλοκα προγραμματιστικά προβλήματα.

2.2 Μέθοδοι διδασκαλίας αλγορίθμων

Η διδασκαλία των αλγορίθμων μπορεί να προσεγγιστεί μέσω διαφόρων μεθόδων, κάθε μία από τις οποίες προσφέρει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και προκλήσεις.

2.2.1 Παραδοσιακή διδασκαλία

Η παραδοσιακή διδασκαλία περιλαμβάνει τη χρήση διαλέξεων και βιβλίων ως κύρια μέσα για τη διδασκαλία των βασικών εννοιών και τεχνικών των αλγορίθμων. Σε αυτή τη μέθοδο, οι εκπαιδευτικοί παρουσιάζουν το υλικό μέσα α-

πό διαλέξεις και οι μαθητές ενθαρρύνονται να διαβάζουν τα σχετικά βιβλία για να κατανοήσουν τις θεωρητικές έννοιες. Παρόλο που αυτή η μέθοδος είναι αποτελεσματική για την παράδοση μεγάλου όγκου πληροφορίας και την παρουσίαση των θεωρητικών θεμελίων, συχνά δεν παρέχει αρκετή διαδραστικότητα και πρακτική εφαρμογή, που είναι απαραίτητα για την πλήρη κατανόηση των αλγορίθμων[3].

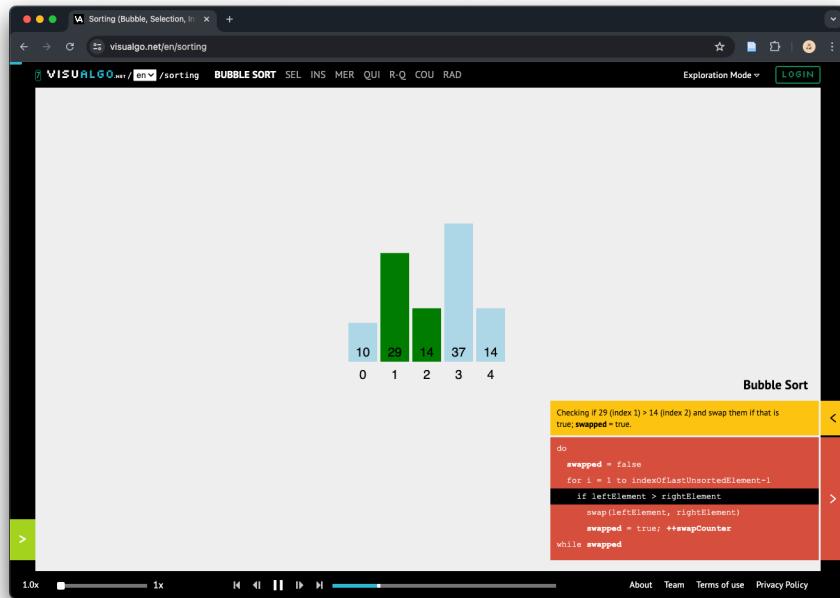
2.2.2 Μάθηση βασισμένη σε παραδείγματα

Η μάθηση βασισμένη σε παραδείγματα επικεντρώνεται στη χρήση παραδειγμάτων και ασκήσεων για τη διδασκαλία των αλγορίθμων. Σε αυτή τη μέθοδο, οι μαθητές διδάσκονται μέσω της παρουσίασης συγκεκριμένων παραδειγμάτων που δείχνουν την πρακτική εφαρμογή των αλγορίθμων. Τα παραδείγματα βοηθούν τους μαθητές να κατανοήσουν πώς να εφαρμόζουν τους αλγορίθμους σε πραγματικά προβλήματα και να αναπτύξουν δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Αυτή η μέθοδος είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για τη διευκρίνιση σύνθετων εννοιών και την ενίσχυση της πρακτικής κατανόησης[2].

Τα παραδείγματα αυτά πολλές φορές μπορούν να έχουν τη μορφή εκπαιδευτικών λογισμικών ή βίντεο. Τα εκπαιδευτικά λογισμικά προσφέρουν διαδραστικές ασκήσεις και παραδείγματα που βοηθούν τους μαθητές να κατανοήσουν τις βασικές αρχές των αλγορίθμων. Αυτά τα λογισμικά συχνά περιλαμβάνουν εργαλεία για την οπτικοποίηση των αλγορίθμων, επιτρέποντας στους μαθητές να βλέπουν βήμα προς βήμα την εκτέλεση του αλγορίθμου και να κατανοούν καλύτερα την εσωτερική λειτουργία του[3]. Τα μαθήματα με βίντεο παρέχουν μια οπτική και ακουστική προσέγγιση στη διδασκαλία των αλγορίθμων. Αυτή η μέθοδος μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για την επεξήγηση σύνθετων εννοιών και την παροχή παραδειγμάτων βήμα προς βήμα. Τα βίντεο επιτρέπουν στους μαθητές να παρακολουθούν την επίλυση προβλημάτων σε πραγματικό χρόνο και να επαναλαμβάνουν τα βήματα όποτε χρειάζεται[4].

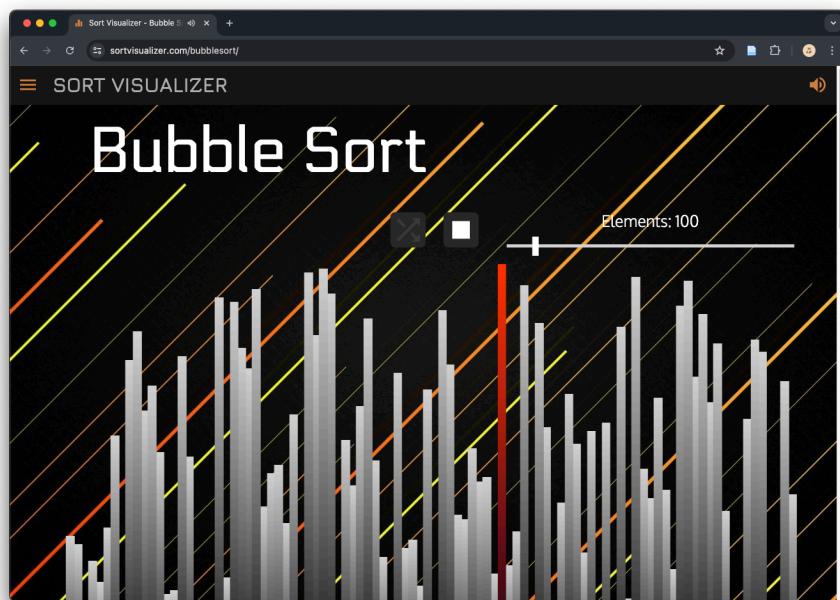
Υπάρχουν διάφορα λογισμικά τα οποία προσομοιώνουν αλγόριθμους. Μερικά από αυτά είναι:

- **VisuAlgo[5]:** Προσομοιώνει αλγόριθμους επιτρέποντας στον χρήστη να δει κάθε βήμα που ακολουθεί ο αλγόριθμος.



Εικόνα 1: Παράδειγμα προσομοίωσης αλγορίθμου στο VisuAlgo

- **Sort Visualizer[6]:** Προσφέρει ποικιλία αλγορίθμων και επιτρέπει την προσομοίωση με μεγάλο αριθμό τιμών για οπτικοποίηση του χρόνου που χρειάζεται κάθε αλγόριθμος να ολοκληρωθεί.



Εικόνα 2: Παράδειγμα προσομοίωσης αλγορίθμου στο Sort Visualizer

2.2.3 Διδασκαλία μέσω έργων

Η διδασκαλία μέσω έργων περιλαμβάνει την ανάθεση έργων στους μαθητές, τα οποία απαιτούν την εφαρμογή αλγορίθμων για την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων. Αυτή η προσέγγιση ενθαρρύνει την ενεργή μάθηση και την ανάπτυξη πρακτικών δεξιοτήτων προγραμματισμού. Οι μαθητές καλούνται να εργαστούν σε πραγματικά προβλήματα, χρησιμοποιώντας τους αλγορίθμους που έχουν μάθει, και να αναπτύξουν λύσεις. Η μέθοδος αυτή προωθεί την κριτική σκέψη, τη δημιουργικότητα και την ικανότητα εφαρμογής θεωρητικών γνώσεων σε πρακτικές καταστάσεις[1].

Ένα παράδειγμα της διδασκαλίας μέσω έργου είναι η εκτέλεση βημάτων μιας διαδικασίας, με σκοπό τη δημιουργία μιας χειροτεχνίας. Οι μαθητές κατά τη διάρκεια της διαδικασίας δεν καταλαβαίνουν πως αυτό που εκτελούν πραγματικά είναι βήματα ενός αλγορίθμου, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα την κατανόηση της λογικής σε βαθύ επίπεδο[4].

3. Ακολούθησε τις οδηγίες για να φτιάξεις τον δικό σου σελιδοδείκτη κοτούλα!!!

1. Κόψτε το πατρόν που βρίσκεται μπροστά σας



2. Κόψτε τα σκιασμένα τρίγωνα.



3. Τοποθετήστε το πατρόν πάνω στο καφέ χαρτόνι και αποτυπώστε το σχήμα γύρω-γύρω προσεκτικά

Εικόνα 3: Διδασκαλία μέσω έργου με τη δημιουργία χειροτεχνίας

2.2.4 Μάθηση μέσω συνεργασίας

Η μάθηση μέσω συνεργασίας περιλαμβάνει την εργασία των μαθητών σε ομάδες για την επίλυση προβλημάτων αλγορίθμων. Αυτή η μέθοδος ενθαρρύνει τη συνεργασία και την επικοινωνία μεταξύ των μαθητών, επιτρέποντάς τους να μοιράζονται ιδέες και να μαθαίνουν από τις εμπειρίες των άλλων. Η συνεργατική μάθηση μπορεί να βελτιώσει την κατανόηση των αλγορίθμων, καθώς οι μαθητές μπορούν να συζητήσουν και να εξηγήσουν τις έννοιες μεταξύ τους, ενισχύοντας έτσι τη συνολική μάθηση[2].

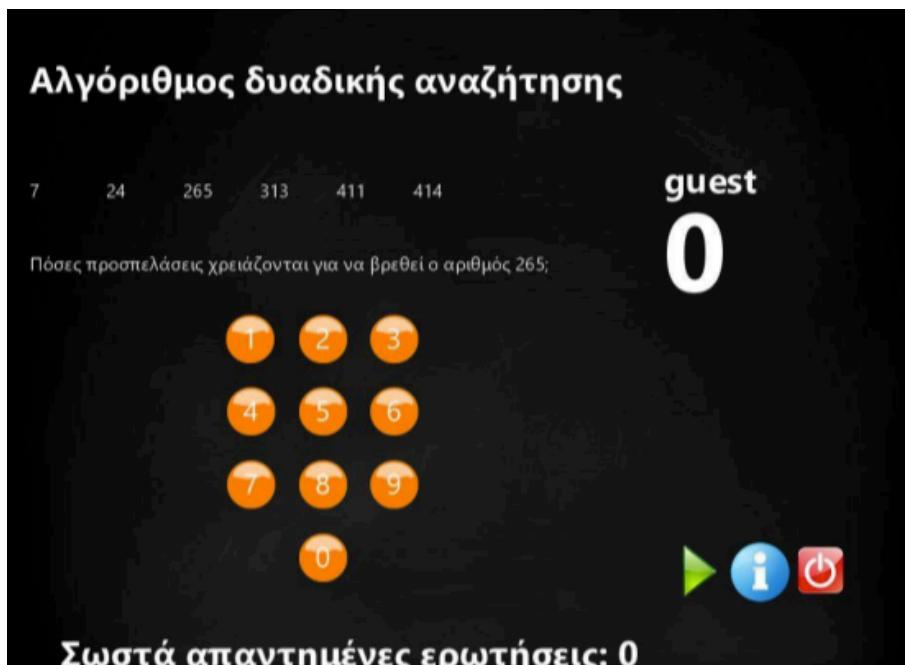
2.2.5 Διαδραστική διδασκαλία

Η διαδραστική διδασκαλία χρησιμοποιεί διαδραστικά εργαλεία και πλατφόρμες που επιτρέπουν στους μαθητές να πειραματιστούν με αλγορίθμους σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η μέθοδος μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση εκπαιδευτικών

παιχνιδιών, προσομοιώσεων και άλλων εργαλείων που κάνουν τη μάθηση πιο ελκυστική και αποδοτική. Οι μαθητές μπορούν να δοκιμάσουν διάφορες προσεγγίσεις, να δουν τα αποτελέσματα των ενεργειών τους και να αναπτύξουν μια βαθύτερη κατανόηση των αλγορίθμων μέσω της άμεσης αλληλεπίδρασης και του πειραματισμού[4].

Ένα από τα βασικότερα εργαλεία της διαδραστικής διδασκαλίας είναι οι προσομοιώσεις και τα παιχνίδια. Αυτά παρέχουν ένα διασκεδαστικό και διαδραστικό τρόπο για τη διδασκαλία των αλγορίθμων. Οι μαθητές μπορούν να πειραματιστούν με αλγορίθμους και να δουν τα αποτελέσματα των ενεργειών τους σε πραγματικό χρόνο. Οι προσομοιώσεις επιτρέπουν στους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων μέσω της πρακτικής εφαρμογής και της επανάληψης[2].

Ένα παράδειγμα εκπαιδευτικού λογισμικού είναι το "Παίζοντας με τους αλγόριθμους (Ταξινόμηση κι Αναζήτηση)", το οποίο κατασκευάστηκε ως βιοθητικό υλικό για εμβάθυνση στους αλγορίθμους που διδάσκονται στο μάθημα της Ανάπτυξης σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον της Τεχνολογικής Κατεύθυνσης της Γ' Λυκείου[3].



Εικόνα 4: Διαδραστική διδασκαλία με εκπαιδευτικό λογισμικό

Όπως φαίνεται στην εικόνα 4, ο εκπαιδευόμενος καλείται να βρει ένα στοιχείο κάθε φορά χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο δυαδικής αναζήτησης σε δέκα διαφορετικές περιπτώσεις, όπου οι πίνακες στοιχείων έχουν διαφορετικό μέγεθος κάθε φορά. Για κάθε σωστή απάντηση ο χρήστης κερδίζει δέκα βαθμούς, ενώ για κάθε λανθασμένη απάντηση χάνει πέντε. Επιπλέον, από το κάτω μέρος της οθόνης, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να δει τις οδηγίες χρήσης του παιχνιδιού[3].

Κεφάλαιο 3

Εικονικοί κόσμοι & διδασκαλία αλγορίθμων

3.1 Εικονικοί κόσμοι

Ένας εικονικός κόσμος είναι ένας κοινόχρηστος, προσομοιωμένος χώρος που κατοικείται και διαμορφώνεται από τους χρήστες του, οι οποίοι αντιπροσωπεύονται ως αναταρ. Τα αναταρ αυτά μεσολαβούν στην εμπειρία μας σε αυτόν τον χώρο καθώς κινούμαστε, αλληλεπιδρούμε με αντικείμενα και αλληλεπιδρούμε με άλλους χρήστες, με τους οποίους διαμορφώνουμε μια κοινή κατανόηση του κόσμου εκείνη τη στιγμή.

Οι εικονικοί κόσμοι διαφέρουν από τους φυσικούς ή υλικούς κόσμους ως προς τις εμπειρίες που προσφέρουν στους χρήστες, οι οποίες διευκολύνονται από συνδυασμό τεχνικών χαρακτηριστικών, με κυριότερο το αναταρ. Επίσης, χαρακτηρίζονται από τη δυνατότητα πολλαπλών ταυτόχρονων χρηστών που μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σε πραγματικό χρόνο και να διαμορφώνουν το περιβάλλον γύρω τους μέσω της δημιουργίας και της διαχείρισης περιεχομένου[7].

3.2 Εικονικοί κόσμοι για εκπαιδευτικούς σκοπούς

Οι εικονικοί κόσμοι έχουν αποδειχθεί εξαιρετικά χρήσιμοι για εκπαιδευτικούς σκοπούς λόγω της ικανότητάς τους να προσφέρουν μια εμβυθιστική και διαδραστική εμπειρία μάθησης. Η ενσωμάτωση των εικονικών κόσμων στην εκπαίδευση προσφέρει πλούσιες και καινοτόμες ευκαιρίες μάθησης, βελτιώνοντας τις μαθησιακές εμπειρίες και τις επιδόσεις των μαθητών. Μερικά από τα πλεονεκτήματα των εικονικών κόσμων είναι:

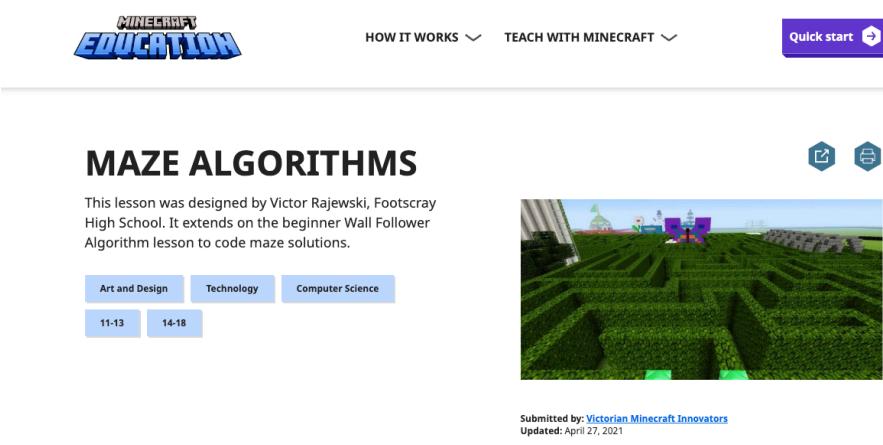
- **Ενίσχυση της μάθησης μέσω εμπειρίας:** Οι μαθητές μπορούν να βιώσουν καταστάσεις και φαινόμενα που θα ήταν δύσκολο ή αδύνατο να αναπαραχθούν στην πραγματική ζωή, όπως οι προσομοιώσεις φυσικών φαινομένων ή ιστορικών γεγονότων[8, 9].
- **Ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων:** Μέσω της αλληλεπίδρασης με άλλους χρήστες, οι μαθητές μαθαίνουν να συνεργάζονται και να επικοινωνούν αποτελεσματικά. Οι εικονικοί κόσμοι ενισχύουν τις δεξιότητες της ε-

πικοινωνίας, της συνεργασίας, της δημιουργικότητας και της κριτικής σκέψη[10, 11].

- **Ευελιξία στη μάθηση:** Οι εικονικοί κόσμοι μπορούν να προσαρμοστούν στις ανάγκες των μαθητών, επιτρέποντας εξατομικευμένη εκπαίδευση. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση επικίνδυνων ή αδύνατων καταστάσεων στην πραγματική ζωή, όπως η εκπαίδευση σε επικίνδυνες διαδικασίες[11].
- **Προσβασιμότητα:** Δυνατότητα συμμετοχής μαθητών από διαφορετικά γεωγραφικά σημεία, κάνοντας την εκπαίδευση πιο προσιτή και ενισχύοντας την πολιτιστική κατανόηση και την ενσυναίσθηση μέσω εικονικών ταξιδιών και εκθέσεων[8].

Κάποια παραδείγματα εικονικών κόσμων είναι:

- **Minecraft: Education Edition:** Αυτός ο δημοφιλής εικονικός κόσμος επιτρέπει στους μαθητές να δημιουργούν και να αλληλεπιδρούν σε ένα περιβάλλον που προάγει τη συνεργασία και την επίλυση προβλημάτων. Χρησιμοποιείται ευρέως για τη διδασκαλία διαφόρων θεμάτων, από την ιστορία έως την προγραμματιστική λογική[10].
- **Second Life:** Χρησιμοποιείται για τη διδασκαλία συγκεκριμένων επιστημονικών και τεχνικών δεξιοτήτων, όπως οι διαδικασίες αυτοψίας στην ιατροδικαστική παθολογία και η εκπαίδευση στη νοσηλευτική μέσω προσομοιώσεων[11].
- **Google Expeditions:** Επιτρέπει στους μαθητές να εξερευνήσουν εικονικά ταξίδια και προορισμούς, εμπλουτίζοντας τις γνώσεις τους σε διάφορα γνωστικά πεδία, όπως η γεωμετρία και η πολιτιστική εκπαίδευση[9].



Εικόνα 5: Μάθημα Maze Algorithms στο **Minecraft: Education Edition**

Η ομάδα του εργαστηρίου **Τεχνητής νοημοσύνης και ρομποτικής** έχει αναπτύξει στο παρελθόν διάφορα εργαλεία με καινοτόμες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις.

Μία από αυτές είναι ένα εκπαιδευτικό 3D VR περιβάλλον στο οποίο οι μαθητές αλληλεπιδρούν με 3D αντικείμενα, συμμετέχουν σε εικονικές τάξεις και παίρνουν μέρος σε κουίζ. Οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να αλληλεπιδράσουν με το περιβάλλον, λαμβάνοντας αποφάσεις βάσει των βημάτων του αλγορίθμου[12].



Εικόνα 6: Ο μαθητής αλληλεπιδρά με το περιβάλλον στο εκπαιδευτικό 3D VR περιβάλλον

Μία ακόμα προσέγγιση ήταν ένα εκπαιδευτικό σύστημα για τη μάθηση αλγορίθμων αναζήτησης και την αυτόματη αξιολόγηση της απόδοσης των μαθητών. Το σύστημα βασιζόταν στις αρχές της ενεργούς μάθησης και περιελάμβανε δραστηριότητες μάθησης όπως αλληλεπιδραστικές ασκήσεις και οπτικοποιήσεις αλγορίθμων[13].

Εικόνα 7: Άσκηση αξιολόγησης στον αλγόριθμο **A*** στο εκπαιδευτικό σύστημα

3.3 Διδασκαλία αλγορίθμων σε εικονικούς κόσμους

Η διδασκαλία αλγορίθμων σε εικονικούς κόσμους μπορεί να προσφέρει έναν καινοτόμο και αποδοτικό τρόπο για την κατανόηση και την εφαρμογή των θεμελιωδών εννοιών της πληροφορικής. Οι εικονικοί κόσμοι μπορούν να παρέχουν ένα διαδραστικό περιβάλλον όπου οι μαθητές μπορούν να πειραματιστούν με κώδικα, να δουν άμεσα τα αποτελέσματα των αλγορίθμων τους και να κατανοήσουν την επίδραση των αλλαγών που πραγματοποιούν.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα της διδασκαλίας αλγορίθμων σε εικονικούς κόσμους περιλαμβάνουν:

- **Διαδραστικότητα:** Οι μαθητές μπορούν να αλληλεπιδρούν με τα αντικείμενα του εικονικού κόσμου, επιτρέποντας την καλύτερη κατανόηση των εννοιών μέσω της πρακτικής εφαρμογής.
- **Άμεση ανάδραση:** Η δυνατότητα άμεσης παρατήρησης των αποτελεσμάτων των αλλαγών στον κώδικα βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα την ακολουθία των ενεργειών και την επίδρασή τους.
- **Οπτικοποίηση:** Οι αλγόριθμοι μπορούν να οπτικοποιηθούν με τρόπους που διευκολύνουν την κατανόηση. Για παράδειγμα, οι δομές δεδομένων μπορούν να απεικονιστούν με γραφικές παραστάσεις, και οι διεργασίες ταξινόμησης ή αναζήτησης μπορούν να παρουσιαστούν βήμα-βήμα.
- **Προσαρμογή και εξατομίκευση:** Οι εικονικοί κόσμοι μπορούν να προσαρμόζονται στις ανάγκες του κάθε μαθητή, παρέχοντας εξατομικευμένες ασκήσεις και προκλήσεις που αντιστοιχούν στο επίπεδο και τις δυνατότητες του κάθε ατόμου.
- **Συνεργασία:** Οι εικονικοί κόσμοι μπορούν να διευκολύνουν την συνεργασία μεταξύ των μαθητών, επιτρέποντας την από κοινού εργασία πάνω σε προβλήματα και την ανταλλαγή ιδεών.
- **Πρακτική εφαρμογή:** Οι μαθητές μπορούν να δημιουργούν και να δοκιμάζουν αλγορίθμους σε ρεαλιστικά σενάρια, ενισχύοντας την κατανόηση των εννοιών και της πρακτικής τους εφαρμογής[14, 15].

Για να εφαρμοστεί αποτελεσματικά η διδασκαλία αλγορίθμων σε εικονικούς κόσμους, είναι σημαντικό να υπάρχουν κατάλληλα εκπαιδευτικά εργαλεία και πλατφόρμες που να υποστηρίζουν αυτήν τη μέθοδο διδασκαλίας. Αυτά τα εργαλεία θα πρέπει να είναι προσβάσιμα, εύχρηστα και να παρέχουν επαρκή καθοδήγηση και υποστήριξη στους μαθητές.

3.4 Πλατφόρμα Unity

Η δημιουργία εικονικών κόσμων για εκπαιδευτικούς σκοπούς απαιτεί την επιλογή και χρήση εξειδικευμένων εργαλείων ανάπτυξης. Ένα από τα πιο δημοφιλή εργαλεία για τη δημιουργία εικονικών κόσμων είναι το Unity Engine.

3.4.1 Ιστορική αναδρομή

Το Unity Engine[16] είναι μια μηχανή παιχνιδιών από την Unity Technologies που κυκλοφόρησε για πρώτη φορά τον Ιούνιο του 2005. Χρησιμοποιείται ευρέως για τη δημιουργία δισδιάστατων (2D) και τρισδιάστατων (3D) εικονικών κόσμων, καθώς και για προσομοιώσεις και άλλες διαδραστικές εμπειρίες. Μία από τις βασικότερες πτυχές της μηχανής είναι η υποστήριξη ποικιλίας πλατφόρμων (επιτραπέζιων υπολογιστών, κινητών, κονσολών, AR, VR, κ.α.) κάτι το οποίο μπορεί να επιτευχθεί εύκολα, χωρίς να χρειαστεί να αλλάξει τίποτα στην υλοποίηση. Με την πάροδο του χρόνου, η μηχανή έγινε δημοφιλής μεταξύ developers indie games και mobile games λόγω της ευκολίας χρήσης και των ισχυρών εργαλείων ανάπτυξης που προσφέρει. Η ανάπτυξη εφαρμογών μέσω αυτής γίνεται με τη χρήση του Unity Editor[17, 18].

3.4.2 Τρέχουσες εκδόσεις

Από το 2017 και μετέπειτα[19] το Unity κυκλοφορεί δύο νέες εκδόσεις του Editor κάθε χρόνο, γνωστές ως εκδόσεις Tech Stream, καθώς και μια έκδοση LTS. Αυτές οι εκδόσεις κυκλοφορούν συνήθως στο πρώτο και το τελευταίο τρίμηνο κάθε έτους (Q1, Q4).

Οι εκδόσεις Tech Stream προσφέρουν πρόσβαση σε όλες τις τελευταίες υπό εξέλιξη λειτουργίες και ενημερώσεις. Αυτές προορίζονται για πρωτότυπα και πειραματισμό, πριν την δέσμευση σε πλήρη ανάπτυξη έργου.

Οι εκδόσεις LTS υποστηρίζονται για δύο χρόνια και παρέχουν τη μέγιστη σταθερότητα και πλήρη υποστήριξη για τη δημιουργία ενός έργου. Ενημερώνονται συχνά κατά τη διάρκεια του κύκλου υποστήριξης τους, με σκοπό τη βελτίωση της απόδοσης τους και την αντιμετώπιση τυχόν προβλημάτων που χρειάζονται διόρθωση[20].

3.4.3 Υποστηρικτικές υπηρεσίες

Η Unity Technologies παρέχει μια πλοθώρα υπηρεσιών εκτός του Unity Engine και το Unity Editor, οι οποίες υποστηρίζουν την ανάπτυξη παιχνιδιών, την εμπορευματοποίηση και την ανάπτυξη εφαρμογών. Αυτές οι υπηρεσίες καλύπτουν διάφορες ανάγκες των προγραμματιστών και ενσωματώνονται σε διάφορα στάδια της δημιουργικής διαδικασίας. Πολλές από αυτές επίσης δεν απαιτούν την υλοποίηση μέσω Unity Editor, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν από εξωτερικές εφαρμογές και παιχνίδια. Μερικές από αυτές είναι:

- **Unity Ads:** Αυτή η πλατφόρμα επιτρέπει την ενσωμάτωση διαφημίσεων στα παιχνίδια, δίνοντας τη δυνατότητα στους προγραμματιστές να έχουν άμεσα έσοδα[21].
- **Unity Analytics:** Παρέχει τρόπους για ανάλυση της απόδοσης του παιχνιδιού, καθώς και των συμπεριφορών των παικτών. Προσφέρει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο καθώς και γραφήματα στατιστικών[22].

- **Unity Cloud:** Υποστηρίζει την ανάπτυξη παιχνιδιών και εφαρμογών μέσω της παροχής υπηρεσιών που βελτιστοποιούν τη συνεργασία και την απόδοση της ομάδας, καθώς και μέσω υπηρεσιών για διανομή τους και υποστήριξη πολλαπλών παικτών[23].
- **Unity Multiplayer Services:** Είναι μέρος του Unity Cloud και προσφέρουν λύσεις για την ανάπτυξη πολυπαικτικών παιχνιδιών. Προσφέρουν hosting διακομιστών, Software Development Kit (SDK) για το Unity Engine, καθώς και υπηρεσίες για την κυκλοφορία και την εύρεση παικτών μέσω του δικτύου[24].

Οι παραπάνω είναι λίγες από τις υπηρεσίες που προσφέρει η Unity Technologies. Τα προβλήματα τα οποία αυτές λύνουν έχουν ταλαιπωρήσει τον κόσμο της ανάπτυξης παιχνιδιών εδώ και χρόνια, καθώς μειώνουν το χρόνο και τη προσπάθεια που απαιτείται για τη κατασκευή και διανομή του λογισμικού[25].

3.4.4 Ανταγωνιστές

Το Unity Engine είναι μία από πιο δημοφιλείς μηχανές παιχνιδιών, αλλά υπάρχουν αρκετές ανταγωνιστικές επιλογές που προσφέρουν ποικίλα χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα[26]. Οι δημοφιλέστερες από αυτές είναι:

- **Godot Engine[27]:** Open source και δωρεάν, η Godot Engine προσφέρει ευέλικτη αρχιτεκτονική και δυνατότητες για ανάπτυξη 2D και 3D παιχνιδιών. Αποτελεί πιθανώς τον κοντινότερο ανταγωνιστή για το Unity Engine, όσον αφορά τις δυνατότητες των μηχανών.
- **Unreal Engine[28]:** Γνωστή για τα γραφικά υψηλής ποιότητας και την ισχυρή κοινότητα προγραμματιστών, η Unreal Engine προσφέρει δυνατότητες όπως photorealistic rendering και ισχυρά εργαλεία scripting με τη χρήση των Blueprints.

Κεφάλαιο 4

Ανάλυση & σχεδιασμός

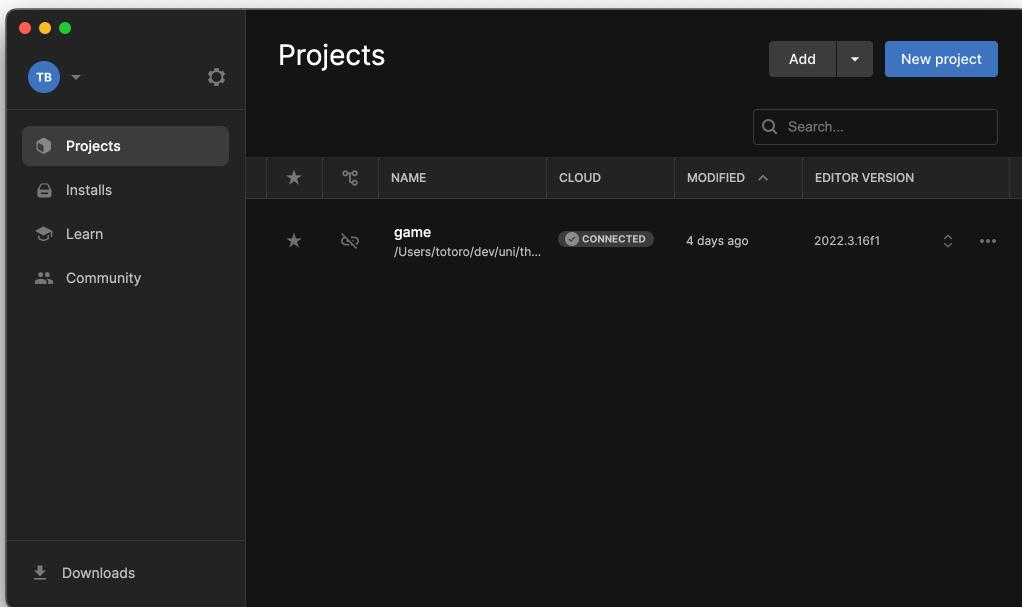
Ο κώδικας για την υλοποίηση όλων των συστημάτων που θα αναφερθούν, καθώς και ο κώδικας του κειμένου της εργασίας, μπορεί να βρεθεί στο GitHub repository[29].

4.1 Περιβάλλον υλοποίησης

4.1.1 Unity Editor

Εγκατάσταση

Η εγκατάσταση του Unity Editor γίνεται μέσω του Unity Hub, το οποίο είναι μια αυτόνομη εφαρμογή με σκοπό την πρόσβαση στο οικοσύστημα Unity. Το Hub προσφέρει εύκολη διαχείριση των Unity projects και των αδειών για τα Unity λογισμικά, καθώς και προσφέρει τη δυνατότητα εγκατάστασης πρόσθετων στοιχείων (add-ons) και πολλών εκδόσεων του Unity Editor.

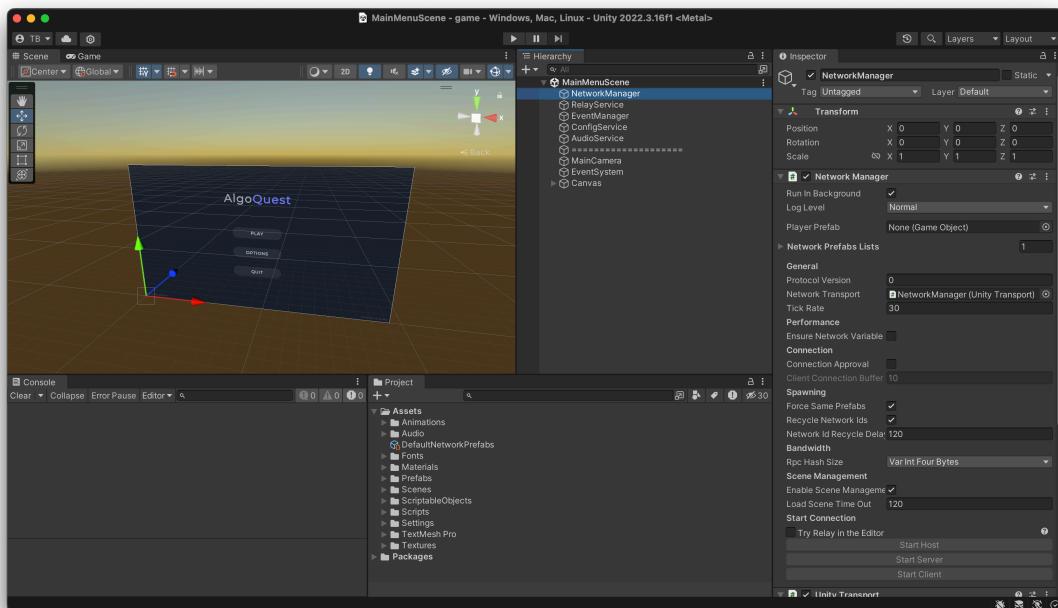


Εικόνα 8: Το Unity Hub

Για τη δημιουργία του παιχνιδιού επιλέχθηκε το Unity Editor 2022.3.16f1 διότι ήταν η τελευταία τότε έκδοση LTS.

Πρώτη ματιά

Το Unity Editor προσφέρει μία φιλική προς το χρήστη διεπαφή η οποία αποτελείται από πολλά παράθυρα με διάφορους σκοπούς τα οποία μπορούν να τοποθετηθούν και να αποσυνδεθούν κατά βούληση. Αυτό προσφέρει τη δυνατότητα στο κάθε χρήστη να τα τοποθετήσει όπως εκείνος επιθυμεί.



Εικόνα 9: Το Unity Editor

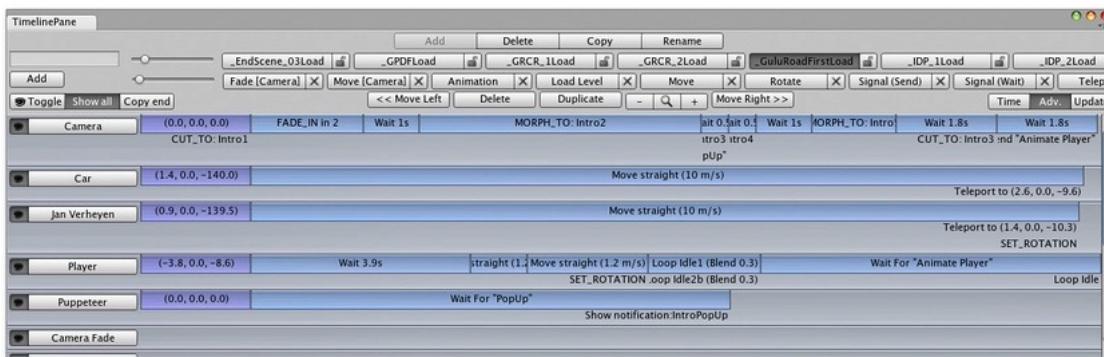
Τα παράθυρα που προσφέρει το Unity Editor είναι αρκετά για να καλύψουν κάθε ανάγκη που μπορεί να έχει κάποιος ο οποίος θέλει να κατασκευάσει ένα παιχνίδι χρησιμοποιώντας την εφαρμογή. Από αυτά τα βασικότερα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την κατασκευή αυτού του παιχνιδιού είναι τα εξής:

- **Hierarchy (Εικόνα 9 πάνω-κέντρο):** Το παράθυρο αυτό περιέχει μία ιεραρχική μορφή όλων των GameObjects που υπάρχουν στην επιλεγμένη σκηνή. Ο χρήστης μπορεί να μετακινήσει κάποιο GameObject σε οποιοδήποτε μέρος του δέντρου επιθυμεί.
- **Scene (Εικόνα 9 πάνω-αριστερά):** Αυτό είναι το παράθυρο τρισδιάστατης προβολής του κόσμου το οποίο μπορεί να χρησιμοποιήσει ο χρήστης για να μετακινηθεί, καθώς και να ελέγχει τον κόσμο και τα GameObjects που βρίσκονται μέσα σε αυτόν.
- **Inspector (Εικόνα 9 δεξιά):** Αναμφισβήτητα το πιο σημαντικό παράθυρο του Unity Editor, το Inspector εμφανίζει όλα τα Components του επιλεγμένου

vou GameObject. Με τη χρήση αυτών των components ο χρήστης μπορεί να διαχειριστεί την θέση του GameObject στον κόσμο, αλλά και την συμπεριφορά του σε αυτόν.

- **Console (Εικόνα 9 κάτω-αριστερά):** Σε αυτό το παράθυρο εμφανίζονται όλα τα logs της εφαρμογής κατά τη διάρκεια της κατασκευής, τα οποία μπορεί να είναι είτε λάθη που μπορεί να συμβούν στο παιχνίδι, είτε logs που ο ίδιος ο χρήστης έχει τοποθετήσει στον κώδικα του.
- **Project (Εικόνα 9 κάτω-κέντρο):** Εδώ εμφανίζονται όλα τα αρχεία που υπάρχουν στους φακέλους του project, είτε του ίδιου του χρήστη (φάκελος Assets) είτε του Unity και των πρόσθετων πακέτων που μπορεί να έχει κατεβάσει ο χρήστης (φάκελος Packages).

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να σημειωθεί πως το Unity Editor και τα παράθυρα του είναι μία συλλογή από scripts. Αυτό σημαίνει, πως εκτός από τη συνθισμένη χρήση των scripts που γράφει ένας χρήστης, τα οποία αφορούν την συμπεριφορά των GameObjects στον κόσμο, μπορεί κάποιος να γράψει scripts τα οποία δημιουργούν παράθυρα για κάποιο ειδικό σκοπό. Οι πιθανές χρήσεις τους μπορεί να είναι σχετικά απλές, όπως η δημιουργία παραθύρου για cheat codes ή αρκετά περίπλοκες, όπως για τον έλεγχο της συμπεριφοράς GameObject σε κάποιο cutscene όπως βλέπουμε στην εικόνα 10[30].



Εικόνα 10: Unity παράθυρο ειδικού σκοπού που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της συμπεριφοράς GameObject σε cutscene

Scenes

Η κατασκευή εφαρμογών στο Unity γίνεται με τη χρήση σκηνών (Scenes), όπου κάθε σκηνή είναι ένα ξεχωριστό επίπεδο ή περιβάλλον μέσα στο project. Σε αυτές τοποθετούνται διάφορα GameObjects όπως χαρακτήρες, φωτισμός και κάμερες τα οποία μπορούν να ρυθμιστούν και να αλληλεπιδρούν μέσα σε αυτές τις σκηνές.

Χρησιμεύουν επίσης ως δοχεία από GameObjects τα οποία κάνουν εύκολη την οργάνωση και σχεδίαση του κόσμου μιας εφαρμογής, καθώς μοιράζουν τον εικονικό κόσμο σε εύκολα διαχειρίσιμα τμήματα.

Λόγω της αρθρωτής φύσης τους, οι σκηνές διευκολύνουν τις ομαλές μεταβάσεις μεταξύ διαφορετικών τμημάτων μιας εφαρμογής, όπως η πλοήγηση από ένα μενού σε ένα περιβάλλον παιχνιδιού.

GameObjects

Το θεμελιώδες δομικό στοιχείο μιας εφαρμογής στο Unity, το GameObject, αντιπροσωπεύει μία οντότητα σε μία σκηνή. Κάθε στοιχείο σε μία σκηνή, είτε πρόκειται για χαρακτήρα, είτε για σκηνικό, είτε για περιβαλλοντικό χαρακτηριστικό, είναι μία περίπτωση ενός GameObject. Με διάφορους συνδυασμούς Components μπορούν να μετατραπούν σε οτιδήποτε, από ένα φόντο σε ένα μενού μέχρι έναν πολύπλοκο και διαδραστικό χαρακτήρα παίκτη.

Το Unity προσφέρει μια εναλλακτική λύση για υλοποίηση εφαρμογής αντί για GameObjects, το Entity Component System (ECS)[31], μέρος του Data-Oriented Technology Stack (DOTS) του Unity[32], το οποίο έχει μεγαλύτερο προσανατολισμό στην απόδοση. Τα Entities είναι ελαφριά δοχεία δεδομένων τα οποία διαχωρίζουν τα δεδομένα και τη συμπεριφορά ενός αντικειμένου, με σκοπό τη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας του χρόνου εκτέλεσης και την καλύτερη χρήση των επεξεργαστών με πολλαπλούς πυρήνες. Η χρήση τους, δυστυχώς, δεν είναι τόσο διαδεδομένη όσο των GameObjects με αποτέλεσμα να υπάρχουν λιγότεροι πόροι βιοήθειας, καθώς και χαμηλότερη υποστήριξη από την κοινότητα του Unity. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκαν τα GameObjects για αυτή την εφαρμογή.

Components

Τα Components είναι βασικά στοιχεία τα οποία τοποθετούνται σε GameObjects και καθορίζουν τη συμπεριφορά, την εμφάνιση και τη λειτουργικότητα τους. Είναι αυτά που δίνουν στα GameObjects τις ξεχωριστές τους ιδιότητες και δυνατότητες μέσα σε ένα Scene.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι Components που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα GameObjects, όπως:

- **Transform Components:** Κάθε GameObject περιλαμβάνει εξ ορισμού ένα Component Transform, το οποίο καθορίζει τη θέση, την περιστροφή και την κλίμακα του GameObject στο Scene.
- **Physical Components:** Περιλαμβάνουν Rigidbody και Colliders που επιτρέπουν αλληλεπιδράσεις βασισμένες στη φύση, όπως η βαρύτητα και οι συγκρούσεις.
- **Visual Components:** Μπορεί να είναι Mesh Renderer Components, τα οποία είναι υπεύθυνα για την εμφάνιση των μοντέλων των GameObjects, ή ακόμη και Light Components τα οποία επηρεάζουν τον φωτισμό και τις σκιές.
- **Audio Components:** Audio Source ή Audio Listener Components τα οποία

χρησιμοποιούνται για την αναπαραγωγή ήχων και τη διαχείριση του τρόπου με τον οποίο ο ήχος γίνεται αντιληπτός στο περιβάλλον.

- **Scripts:** Κώδικες γραμμένοι συνήθως σε C#[33], μπορούν να προστεθούν ως Components για τον έλεγχο της συμπεριφοράς των GameObject μέσω κώδικα.

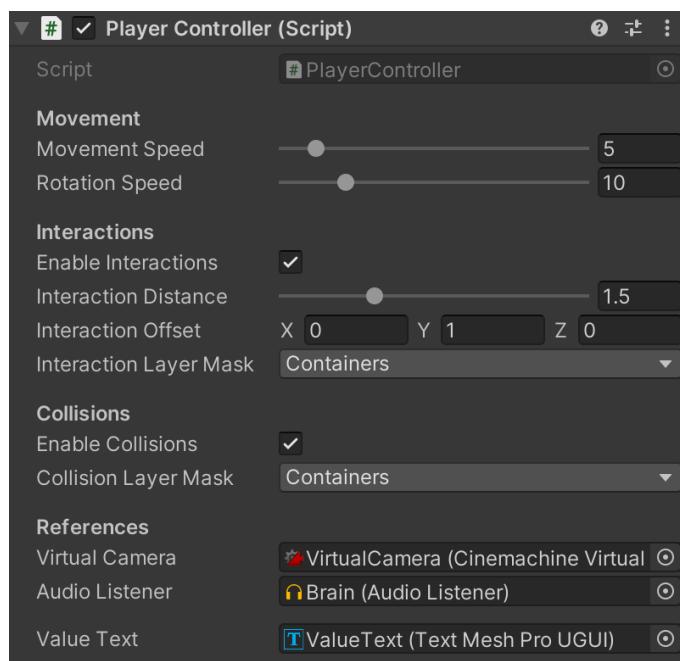
Scripts

Τα Script μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της εφαρμογής μέσω κώδικα. Συνήθως γραμμένα σε C#, μπορούν είτε να προστεθούν σε Components εφόσον κληρονομούν από την κλάση MonoBehaviour που παρέχει το Scripting API του Unity (ή την NetworkBehaviour εφόσον χρειάζεται λειτουργικότητα στο δίκτυο), είτε σαν δεδομένα που μπορούν να μοιράζονται μεταξύ πολλών Script, εφόσον κληρονομούν από την κλάση ScriptableObject, είτε να χρησιμοποιηθούν σαν απλά Scripts που προσφέρουν παραπάνω λειτουργικότητα σε άλλα Script, όπως το να επικοινωνούν με εξωτερικές υπηρεσίες.

Τα Scripts που κληρονομούν από την κλάση MonoBehaviour προσφέρουν τη δυνατότητα να επικοινωνούν με το Unity Editor και να διαχειρίζονται τη συμπεριφορά των GameObjects.

- **Event functions:** Συναρτήσεις συμβάντων που συμβαίνουν σε διαφορετικά στάδια της ζωής μιας εφαρμογής. Μερικές από αυτές είναι:
 - OnEnable() και OnDisable(): Καλούνται όταν το GameObject ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται αντίστοιχα.
 - Awake(): Καλείται όταν το GameObject δημιουργείται.
 - Start(): Καλείται πριν το πρώτο καρέ της εφαρμογής.
 - Update(): Καλείται κάθε καρέ της εφαρμογής.
- **Coroutines:** Είναι μέθοδοι οι οποίες μπορούν να διακόψουν την εκτέλεση του Script και να επιστρέψουν τον έλεγχο στο Unity, αλλά στη συνέχεια να συνεχίσουν από εκεί που σταμάτησαν σε επόμενα καρέ.
- **Physics events:** Μέθοδοι συμβάντων οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το χειρισμό της φυσικής και των συγκρούσεων. Οι βασικότερες από αυτές, OnCollisionEnter() και OnTriggerEnter(), ανταποκρίνονται στις αλληλεπιδράσεις της φυσικής αν το GameObject έχει κάποιο Collider Component.
- **Messaging system:** Η κλάση MonoBehaviour περιλαμβάνει ένα σύστημα μυνημάτων, το οποίο επιτρέπει σε Scripts να στέλνουν και να λαμβάνουν μηνύματα που μπορούν να καλέσουν μεθόδους. Συναρτήσεις όπως SendMessage() και BroadcastMessage() επιτρέπουν αυτή την επικοινωνία μεταξύ Scripts.

- **Lifecycle control:** Περιλαμβάνει μεθόδους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της ζωής του GameObject, όπως `Destroy()` η οποία καταστρέφει ένα GameObject από ένα Scene ή `OnDestroy()` που καλείται όταν το GameObject καταστρέφεται.
- **Editor control:** Scripts που κληρονομούν από την κλάση `MonoBehaviour` μπορούν να εμφανίσουν πεδία στο Unity Editor τα οποία αντιστοιχούν σε μεταβλητές μέσα στα αντίστοιχα Script. Αυτό επιτρέπει τον έλεγχο και τη ρύθμιση παραμέτρων του GameObject χωρίς να χρειάζεται να κτιστεί κάθε φορά το Script, καθώς και εύκολο έλεγχο του GameObject από άτομα τα οποία δεν έχουν γνώσεις σε γλώσσες προγραμματισμού.



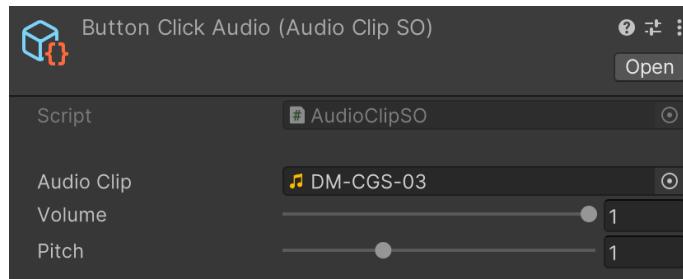
Εικόνα 11: Script ελέγχου του παίκτη με πεδία στο Unity Editor

Τα Scripts που κληρονομούν από την κλάση `ScriptableObject` επιτρέπουν στους χρήστες να δημιουργούν αντικείμενα τα οποία δεν χρειάζεται να είναι συνδεδεμένα με κάποιο GameObject. Παρέχουν ένα τρόπο αποθήκευσης δεδομένων ανεξάρτητο από Scenes ή GameObjects, προσφέροντας έτσι έναν εύκολο τρόπο διαχείρισης κοινών δεδομένων σε μία εφαρμογή.

Ένα ακόμη καλό των `ScriptableObject` είναι πως δημιουργούνται μέσω του context menu προσφέροντας έτσι έναν εύκολο τρόπο σε χρήστες που δεν έχουν γνώσεις στον προγραμματισμό να διαχειριστούν την εφαρμογή.

Συγχρόνως προσφέρουν οργάνωση και αποδοτικότητα καθώς αποθηκεύονται σε ένα σημείο και όχι σε κάθε GameObject οπότε μειώνουν τον χώρο αποθήκευσης που χρειάζεται κάποιος για την εφαρμογή, καθώς και προσφέρουν ένα κεντρικό σημείο από το οποίο μπορεί κάποιος να ρυθμίσει μεταβλητές της εφαρμογής. Αυτό μπορεί να συμβεί και κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού στο Unity

Editor, κάτι το οποίο δεν ισχύει για τις ρυθμίσεις πάνω σε ένα GameObject.



Εικόνα 12: ScriptableObject για τον έλεγχο του ήχου που παίζει όταν κάποιος παίκτης κάνει κλικ σε ένα κουμπί

4.1.2 REST API Server

Κατά τον σχεδιασμό του παιχνιδιού υπήρξε η ανάγκη να μπορεί ο εκπαιδευτικός με κάποιο τρόπο να συλλέξει δεδομένα και στατιστικά για την πρόοδο των παικτών σε αυτό, καθώς και να ρυθμίσει παραμέτρους του. Χρειάστηκε λοιπόν κάποια δομή αποθήκευσης δεδομένων η οποία θα βρισκόταν σε ένα κεντρικό σημείο με το οποίο θα μπορούσε να αλληλεπιδρά ο εκπαιδευτικός. Μία βάση δεδομένων είναι ο τέλειος υποψήφιος για αυτό που απαιτείται, αλλά ένα παιχνίδι Unity δεν έχει τη δυνατότητα να αλληλεπιδρά απευθείας με μια βάση δεδομένων.

Representational State Transfer Application Programming Interface, πιο γνωστό ως REST API[34] είναι ένα σύνολο κανόνων και πρωτοκόλλων με σκοπό τη δημιουργία και αλληλεπίδραση με διαδικτυακές υπηρεσίες. Επιτρέπουν σε διάφορα συστήματα λογισμικού να επικοινωνούν μέσω του διαδικτύου με τη χρήση μεθόδων HTTP όπως GET, POST και DELETE[35]. Είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να είναι stateless, δηλαδή κάθε αίτημα που εκτελεί ένας χρήστης περιέχει όλες τις πληροφορίες που χρειάζεται ο server για να το ικανοποιήσει.

Χρησιμοποιώντας τον συνδυασμό μιας βάσης δεδομένων και ενός REST API λοιπόν, μπορεί να δημιουργηθεί μία διεπαφή με την οποία θα επικοινωνούν όλοι οι παίκτες του παιχνιδιού. Αυτό δίνει πια τη δυνατότητα να αποθηκεύονται δεδομένα και στατιστικά για τις αλληλεπιδράσεις τους μέσα στον εικονικό κόσμο.

Βάση δεδομένων

Κατά την επιλογή βάσης δεδομένων, το πρώτο εμπόδιο που εμφανίστηκε ήταν ή επιλογή μεταξύ σχεσιακής (SQL[36]) ή μή (NoSQL[37]) βάσης. Παρότι τα δεδομένα τα οποία συνήθως αποθηκεύονται για ένα παιχνίδι είναι μη δομημένα, κάτι το οποίο ακούγεται πράγματι ιδανικό για μη-σχεσιακές βάσεις, στη περίπτωση αυτή τα δεδομένα εμφανίζονται πιο πολύ σε μορφή αρχείων καταγραφής από οτιδήποτε άλλο. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το ότι τα δεδομένα σε μία σχεσιακή βάση δεδομένων είναι πιο εύκολα κατανοητά από ανθρώπους, οδήγησε στην επιλογή SQL βάσης.

Το επόμενο βήμα ήταν η επιλογή συστήματος διαχείρισης σχεσιακών βάσεων Relational Database Management System (RDBMS), και στο σταυροδρόμι αυτό οι επιλογές που εμφανίστηκαν ήταν η MySQL[38] και η PostgreSQL[39]. Παρότι η MySQL χρησιμοποιείται ευρέως και θεωρείται από τα καλύτερα συστήματα, οι περισσότερες επιλογές τύπων δεδομένων της PostgreSQL, μαζί με την καλύτερη απόδοση σε εγγραφές, καθώς και το γεγονός πως είναι η επιλογή που προτιμούν οι επαγγελματίες[40], οδήγησε στην επιλογή της. Καθώς ο αριθμός των παικτών που θα δημιουργούν εγγραφές στη βάση είναι πολύ πιο μεγάλος από τους χρήστες που θα διαβάζουν τα δεδομένα της, ήταν σημαντική η επιλογή της PostgreSQL καθώς έχει καλύτερη απόδοση σε εγγραφές σε σχέση με τη MySQL.

Η εγκατάσταση της βάσης δεδομένων ήταν πιθανώς η πιο εύκολη διαδικασία, καθώς το Docker[41], μία πλατφόρμα που έχει σχεδιαστεί για την ανάπτυξη και την εκτέλεση εφαρμογών σε Docker containers, είναι το τέλειο εργαλείο για αυτή τη περίπτωση. Το Docker image της PostgreSQL που προσφέρει η ομάδα της, αναβαθμίζεται συχνά και είναι εγγυημένο πως θα λειτουργήσει σε κάθε σύστημα που μπορεί να εγκατασταθεί, αφού είναι συσκευασμένη μαζί με όλα τα παρελκόμενα που χρειάζεται.

API

Η κατασκευή του API αποτελεί βασικό μέρος του παιχνιδιού καθώς θα είναι η διεπαφή με την οποία θα επικοινωνεί το παιχνίδι, καθώς και οποιαδήποτε άλλη εξωτερική εφαρμογή επιθυμεί πρόσβαση στα δεδομένα της βάσης.

Η τεχνολογία REST API είναι αρκετά συχνή στις μέρες μας, καθώς χρησιμοποιείται από τις περισσότερες διαδικτυακές εφαρμογές και όχι μόνο. Είναι λοιπόν λογικό να υπάρχουν μέθοδοι υλοποίησης ενός REST API σε διάφορες πλατφόρμες και συστήματα. Από αυτές, ξεχωρίζει το Node.js[42], το δημοφιλέστερο JavaScript runtime για backend API. Είναι βασισμένο στη μηχανή V8 του Google Chrome[43] η οποία κάνει χρήση της τεχνικής JIT compilation, και μεταγλωτίζει τον κώδικα προτού τον εκτελέσει, προσφέροντας έτσι πολύ καλή απόδοση.

Η υλοποίηση ενός REST API με Node.js γίνεται συνήθως με τη χρήση Express, ενός μινιμαλιστικού framework γραμμένο για Node.js που έχει έμφαση στην ταχύτητα και την απλότητα του. Στη περίπτωση αυτή όμως, υπήρξε η ανάγκη να μπορεί ο εκπαιδευτικός να διαχειριστεί διάφορες παραμέτρους του παιχνιδιού καθώς και να δει στατιστικά από τους παίκτες. Αυτό είναι σαφώς εφικτό μέσω της βάσης δεδομένων, αλλά άμεση παρέμβαση στα δεδομένα είναι όχι μόνο επικίνδυνο, καθώς μπορούν να συμβούν ανθρώπινα λάθη, αλλά και αδύνατο, διότι η βάση δεδομένων θα είναι προσβάσιμη μόνο από συγκεκριμένα δίκτυα σε production environment. Η λύση λοιπόν παρουσιάστηκε σε μορφή εφαρμογής η οποία θα μπορεί να επικοινωνήσει άμεσα με το REST API.

Next.js από την Vercel[44], είναι ένα React[45] framework βασισμένο επάνω στο Node.js, το οποίο προσφέρει τη δυνατότητα υλοποίησης REST API και frontend εφαρμογής μαζί. Αυτό είναι κάτι πάρα πολύ χρήσιμο καθώς χρειάζεται συντή-

ρρηση του κώδικα σε ένα μόνο σημείο και γνώση μόνο μιας γλώσσας προγραμματισμού, οπότε και ήταν η πρώτη επιλογή για την υλοποίηση των υποστηρικτών εφαρμογών του παιχνιδιού.

Τα endpoints που υλοποιήθηκαν στο REST API είναι τα εξής:

- **POST /api/sessions:** Δημιουργεί ένα νέο session στη βάση και επιστρέφει τα δεδομένα του στο παιχνίδι για επόμενα requests.
- **GET /api/time-trials:** Επιστρέφει τα καλύτερα X σκορ, όπου X παράμετρος του αιτήματος. Τα σκορ επιλέγονται με βάση τον αριθμό των κουτιών καθώς και τον κινήσεων που χρειάζονται.
- **POST /api/container-interactions:** Δημιουργεί μία νέα εγγραφή στη βάση που καταγράφει την αλληλεπίδραση ενός παίκτη με ένα κουτί.
- **POST /api/logs:** Δημιουργεί μία νέα εγγραφή στη βάση που καταγράφει κινήσεις του παίκτη στην εφαρμογή.
- **GET /api/algorithms:** Επιστρέφει τις ρυθμίσεις των αλγορίθμων που υπάρχουν στη βάση. Για χρήση από τους εκπαιδευτικούς μέσω του διαχειριστικού.
- **POST /api/algorithms:** Δημιουργεί μία νέα εγγραφή με ρυθμίσεις για αλγόριθμο στη βάση. Για χρήση από τους εκπαιδευτικούς μέσω του διαχειριστικού.
- **PUT /api/algorithms:** Ανανεώνει τις ρυθμίσεις ενός αλγόριθμου στη βάση. Για χρήση από τους εκπαιδευτικούς μέσω του διαχειριστικού.
- **GET /api/algorithms/[type]:** Επιστρέφει τις ρυθμίσεις για έναν αλγόριθμο για χρήση από το παιχνίδι. Το παιχνίδι διαβάζει αυτές κατά την εκκίνηση ενός κόσμου και δημιουργεί τα κουτιά και τις τιμές αντίστοιχα.

Παραδοχές & πιθανές βελτιώσεις

Καθώς ο αριθμός των παράλληλων παικτών που αναμένεται να παίξει το παιχνίδι σε αυτή την εργασία δεν είναι πολύ μεγάλος, αποφασίστηκε, οι εγγραφές στην βάση να γίνονται απευθείας από το REST API. Αυτή η παραδοχή δεν είναι εφικτή σε production environment όπου ο αριθμός χρηστών θα είναι πολύ μεγαλύτερος, διότι η καθυστέρηση που θα υπήρχε μέχρι να ολοκληρώσουν οι παίκτες της εγγραφές τους στη βάση θα έδινε μία πολύ κακή εμπειρία χρήστη.

Την ίδια στιγμή, ο μεγαλύτερος όγκος δεδομένων στη βάση δεδομένων είναι από εγγραφές που καταγράφουν κινήσεις παικτών στο παιχνίδι, οι οποίες δεν χρησιμοποιούνται από την ίδια εφαρμογή, αλλά για συλλογή στατιστικών από τους εκπαιδευτές. Αυτό αυξάνει το κόστος και το χρόνο απόκρισης της βάσης δεδομένων χωρίς να έχει κάποιο αποτέλεσμα για τους παίκτες.

Μελλοντικά λοιπόν θα ήταν ιδανικό να υλοποιηθεί μία λύση για τα παραπάνω

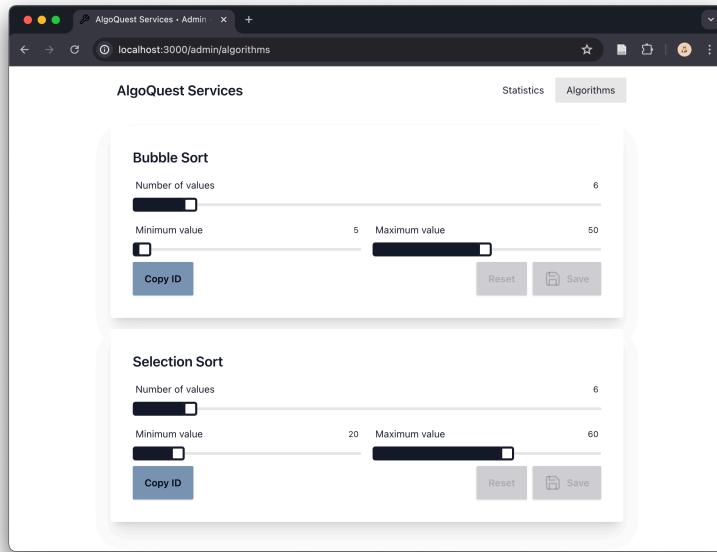
προβλήματα. Μία από αυτές θα ήταν ο συνδυασμός χρήσης ενός data storage bucket όπως ο S3 των Amazon Web Services (AWS)[46] μαζί με ένα data pipeline όπως το Firehose των AWS[47], τα οποία θα αποθηκεύουν τα δεδομένα σαν αντικείμενα στο data storage bucket, χωρίς να εμπλέκεται καθόλου η βάση δεδομένων. Για την μείωση του κόστους θα ήταν ιδανική επίσης η χρήση ενός data warehouse όπως το Snowflake[48], με πολύ χαμηλό κόστος εγγραφών σε σχέση με παραδοσιακές βάσεις δεδομένων που απαιτείται ταχύτητα. Τα δεδομένα από τον κουβά θα συλλέγονταν με κάποια χρονική καθυστέρηση και θα καταγράφονταν στην αποθήκη για χρήση από τους εκπαιδευτικούς.

Καθώς το παιχνίδι είναι μια εφαρμογή που θα εγκαθίσταται στον υπολογιστή των παικτών, η αποθήκευση κρυφών και προστατευμένων δεδομένων είναι δύσκολη. Αυτό σημαίνει πως η επικοινωνία του με το REST API θα πρέπει να γίνει χωρίς προστασία των αιτημάτων. Δυστυχώς αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μπορούν κακόβουλοι χρήστες να στέλνουν αιτήματα χωρίς να βρίσκονται μέσα στο παιχνίδι, κάτι που μπορεί πολύ εύκολα να προκαλέσει πρόβλημα στα συστήματα που χρησιμοποιούνται για το παιχνίδι.

Μελλοντικά θα ήταν ιδανικό να βρεθεί κάποια μέθοδος με την οποία το REST API θα δέχεται αιτήματα μόνο μέσω του παιχνιδιού και όχι από εξωτερικά συστήματα.

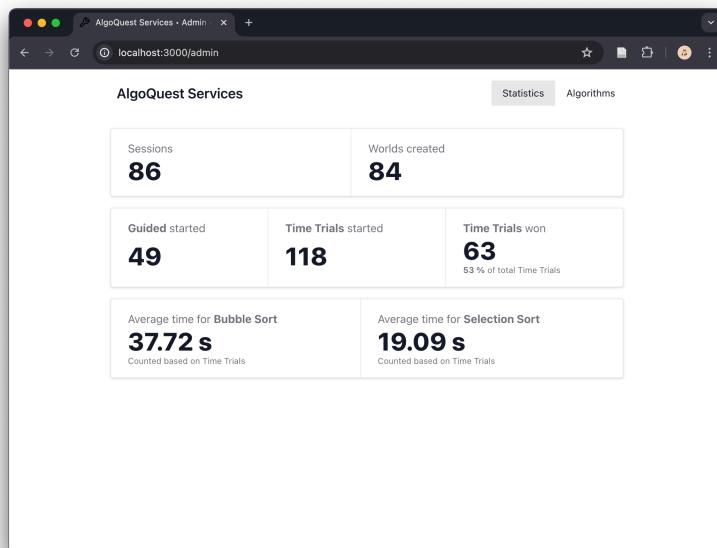
4.1.3 Διαχειριστικό εκπαιδευτικών

Με σκοπό την πιό εύκολη διαχείριση και ρύθμιση των βασικών σημείων του παιχνιδιού, καθώς και την προβολή στατιστικών, δημιουργήθηκε ένα βασικό διαχειριστικό στο οποίο έχουν πρόσβαση οι εκπαιδευτικοί. Αυτή η πλατφόρμα σερβίρεται από τον ίδιο server με τη βοήθεια του Next.js.



Εικόνα 13: Η σελίδα ρυθμίσεων των αλγορίθμων στο διαχειριστικό των εκπαιδευτικών

Ο εκπαιδευτικός έχει πρόσβαση στη σελίδα ρυθμίσεων των αλγορίθμων (Εικόνα 13), όπου έχει τη δυνατότητα να ρυθμίσει τις παραμέτρους των αλγορίθμων που εμφανίζονται μέσα στο παιχνίδι. Το παιχνίδι, κατά την εκκίνηση του, διαβάζει τις τιμές που έχει θέσει ο εκπαιδευτικός και εκτελεί τις διαδικασίες του με βάση αυτές.



Εικόνα 14: Η σελίδα στατιστικών στο διαχειριστικό των εκπαιδευτικών

Στη σελίδα στατιστικών (Εικόνα 14) ο εκπαιδευτικός μπορεί με μια γρήγορη ματιά να δει γενικές και ενδιαφέρον πληροφορίες για το παιχνίδι. Η σελίδα αυτή μπορεί να εμπλουτιστεί με διάφορων ειδών στατιστικά που μπορούν να συλλεχθούν από την βάση δεδομένων.

4.2 Σχεδιαστικές αποφάσεις

4.2.1 Η αρχική ιδέα

Ο στόχος του παιχνιδιού είναι να βοηθήσει νέους να εξοικειωθούν με τον τρόπο σκέψης που χρειάζεται ένας αλγόριθμος. Καθώς υπάρχουν αλγόριθμοι για διάφορες χρήσεις, επιλέχθηκε το παιχνίδι να εστιαστεί σε αλγόριθμους ταξινόμησης, διότι ποικίλουν σε πολυπλοκότητα, αλλά την ίδια στιγμή λύνουν ένα απλό καθημερινό πρόβλημα, την ταξινόμηση τιμών.

Ένα παιχνίδι, από τη φύση του, μπορεί να υπάρχει σε οποιαδήποτε μορφή και να είναι όσο πιο απλό, ή όσο πιο πολύπλοκο μπορεί κανείς να φανταστεί. Το γεγονός αυτό, καθιστά την ανάπτυξη ενός παιχνιδιού απολαυστική, καθώς το όριο είναι η φαντασία, αλλά συγχρόνως και δύσκολη, αφού δεν είναι εύκολο να σχεδιαστεί κάποια ροή παιχνιδιού με την οποία να είναι όλοι ικανοποιημένοι. Αυτό το εμπόδιο εμφανίστηκε και σε αυτό το παιχνίδι, καθώς το τελικό αποτέλεσμα προέκυψε ύστερα από πολλές διαφορετικές μορφές.

Η πρώτη ιδέα ήταν μία προσπάθεια να αναπαρασταθεί η μνήμη ενός υπολογιστή. Ακολουθώντας την δομή μιας μνήμης δεδομένων η οποία έχει διευθύνσεις, η ιδέα ήταν να υπάρχουν αριθμοί σε ακανονιστη σειρά, τοποθετημένοι μέσα σε σπίτια (κελιά μνήμης) με διευθύνσεις στην άκρη ενός δρόμου. Ο παίκτης θα έπρεπε, περπατώντας το δρόμο, να εισέλθει στα σπίτια και να μεταφέρει τις τιμές από το ένα σπίτι στο άλλο με βάση κάποιον προεπιλεγμένο αλγόριθμο ταξινόμησης. Αυτή η ιδέα τελικά εγκαταλείφθηκε διότι, ο χρόνος που ο παίκτης έπρεπε να ξοδέψει για να μεταβεί από το ένα σπίτι στο επόμενο ήταν πολύ μεγάλος, κάτιοποιο είναι κουραστικό για ένα παίκτη.

Η δεύτερη ιδέα βασίστηκε πάνω στη πραγματική συμπεριφορά ενός υπολογιστή και τις μεταφορές που συμβαίνουν από και προς μια μνήμη. Ο παίκτης θα βρισκόταν σε ένα κόσμο "μέσα" σε έναν υπολογιστή, και θα αναλάμβανε να μεταφέρει τις τιμές από ένα κελί μνήμης στον επεξεργαστή και πίσω. Θα ήταν δηλαδή ένα ηλεκτρικό σήμα που ακολουθούσε τις οδηγίες του επεξεργαστή. Προφανώς η διαδικασία ήταν αρκετά απλοποιημένη από την πραγματική, αλλά ακόμη και με τις απλοποιησεις κρίθηκε πως το παιχνίδι θα ήταν πολύ περίπλοκο, ειδικά για νέους που δεν γνωρίζουν βασικές πληροφορίες για τη λειτουργία ενός υπολογιστή.

Καθώς καμία από τις παραπάνω δεν ήταν αρκετά ικανοποιητική, μετά από επανασχεδιασμό, το παιχνίδι κατέληξε να έχει την τελική του μορφή.

4.2.2 Το παιχνίδι σήμερα

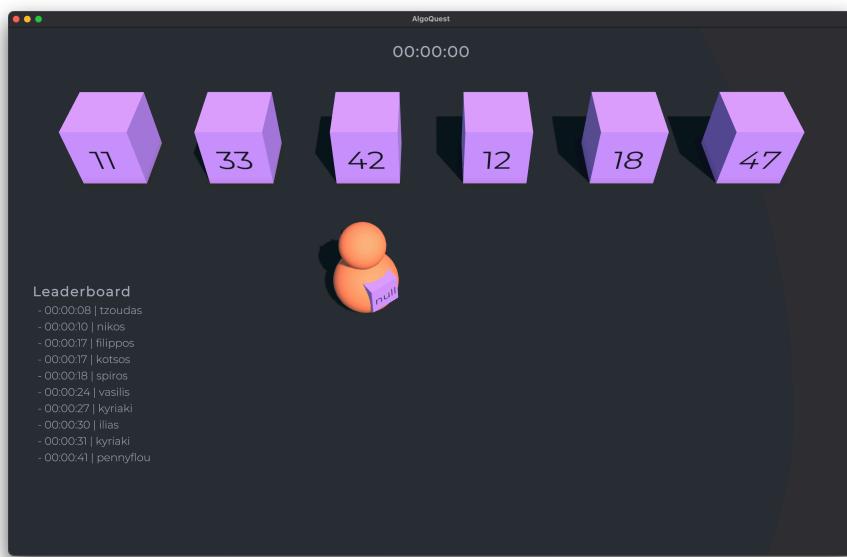
Μετά τον επανασχεδιασμό αποφασίστηκε η βασική ροή του παιχνιδιού να απλοποιηθεί αρκετά και να υπάρχουν άλλα υποστηρικτικά συστήματα να το κάνουν πιο ενδιαφέρον.

Δημιουργία τιμών

Η δημιουργία των κουτιών που περιέχουν τις τιμές συμβαίνει δυναμικά, με βάση τη ρυθμίσεις που υπάρχουν στη βάση δεδομένων. Σε αυτή έχει πρόσβαση ο εκπαιδευτικός και έχει τη δυνατότητα να ρυθμίσει τον αριθμό των κουτιών που δημιουργούνται, καθώς και τη μεγαλύτερη και μικρότερη τιμή που μπορούν να πάρουν. Οι ίδιες οι τιμές δημιουργούνται τυχαία με βάση αυτές τις παραμέτρους μέσα στο παιχνίδι όταν μπει ο παίκτης.

Βασική ροή

Αρχικά οι τιμές θα βρίσκονται μέσα σε κουτιά με τα οποία θα μπορεί ο παίκτης να αλληλεπιδράσει και να μετακινήσει τις τιμές. Ο στόχος είναι, ακολουθώντας έναν επιλεγμένο αλγόριθμο, να ταξινομήσει τις τιμές. Η λογική αυτή είναι παρόμοια με αυτή της αρχικής ιδέας, αλλά με αρκετά πιο γρήγορο ρυθμό.



Εικόνα 15: Η οπτική του παίκτη στο παιχνίδι

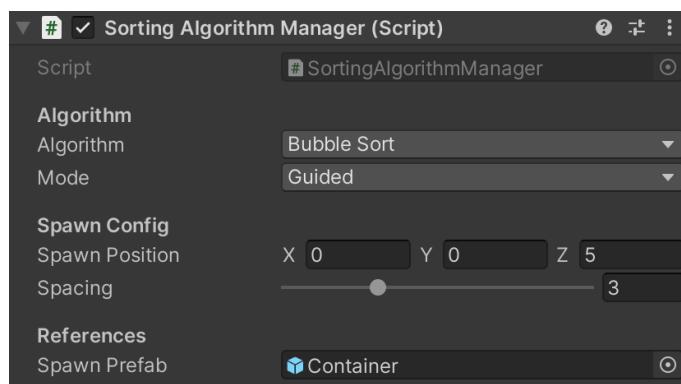
Καθώς όμως αυτή η ροή δεν είναι αρκετή για να κινήσει το ενδιαφέρον του παίκτη, υπήρξε το ερώτημα για το ποιά μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί, η οποία θα έκανε το παιχνίδι πιο ενδιαφέρον, χωρίς όμως αυξάνει την πολυπλοκότητα.

Η χρονομέτρηση μιας διαδικασίας ενάντια στο χρόνο υπάρχει για πάρα πολλά χρόνια και χρησιμοποιείται και στον αθλητισμό, αλλά και στα παιχνίδια, γνωστό ως *time trial*. Η ιδέα είναι απλή: ένας παίκτης προσπαθεί να εκτελέσει κάτι μέσα

σε ένα παιχνίδι όσο πιο γρήγορα μπορεί με σκοπό να εξασφαλίσει τον καλύτερο χρόνο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να προκαλέσει μία αίσθηση επείγοντος στον παίκτη καθώς μάχεται ενάντια σε άλλους παίκτες για τον καλύτερο χρόνο. Η χρήση ενός τέτοιου συστήματος για το παιχνίδι λοιπόν, θα έχει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Η ροή που θα πρέπει ο παίκτης να ακολουθήσει για να ταξινομήσει τις τιμές δεν αλλάζει, αλλά την ίδια στιγμή θα προσπαθεί να έχει τον καλύτερο χρόνο, κάτι το οποίο θα τον βυθίσει στο παιχνίδι και θα τον βοηθήσει να κατανοήσει αυτό που κάνει αλλά και να απολαύσει τη διαδικασία.

Αλγόριθμοι

Τα βήματα τα οποία πρέπει να πάρει ένας παίκτης για να ταξινομήσει τις τιμές αλλάζουν ανάλογα με τον επιλεγμένο αλγόριθμο. Καθώς η υλοποίηση ενός νέου Scene για κάθε αλγόριθμο με τις σωστές κινήσεις και συγκεκριμένους αριθμούς δεν ήταν κάτι θεμιτό, λόγο του φόρτου που θα χρειαζόταν για κάθε διαφορετικό αλγόριθμό, επιλέχθηκε να υλοποιηθεί ένα σύστημα το οποίο θα λειτουργούσε για κάθε αλγόριθμο ταξινόμησης. Αυτό το σύστημα είναι ένα Unity Script από το οποίο μπορεί ο χρήστης να επιλέξει έναν αλγόριθμο και το Script θα υπολογίσει τα σωστά βήματα για αυτόν.



Εικόνα 16: Script ρυθμίσεων για τον αλγόριθμο του παιχνιδιού

To Script αυτό δουλεύει ως εξής:

- Διαβάζει τις ρυθμίσεις που έχει θέσει ο εκπαιδευτικός για τον αλγόριθμο μέσω του διαχειριστικού (Κεφάλαιο 4.1.3).
- Υπολογίζει τη θέση που πρέπει να τοποθετηθούν τα κουτιά τιμών ανάλογα με τον αριθμό τιμών.
- Δημιουργεί τις τιμές τυχαία, λαμβάνοντας υπόψη τα άνω και κάτω όρια που έχει θέσει ο εκπαιδευτικός.
- Εκτελεί τον επιλεγμένο αλγόριθμο για τις δημιουργημένες τιμές και αποθηκεύει τα ζευγάρια αλλαγών τιμών που χρειάζεται για να είναι επιτυχής η διαδικασία.

- Δημιουργεί τα κουτιά με τις αρχικές τιμές.

Το ίδιο Script είναι αυτό το οποίο παρακολουθεί τις κινήσεις του παίκτη και τις αλλαγές που εκτελεί, και κρίνει εάν έκανε μία σωστή ή μία λάθος κίνηση.

The screenshot shows a Unity code editor window with a dark theme. At the top left are three colored circular icons (red, yellow, green). The title bar reads "AlgoQuest - SortingAlgorithmManager.cs". The code itself is:

```
1 var moveValid = IsMoveValid(index, newValue);
2
3 await LogContainerInteraction(sessionId, index, prevValue, newValue, moveValid);
4
5 if (!moveValid)
6 {
7     GameOverRpc();
8
9     _timer.Stop();
10
11    return;
12 }
13
14 var moveCorrect = IsMoveCorrect(index, newValue);
15 if (moveCorrect)
16 {
17     if (_firstContainerSwapSuccess)
18         await NextSwap();
19     else
20         _firstContainerSwapSuccess = true;
21
22    return;
23 }
```

Εικόνα 17: Απόσπασμα κώδικα για τον έλεγχο της ορθότητας της κίνησης του παίκτη

Η διαδικασία εκτέλεσης του αλγορίθμου, για κάθε επιλεγμένο αλγόριθμο προσφέρει το προνόμιο πως για να προστεθεί ένας νέος αλγόριθμος αρκεί κάποιος να υλοποιήσει τον πραγματικό αλγόριθμο ο οποίος απλώς θα ταξινομεί τιμές. Η υπόλοιπη διαδικασία είναι αυτόνομη και απλώς περιμένει μία λίστα από ζευγάρια αλλαγών τιμών (θέσεις και τιμές), όπως φαίνεται στην Εικόνα 19.

The screenshot shows a Unity code editor window with a dark theme. At the top left are three colored circular icons (red, yellow, green). The title bar reads "AlgoQuest - SortingAlgorithmManager.cs". The code itself is:

```
1 var values = ContainerControllers.Select(container => container.Value).ToArray();
2
3 _swaps = algorithm switch
4 {
5     SortingAlgorithm.BubbleSort => BubbleSort.Run(values),
6     SortingAlgorithm.SelectionSort => SelectionSort.Run(values),
7     _ => throw new System.NotImplementedException()
8 };
```

Εικόνα 18: Απόσπασμα κώδικα για την επιλογή του αλγορίθμου

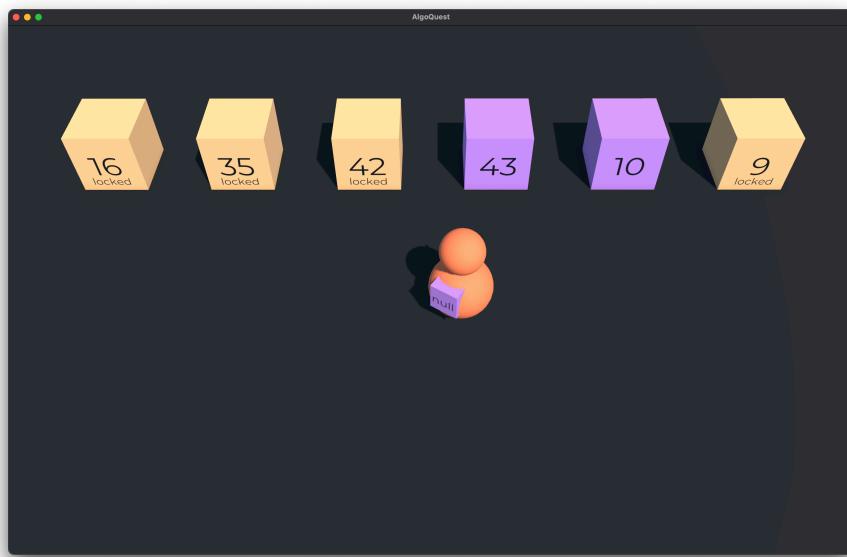
```
1  public static class BubbleSort
2  {
3      public static IList<(ContainerAlgorithmState, ContainerAlgorithmState)> Run(IList<int> values)
4      {
5          var containerStates = new List<(ContainerAlgorithmState, ContainerAlgorithmState)>();
6
7          for (var i = 0; i < values.Count - 1; i++)
8          {
9              for (var j = 0; j < values.Count - i - 1; j++)
10             {
11                 if (values[j] <= values[j + 1]) continue;
12
13                 (values[j], values[j + 1]) = (values[j + 1], values[j]);
14
15                 var containerState1 = new ContainerAlgorithmState
16                 {
17                     Index = j,
18                     TargetValue = values[j],
19                     PossibleValues = new[] { values[j], values[j + 1], -1 };
20                 };
21
22                 var containerState2 = new ContainerAlgorithmState
23                 {
24                     Index = j + 1,
25                     TargetValue = values[j + 1],
26                     PossibleValues = new[] { values[j], values[j + 1], -1 };
27                 };
28
29                 containerStates.Add((containerState1, containerState2));
30             }
31         }
32
33         return containerStates;
34     }
35 }
```

Εικόνα 19: Κώδικας υπολογισμού των κινήσεων για τον αλγόριθμο Bubble Sort

Επίπεδα δυσκολίας

Η βασική ροή του παιχνιδιού έχει ένα πρόβλημα. Αυτό είναι πως δεν υπάρχουν πληροφορίες για το εάν μία κίνηση είναι σωστή ή λάθος, πέραν της αποτυχίας εάν γίνει λάθος κίνηση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένας νέος παίκτης να νιώθει χαμένος και όχι σίγουρος εάν αυτό που κάνει είναι σωστό. Το πρόβλημα αυτό μπορεί εύκολα να λυθεί με την βοήθεια και καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, ο οποίος μπορεί να εξηγεί τι συμβαίνει σε κάθε βήμα του αλγορίθμου. Αυτό όμως δεν αποτελεί καλή λύση, διότι η επιθυμία ήταν να μπορεί κάποιος να παίξει το παιχνίδι μόνος του, εκτός των ορίων του διδακτικού τομέα.

Η λύση παρουσιάστηκε ως επίπεδα δυσκολίας. Αντί να αλλάξει η λογική και λειτουργία της βασικής ροής, η ιδέα ήταν να δημιουργηθεί και μία ακόμη ροή η οποία θα επικεντρώνεται στη βοήθεια και τη καθοδήγηση των παικτών γύρω από τον επιλεγμένο αλγόριθμο. Σε αυτή τη ροή θα αφαιρεθεί το χρονόμετρο, δίνοντας έτσι στους παίκτες μεγαλύτερη άνεση με τις κινήσεις τους και αφαιρώντας το άγχος που προσφέρει. Συγχρόνως τα κουτιά που περιέχουν τις τιμές θα επιτρέπουν μονάχα τη μετακίνηση των σωστών τιμών. Αυτό δεν αφαιρεί πλήρως την ανάγκη για προαπαιτούμενη γνώση των αλγορίθμων, αλλά τη μειώνει δραστικά.



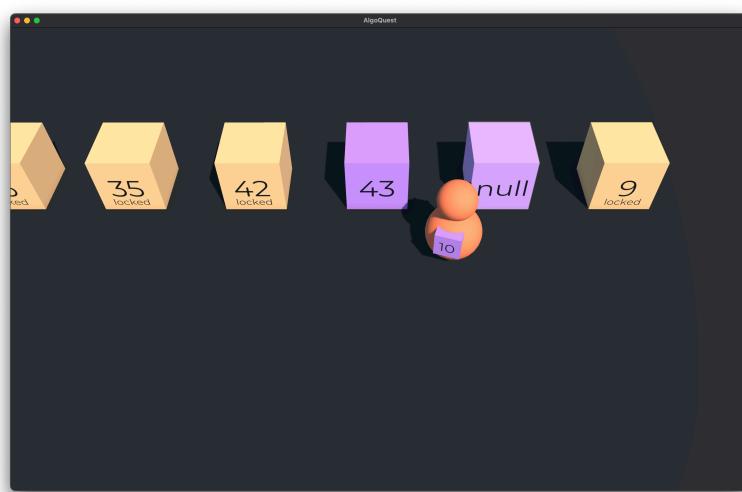
Εικόνα 20: Το παιχνίδι σε καθοδηγούμενη λειτουργία

4.3 Κόσμος - Αντικείμενα

Ο κόσμος του παιχνιδιού περιέχει λίγα και βασικά αντικείμενα με απλά χρώματα, κάτι το οποίο έχει ως στόχο την πλήρη συγκέντρωση του παίκτη στις τιμές και στον αλγόριθμο.

4.3.1 Κουτιά τιμών

Τα κουτιά, τα οποία περιέχουν τις τιμές, μπορούν να βρίσκονται σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις: **άδειο**, **γεμάτο** και **κλειδωμένο**.



Εικόνα 21: Οι τρεις καταστάσεις των κουτιών τιμών: **άδειο**(μωβ, null), **γεμάτο**(μωβ, αριθμός) και **κλειδωμένο**(κίτρινο, αριθμός)

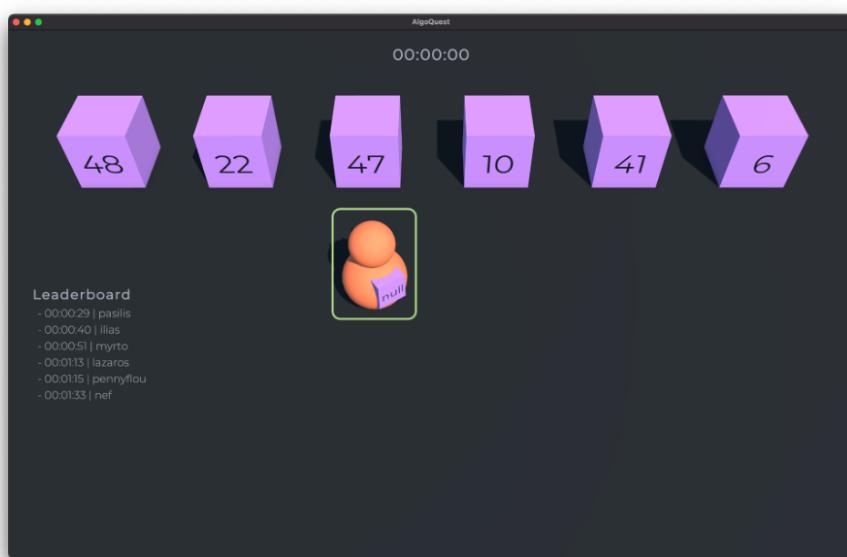
Στη κατάσταση **άδειο**, δεν περιέχουν καμία τιμή και περιμένουν κάποια τιμή να εισαχθεί από τον παίκτη. Εμφανίζουν την τιμή null, στον παίκτη ως ένδειξη πως δεν περιέχουν καμία τιμή. Ο χρήστης αλληλεπιδρώντας με ένα τέτοιο κουτί, τοποθετεί την τιμή που μεταφέρει σε αυτό.

Στην κατάσταση **γεμάτο**, περιέχουν μία τυχαία δημιουργημένη τιμή και την εμφανίζουν στο χρήστη. Ο χρήστης αλληλεπιδρώντας με ένα τέτοιο κουτί, μπορεί είτε να πάρει την τιμή του εφόσον ο ίδιος δεν μεταφέρει κάποια άλλη τιμή, είτε να αλλάξει την τιμή που μεταφέρει με αυτή μέσα στο κουτί.

Η κατάσταση **κλειδωμένο** είναι μία ειδική περίπτωση που εμφανίζεται μόνο στη βοηθητική ροή και έχει ως σκοπό να καθοδηγήσει τον παίκτη να εκτελέσει τα σωστά βήματα στον αλγόριθμο. Οποιεσδήποτε αλληλεπιδράσεις με αυτά τα κουτιά είναι απενεργοποιημένες. Ένα κλειδωμένο κουτί έχει εμφανώς διαφορετικό χρώμα και ενημερώνει τον παίκτη για την κατάσταση του. Παρότι τα κουτιά είναι κλειδωμένα, οι τιμές που περιέχουν παραμένουν εμφανές στον παίκτη. Αυτό συμβαίνει διότι ο παίκτης πρέπει να μπορεί να δει όλες τις τιμές για να κατανοήσει τον λόγο για τον οποίο οι κινήσεις που επιτρέπονται είναι οι σωστές.

4.3.2 Παίκτης

Ο παίκτης, με το χαρακτηριστικό του σχήμα, έχει ένα κουτί το οποίο αναγράφει την τιμή που μεταφέρει ανά πάσα στιγμή. Σε αντίθεση με τα υπόλοιπα κουτιά, αυτό μπορεί να βρίσκεται είτε στη κατάσταση **άδειο** είτε **γεμάτο** και όχι κλειδωμένο. Μπορεί να κινηθεί στον χώρο ελεύθερα και είτε να πάρει μία τιμή από ένα κουτί είτε να αφήσει αυτήν που μεταφέρει. Στη περίπτωση που και το κουτί και ο παίκτης έχουν μία τιμή, τότε κατά την αλληλεπίδραση, αυτές εναλλάσσονται.



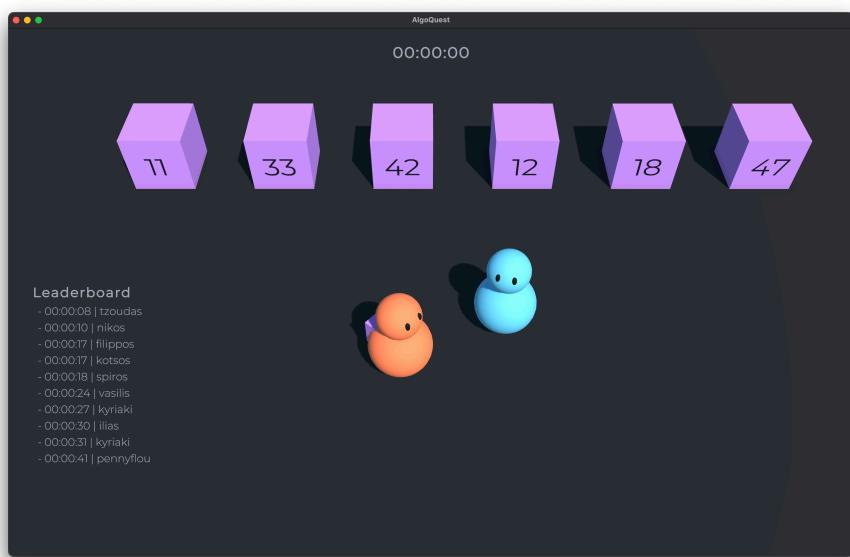
Εικόνα 22: Ο παίκτης στο παιχνίδι

4.4 Multiplayer

Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης της εφαρμογής εμφανίστηκε μία μοναδική ευκαιρία για τη συμμετοχή και άλλων παικτών, γνωστό και ως multiplayer. Αυτή είναι μία σημαντική επιλογή καθώς αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο υλοποιείται ένα παιχνίδι. Επιλέχθηκε όμως να ληφθούν υπόψη περισσότεροι παίκτες καθώς κάτι τέτοιο θα έκανε το παιχνίδι πολύ πιο ενδιαφέρον για τους συμμετέχοντες.

4.4.1 Παίκτες

Με βάση την ροή του παιχνιδιού, η οποία περιλαμβάνει την μετακίνηση των σωστών τιμών μεταξύ κουτιών, περιορίζει τους παίκτες σε **δύο** συνολικά. Αυτό συμβαίνει διότι ανα πάσα στιγμή μπορούν να κινηθούν τιμές μεταξύ δύο κουτιών, οπότε αντίστοιχα το πολύ δύο παίκτες μπορούν να μετακινήσουν αυτές τις τιμές.



Εικόνα 23: Οι δύο παίκτες στο παιχνίδι

Οι παίκτες διατηρούν τη συμπεριφορά που έχουν όταν είναι και μόνοι τους, και μπορούν να πάρουν, να αφήσουν ή να αλλάξουν τιμές με τα κουτιά. Δεν υπάρχει κάποια αλληλεπίδραση μεταξύ τιμών που μεταφέρουν οι παίκτες, δηλαδή εάν ο παίκτης πάρει μία τιμή από ένα κουτί, ο άλλος δεν μπορεί να αλληλεπιδράσει με αυτή την τιμή πια, μέχρι ο προηγούμενος να την αφήσει.

4.4.2 Υπηρεσίες

Η συμμετοχή πολλών παικτών σε ένα κόσμο Unity, μπορεί να γίνει με τη χρήση υπηρεσιών που προσφέρει το Unity, κάτι το οποίο γλιτώνει κάποιον από την υλοποίηση υπηρεσιών για τον σκοπό αυτό. Οι επιλογές που υπάρχουν είναι το

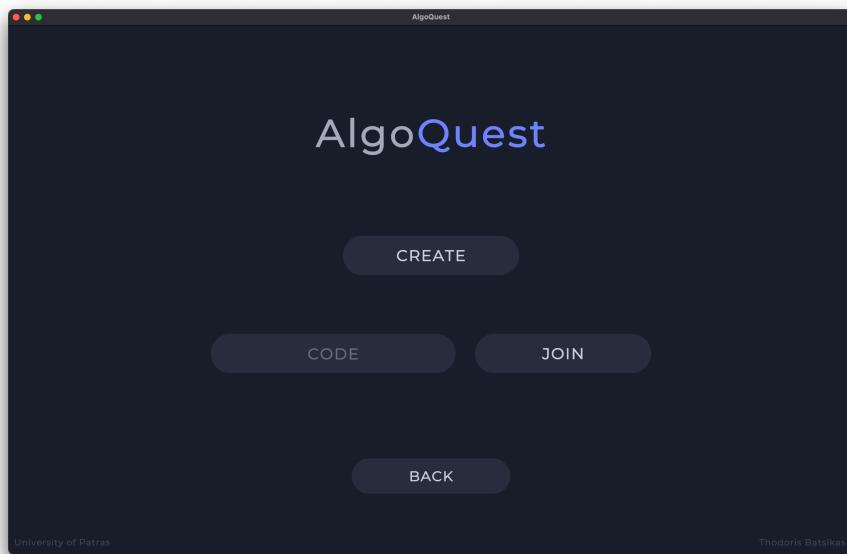
Unity Relay και το **Unity Lobby**, δύο υπηρεσίες που στόχος τους είναι να διευκολύνουν την υλοποίηση ενός κόσμου για πολλούς παίκτες. Και οι δύο επιλογές αυτές κάνουν χρήση του Unity Cloud, μιας υπηρεσίας που προσφέρει το Unity με λειτουργίες και εργαλεία για υλοποίηση παιχνιδιών στο διαδίκτυο.

Το **Unity Lobby** βασίζεται γύρω από τη δημιουργία λόμπι παικτών πριν μπουν στο παιχνίδι. Ένας παίκτης μπορεί είτε να δημιουργήσει ένα λόμπι στο οποίο μπαίνουν άλλοι παίκτες, είτε να μπει σε λόμπι κάποιου άλλου παίκτη. Αυτό γίνεται είτε μέσω μοναδικού κωδικού που μοιράζεται ο δημιουργός του λόμπι, εφόσον το λόμπι είναι ιδιωτικό, είτε μέσω δημόσιας λίστας, εφόσον ο δημιουργός του λόμπι έχει επιλέξει να το κάνει δημόσιο. Το Lobby έχει την ιδιαιτερότητα πως κάθε λόμπι έχει αποκλειστικό διακομιστή ο οποίος σερβίρει πληροφορίες και δεδομένα σε όλους τους παίκτες[49].

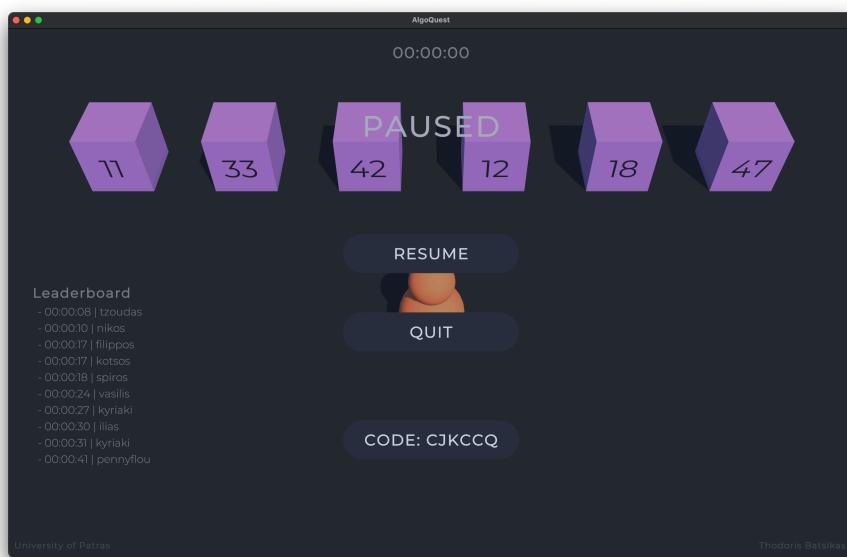


Εικόνα 24: Ένα λόμπι με πολλούς παίκτες με χρήση του Unity Lobby

Το **Unity Relay**, σε αντίθεση με το Lobby δεν δημιουργεί τις πληροφορίες για το παιχνίδι και τους παίκτες πριν μπουν στον κόσμο. Αντιθέτως, ένας παίκτης έχει έλεγχο του κόσμου και δημιουργεί έναν διακομιστή στον οποίο μπορούν να συνδεθούν και άλλοι παίκτες ανά πάσα στιγμή, ακόμη και κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Αυτό σαφώς έχει μεγαλύτερη δυσκολία στην υλοποίηση του κόσμου και της συμπεριφοράς, αλλά προσφέρει μία ροή η οποία συμπληρώνει το γρήγορο ρυθμό του παιχνιδιού πολύ ωραία. Ο τρόπος με τον οποίο συνδέεται ένας παίκτης σε κόσμο που έχει δημιουργήσει ένας άλλος είναι με χρήση μοναδικού κωδικού, στον οποίο έχει πρόσβαση μόνο κάποιος που έχει συνδεθεί στο κόσμο.



Εικόνα 25: Το μενού δημιουργίας ή σύνδεσης στο παιχνίδι με χρήση του Unity Relay



Εικόνα 26: Ο μοναδικός κωδικός που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση στον κόσμο στο μενού παύσης του παιχνιδιού

Και στις δύο περιπτώσεις υπάρχει η επιλογή να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικός διακομιστής ο οποίος θα σερβίρει όλους του παίκτες, αντί ο αρχικός παίκτης να το κάνει από τον δικό του υπολογιστή. Στη περίπτωση του παιχνιδιού αυτού προτιμήθηκε ο κάθε παίκτης να έχει τον έλεγχο του δικού του κόσμου για ευκολία και απλοποίηση των υποστηρικτικών συστημάτων.

Οι χρήστες ενός παιχνιδιού μέσω διαδικτύου στο Unity είτε μέσω Relay είτε μέσω Lobby, χωρίζονται σε **Client**, που είναι οι χρήστες που δεν τους ανήκει ο διακομιστής, **Host**, που είναι ο ιδιοκτήτης του διακομιστή, και **Server** που είναι ο διακομιστής. Στη περίπτωση αυτή, που δεν υπάρχει αποκλειστικός διακομιστής, ο Host και ο Server συμπίπουν.

4.4.3 Εξουσιοδότηση

Για να μπορεί ένα παιχνίδι μεταξύ παικτών να λειτουργεί, χρειάζεται δεδομένα τα οποία είναι κοινά για όλους. Δεδομένα όπως η θέση ενός παίκτη ή η τιμή ενός κουτιού είναι όλα πληροφορίες που χρειάζεται να μπορούν να διαβάσουν όλοι οι παίκτες. Το πρόβλημα όμως δημιουργείται όταν οι παίκτες χρειάζεται να γράψουν σε αυτές τις μεταβλητές.

Η δυνατότητα να μπορεί κάποιος να αλλάξει και να γράψει πληροφορίες σε άλλον υπολογιστή μέσω του διαδικτύου αποτελεί μια επικίνδυνη διαδικασία, η οποία είναι ένας παιδότοπος για άτομα με κακή βούληση όπως χακερς. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, το Unity προσφέρει διάφορες μεθόδους που μπορούν να βοηθήσουν στην αποτροπή αυτών των ατόμων.

Αρχικά, για να μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει τις υπηρεσίες Unity Cloud (π.χ. Unity Relay) χρειάζεται να πιστοποιηθεί πως είναι όντως χρήστης κάποιας εφαρμογής Unity. Στη περίπτωση αυτή γίνεται μέσω script και με τη χρήση της υπηρεσίας **Unity Authentication**, όπου κάθε παίκτης που επιθυμεί να συνδεθεί σε κάποιο παιχνίδι, περνάει πρώτα από μία ροη πιστοποίησης.

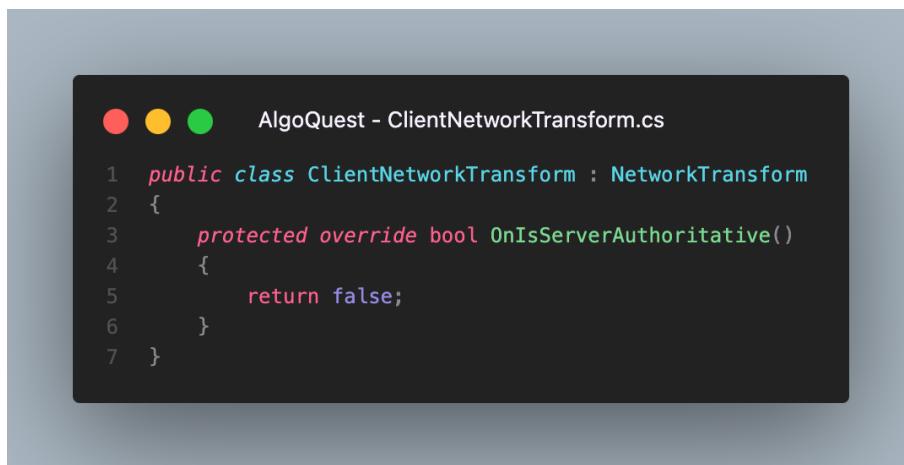


Εικόνα 27: Κώδικας που πιστοποιεί ανώνυμα τον παίκτη μέσω της υπηρεσίας Unity Authentication

Όσον αφορά την εγγραφή και ενημέρωση δεδομένων από τους Clients, μπορούν να εφαρμοστούν δύο τακτικές για την ασφάλεια δεδομένων.

Η πρώτη ονομάζεται **Client Authoritative** και αναφέρεται στην τακτική όπου ο Server δέχεται ότι του στέλνει ένας Client χωρίς να ελέγχει κάτι. Αυτό σαφώς δεν είναι πολύ ασφαλές και μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί από κακόβουλους χρήστες. Μπορεί για παράδειγμα ένας παίκτης να στείλει πως η θέση του είναι διαφορετική από αυτή που πραγματικά είναι, και επειδή ο Server δεν ελέγχει αυ-

τό το μήνυμα, ο χρήστης μπορεί να τηλεμεταφέρεται μέσα στο παιχνίδι. Αυτό σαφώς είναι κάτι μη θεμιτό σε ένα ανταγωνιστικό παιχνίδι. Στη περίπτωση αυτή όμως, η εξαπάτηση του συστήματος δεν έχει σοβαρές επιπτώσεις στα συστήματα του παιχνιδιού, οπότε και έγινε η επιλογή να χρησιμοποιηθεί αυτή η τακτική καθώς είναι πιο εύκολη στην υλοποίηση της.



Εικόνα 28: Κώδικας που επιτρέπει τη μή-ελεγχόμενη αποστολή της θέσης του παίκτη στο Server

Η δεύτερη τακτική ονομάζεται **Server Authoritative** και είναι η πιο συνηθισμένη σε παιχνίδια multiplayer. Σε αντίθεση με την Client Authoritative, εδώ κάθε ενημέρωση δεδομένων γίνεται μέσω του Server. Ένας Client χρειάζεται να στείλει αίτημα στο Server με τα δεδομένα που θέλει να αλλάξει και ο Server ελέγχει αυτό το αίτημα και είτε το εκτελεί είτε το απορρίπτει εφόσον αποφασίσει για την εγκυρότητα του. Η τακτική αυτή είναι σαφώς πιο ασφαλής από την προηγούμενη, αλλά έχει και επιβάρυνση πολυπλοκότητας.

4.4.4 Κοινόχρηστα δεδομένα

Σε αντίθεση με ένα απλό παιχνίδι ενός παίκτη, ένα παιχνίδι multiplayer ακολουθεί διαφορετικό τρόπο σκέψης και υλοποίησης. Τα δεδομένα που χρειάζεται για να λειτουργήσει είναι της τάξης των gigabyte, γεγονός που καθιστά την μοίραση τους μέσω του διαδικτύου αδύνατη.

Η τεχνική η οποία χρησιμοποιείται λοιπόν είναι η εξής: ο κάθε παίκτης έχει τα δικά του στοιχεία και αντικείμενα και δεδομένα, και μέσω του διαδικτύου μοιράζονται μόνο όσα δεδομένα χρειάζονται. Για παράδειγμα, αντί να μοιράζονται τα μοντέλα των παικτών, ο κάθε παίκτης δημιουργεί τα μοντέλα στον υπολογιστή του, και μέσω διαδικτύου μοιράζεται μονάχα η τοποθεσία τους. Οι τρόποι με τους οποίους αυτά τα δεδομένα μοιράζονται μέσω του διαδικτύου είναι είτε με τη χρήση Network Variables, είτε με τη χρήση RPCs.

Οι μεταβλητές δικτύου (Network Variables) είναι, όπως υποδηλώνει το όνομα, μεταβλητές δεδομένων που μοιράζονται μέσω διαδικτύου και είναι κοινές για

όλους τους παίκτες.



Εικόνα 29: Απόσπασμα κώδικα που δημιουργεί μία μεταβλητή δικτύου

Οι τύποι αυτών των μεταβλητών μπορεί να είναι οι εξής:

- Πρωτόγονοι τύποι C# (bool, byte, int, float, κ.α.)
- Ενσωματωμένοι τύποι του Unity (Vector2, Vector3, Color, κ.α.)
- Συμβολοσειρές σταθερού μήκους (FixedSize4096Bytes, κ.α.)
- Μεταβλητές που υλοποιούν τη διεπαφή INetworkSerializable[50]

Αυτές οι μεταβλητές έχουν επίσης ρυθμίσεις για ποιοί χρήστες μπορούν να τις διαβάσουν και να τις ενημερώσουν, κάτι το οποίο προσφέρει ασφάλεια στα δεδομένα που αποθηκεύουν. Δικαίωμα εγγραφής σε Network Variables δεν έχουν οι Clients, αλλά μόνο ο ιδιοκτήτης αυτής της μεταβλητής, ή ο Server.

Μπορούν να διαβαστούν όπως κάθε άλλη μεταβλητή, αλλά προσφέρουν και events στα οποία μπορεί κάποιος να εγγραφεί και να “ακούει” για αλλαγές όπως το OnValueChanged, το οποίο καλείται όταν η μεταβλητή αλλάζει στον Server.

Remote Procedure Call (RPC) είναι συναρτήσεις που καλούνται σε συγκεκριμένες ομάδες χρηστών που είναι προκαθορισμένες. Αυτές οι συναρτήσεις μπορούν να κληθούν από όλους τους χρήστες, είτε Clients είτε Server, αλλά εκτελούνται μόνο στις προκαθορισμένες ομάδες[51].

Για παράδειγμα ένα RPC που εκτελείται στον Server μπορεί να κληθεί από τους Clients με σκοπό την ενημέρωση δεδομένων η οποία θα συμβεί στον Server. Με τη σειρά του ο Server, μόλις κάνει την αλλαγή μπορεί να καλέσει ένα RPC που εκτελείται σε όλους τους Clients με τα νέα δεδομένα. Αυτό το μοτίβο χρησιμοποιείται αρκετά συχνά και αποτελεί τον βασικότερο τρόπο διαχείρισης δεδομένων μεταξύ Server και Client.

```

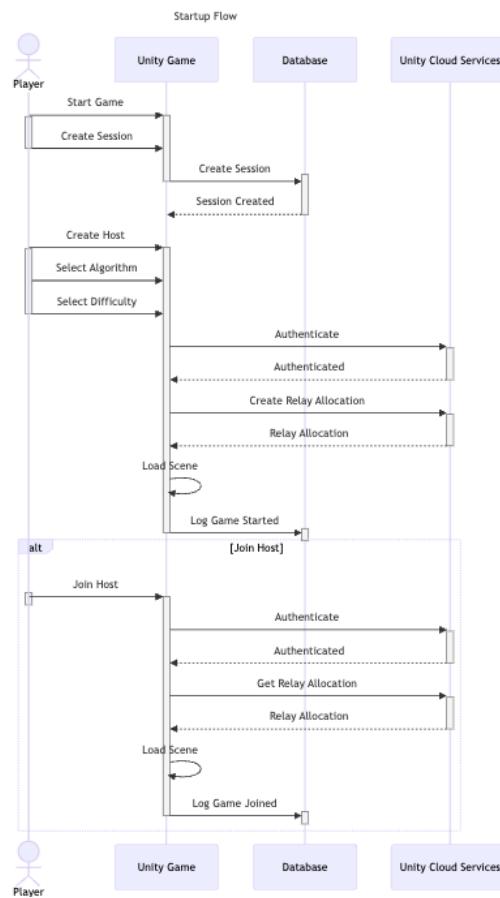
AlgoQuest - ContainerController.cs

1 [Rpc(SendTo.Server)]
2 private void InteractRpc(string sessionId, int value, RpcParams rpcParams = default)
3 {
4     OnContainerInteractRpc(rpcParams.Receive.SenderClientId, Value);
5
6     OnInteracted?.Invoke(sessionId, Index, Value, value);
7
8     _value.Value = value;
9 }
10
11 [Rpc(SendTo.Everyone)]
12 private void OnContainerInteractRpc(ulong clientId, int value)
13 {
14     EventManager.Singleton.GameplayEvents.EmitSetPlayerContainerValueEvent(clientId, value);
15 }

```

Εικόνα 30: Απόσπασμα κώδικα με συναρτήσεις RPC που εκτελούνται μόνο στον Server(επάνω) και σε όλους τους παίκτες(κάτω)

4.4.5 Διάγραμμα ακολουθίας σύνδεσης παίκτη



Εικόνα 31: Διάγραμμα ακολουθίας σύνδεσης παικτών

Για τη δημιουργία του διαγράμματος 31 χρησιμοποιήθηκε το **Mermaid**[52].

Κεφάλαιο 5

Μελέτη & αξιολόγηση

5.1 Μεθοδολογία

Με την ολοκλήρωση των σταδίων υλοποίησης, ακολούθησε η αξιολόγηση του παιχνιδιού με τη συμμετοχή χρηστών. Ο στόχος αυτής της αξιολόγησης είναι η συλλογή στατιστικών δεδομένων από τους παίκτες, προκειμένου να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για τη διδασκαλία αλγορίθμων. Συγκεκριμένα, θα αναλυθούν οι επιδόσεις των παικτών, η κατανόηση των εννοιών και η πρόοδος τους μέσα στο παιχνίδι. Αυτά τα δεδομένα θα επιτρέψουν την εξαγωγή συμπερασμάτων για το πόσο καλά οι εκπαιδευτικές τεχνικές ενσωματώθηκαν στο παιχνίδι και πόσο επιτυχημένες ήταν στη βελτίωση των δεξιοτήτων των παικτών στον προγραμματισμό και την κατανόηση αλγορίθμων. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, θα είναι δυνατό να εντοπιστούν τυχόν αδυναμίες και να προταθούν βελτιώσεις για μελλοντικές εκδόσεις του παιχνιδιού.

5.1.1 Απαραίτητα συστήματα

Για την ομαλή και ολοκληρωμένη λειτουργία του παιχνιδιού, απαιτείται η ενσωμάτωση πολλών συστημάτων πέρα από το ίδιο το παιχνίδι, όπως ένας servery για το REST API και μία βάση δεδομένων. Για την αρχική φάση της μελέτης, όλα αυτά τα συστήματα αποφασίστηκε να εγκατασταθούν σε έναν μόνο υπολογιστή. Με αυτόν τον τρόπο, όλοι οι συμμετέχοντες θα έχουν τη δυνατότητα να παίξουν χρησιμοποιώντας τον ίδιο υπολογιστή, εξασφαλίζοντας έτσι την απλότητα και την εύκολη παρακολούθηση της απόδοσης και των αποτελεσμάτων.

Όταν το παιχνίδι θα φτάσει σε κατάσταση που θα μπορούν να παίξουν διάφοροι παίκτες μέσω του διαδικτύου, θα χρειαστεί να μοιραστεί μέσω repository. Αυτό σημαίνει ότι το παιχνίδι θα πρέπει να γίνει διαθέσιμο στο ευρύ κοινό, ώστε να μπορούν να το κατεβάσουν και να το εγκαταστήσουν οι χρήστες στον δικό τους υπολογιστή.

Παράλληλα, για την υποστήριξη πολλών χρηστών και τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, θα πρέπει να κατασκευαστεί ένα κοινό σύστημα REST API και μία βάση δεδομένων στο διαδίκτυο. Για να επιτευχθεί αυτό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλατφόρμες όπως το AWS[53] ή το Google Cloud[54]. Αυτές οι πλατφόρμες προσφέρουν τις απαίτουμενες υποδομές για τη δημιουργία επε-

κτάσιμων και αξιόπιστων συστημάτων, που μπορούν να διαχειριστούν μεγάλο όγκο δεδομένων και να εξυπηρετήσουν πολλούς χρήστες ταυτόχρονα.

Με την υλοποίηση αυτών των συστημάτων στο διαδίκτυο, θα εξασφαλιστεί η επεκτασιμότητα και η προσβασιμότητα του παιχνιδιού σε ένα ευρύτερο κοινό. Αυτό θα επιτρέψει τη συλλογή περισσότερων δεδομένων από ποικίλους χρήστες, προσφέροντας έτσι καλύτερη και πιο ολοκληρωμένη αξιολόγηση των μεθόδων διδασκαλίας που χρησιμοποιήθηκαν. Επιπλέον, θα διευκολύνει την παρακολούθηση της απόδοσης των παικτών και τη βελτίωση του παιχνιδιού, με βάση τα δεδομένα και τα σχόλια που θα συλλεχθούν.

Τελικά, η μετάβαση από ένα τοπικό σύστημα σε ένα διαδικτυακό σύστημα θα αποτελέσει ένα κρίσιμο βήμα για την επιτυχία του παιχνιδιού και την αποτελεσματική αξιοποίηση των δεδομένων που θα συγκεντρωθούν για τη μελέτη.

5.1.2 Διαδικασία μελέτης

Για τη μελέτη αυτή, προσκλήθηκαν **31** άτομα να συμμετάσχουν, παίζοντας το παιχνίδι και συμπληρώνοντας ένα ερωτηματολόγιο που αφορούσε την εμπειρία τους. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, οι συμμετέχοντες έλαβαν σαφείς οδηγίες για την πλοήγηση στα μενού και τη χρήση των πλήκτρων κίνησης, ώστε να εξοικειωθούν γρήγορα με το περιβάλλον του παιχνιδιού και να μπορούν να το χειριστούν αποτελεσματικά.

Οι συμμετέχοντες είχαν την απόλυτη ελευθερία να επιλέξουν οποιονδήποτε αλγόριθμο ήθελαν να μελετήσουν, σε οποιοδήποτε επίπεδο δυσκολίας τους ενδιέφερε. Είχαν επίσης τη δυνατότητα να επαναλάβουν τις προσπάθειές τους όσες φορές επιθυμούσαν, χωρίς περιορισμούς. Αυτή η ελευθερία επιλογών τους επέτρεψε να προσεγγίσουν το παιχνίδι με τον δικό τους ρυθμό και να πειραματίστούν με διάφορους αλγόριθμους, ενισχύοντας έτσι τη μαθησιακή τους εμπειρία μέσω της δοκιμής και του λάθους.

Για τους συμμετέχοντες που δεν είχαν προηγούμενη εμπειρία με αλγόριθμους, δόθηκαν επιπλέον εξηγήσεις σχετικά με τη λογική και τη λειτουργία του αλγορίθμου που επέλεξαν να μελετήσουν. Αυτή η εισαγωγική καθοδήγηση παρείχε στους αρχάριους μια βασική κατανόηση των αλγορίθμων, βοηθώντας τους να ξεκινήσουν με μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση. Στη συνέχεια, μπορούσαν να πάξουν το παιχνίδι και να εξερευνήσουν τους αλγόριθμους σε βάθος, προκειμένου να αξιολογηθεί αν κατάφεραν να κατανοήσουν τη λογική τους μέσα από τη διαδικασία του παιχνιδιού.

5.1.3 Ερωτηματολόγιο

Για την αξιολόγηση του παιχνιδιού και της εμπειρίας, συντάχθηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο περιείχε γενικές ερωτήσεις, καθώς και ερωτήσεις για τη χρήση της μετρικής System Usability Scale (SUS)[55].

Δομή ερωτηματολογίου

Το ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους συμμετέχοντες περιελάμβανε μια σειρά από διαφορετικούς τύπους ερωτήσεων, σχεδιασμένων να καλύψουν διάφορες πτυχές της εμπειρίας τους με το παιχνίδι. Αρχικά, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να συμπληρώσουν τις δημογραφικές ερωτήσεις, οι οποίες περιελάμβαναν πληροφορίες όπως το φύλο και η ηλικία τους. Αυτές οι ερωτήσεις χρησίμευσαν για τη συλλογή βασικών δεδομένων σχετικά με το προφίλ των συμμετεχόντων.

Στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες απάντησαν σε ερωτήσεις που αφορούσαν τις προηγούμενες γνώσεις τους. Αυτό το τμήμα του ερωτηματολογίου στόχευε να καταγράψει το επίπεδο εμπειρίας και τις δεξιότητες των συμμετεχόντων σε σχέση με το αντικείμενο του παιχνιδιού, π.χ. εάν είχαν προηγούμενη εμπειρία με παρόμοια παιχνίδια ή αλγόριθμους που χρησιμοποιήθηκαν.

Μετά από αυτές τις εισαγωγικές ερωτήσεις, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να περιγράψουν την εμπειρία τους από το παιχνίδι. Σε αυτό το μέρος, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να επιλέξουν τις φορές που προσπάθησαν την κάθε δυσκολία και να αναφέρουν ποιους αλγόριθμους χρησιμοποίησαν κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Αυτές οι πληροφορίες ήταν σημαντικές για να κατανοηθεί πώς οι διαφορετικές επιλογές και στρατηγικές επηρέασαν την εμπειρία τους.

Στο επόμενο βήμα, οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν τις βαθμολογίες για το μέρος SUS του ερωτηματολογίου. Οι δέκα ερωτήσεις του SUS τους ζητούσαν να βαθμολογήσουν την εμπειρία τους σε μια κλίμακα από το 1 (έντονη διαφωνία) έως το 5 (έντονη συμφωνία), επιτρέποντας την ποσοτική αξιολόγηση της χρηστικότητας του παιχνιδιού.

Τέλος, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να μιλήσουν για την γενική εμπειρία τους από το παιχνίδι και τη διαδικασία. Σε αυτό το μέρος, τους ζητήθηκε να εκφράσουν τις σκέψεις και τα συναισθήματά τους σχετικά με το παιχνίδι, να αναφέρουν εάν το βρήκαν ενδιαφέρον ή όχι, και να προτείνουν πιθανές βελτιώσεις. Αυτή η ποιοτική ανατροφοδότηση παρείχε πολύτιμες πληροφορίες για το πώς οι χρήστες αντιλήφθηκαν το παιχνίδι και τι είδους εμπειρία είχαν συνολικά.

Η δομή αυτή του ερωτηματολογίου, που περιελάμβανε δημογραφικές πληροφορίες, προηγούμενες γνώσεις, συγκεκριμένες εμπειρίες στο παιχνίδι, ποσοτική αξιολόγηση της χρηστικότητας μέσω του SUS και γενική ανατροφοδότηση, βοήθησε στη συλλογή ενός ολοκληρωμένου συνόλου δεδομένων. Αυτά τα δεδομένα είναι κρίσιμα για την ανάλυση και τη βελτίωση της εμπειρίας χρήστη, παρέχοντας σαφή κατεύθυνση για το πώς μπορεί να γίνει το παιχνίδι πιο προσιτό και απολαυστικό για τους χρήστες στο μέλλον.

System Usability Scale (SUS)

Το System Usability Scale (SUS) αποτελεί ένα αξιόπιστο εργαλείο για τη μέτρηση της χρηστικότητας ενός συστήματος ή προϊόντος, όπως λογισμικά, ιστοσελίδες και εφαρμογές. Αναπτύχθηκε από τον John Brooke το 1986 και έκτοτε έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για την αξιολόγηση της εμπειρίας χρήστη. Το SUS αποτελείται από ένα σύνολο δέκα ερωτήσεων που οι χρήστες απαντούν μετά τη χρήση

του συστήματος. Κάθε ερώτηση βαθμολογείται σε μια κλίμακα από το 1 (έντονη διαφωνία) έως το 5 (έντονη συμφωνία), παρέχοντας μια συνολική εκτίμηση της χρηστικότητας του συστήματος[56].

Οι ερωτήσεις του SUS είναι οι εξής:

- Νομίζω ότι θα ήθελα να χρησιμοποιώ αυτό το σύστημα συχνά.
- Βρήκα το σύστημα περιττά περίπλοκο.
- Νομίζω ότι το σύστημα ήταν εύκολο στη χρήση.
- Νομίζω ότι θα χρειαζόταν τη βοήθεια ενός τεχνικού για να μπορέσω να χρησιμοποιήσω το σύστημα.
- Βρήκα τις διάφορες λειτουργίες του συστήματος καλά ενσωματωμένες.
- Νομίζω ότι υπήρχαν πάρα πολλές ασυνέπειες στο σύστημα.
- Θα φανταζόμουν ότι οι περισσότεροι άνθρωποι θα μάθαιναν να χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα πολύ γρήγορα.
- Βρήκα το σύστημα πολύ δύσχρηστο.
- Αισθάνθηκα σίγουρος/η χρησιμοποιώντας το σύστημα.
- Χρειάστηκε να μάθω πολλά πριν μπορέσω να ξεκινήσω να χρησιμοποιώ το σύστημα.

Για να υπολογιστεί το συνολικό σκορ του SUS, οι χρήστες καλούνται να απαντήσουν στις δέκα αυτές ερωτήσεις, κάθε μία βαθμολογούμενη από το 1 (έντονη διαφωνία) έως το 5 (έντονη συμφωνία). Οι θετικές ερωτήσεις (1, 3, 5, 7, 9) βαθμολογούνται αφαιρώντας το 1 από τη βαθμολογία τους, ενώ για τις αρνητικές ερωτήσεις (2, 4, 6, 8, 10) η βαθμολογία αφαιρείται από το 5. Στη συνέχεια, προστίθενται οι προσαρμοσμένες βαθμολογίες όλων των ερωτήσεων και το άθροισμα αυτό πολλαπλασιάζεται επί 2,5 για να προκύψει το τελικό σκορ, το οποίο κυμαίνεται από 0 έως 100[57].

Το τελικό σκορ SUS επιτρέπει την αξιολόγηση της χρηστικότητας του συστήματος. Ένα σκορ πάνω από 68 θεωρείται πάνω από το μέσο όρο, ενώ σκορ μεταξύ 70 και 80 υποδηλώνει καλή χρηστικότητα. Σκορ πάνω από 80 σημαίνει ότι το σύστημα έχει πολύ καλή χρηστικότητα. Αντίθετα, σκορ κάτω από 50 δείχνει ότι υπάρχει ανάγκη για σημαντικές βελτιώσεις στη χρηστικότητα. Αυτή η ποσοτική αξιολόγηση βοηθά στην αντικειμενική σύγκριση της εμπειρίας χρήστη μεταξύ διαφορετικών συστημάτων και μελετών[58].

Το σκορ SUS μπορεί να αξιολογηθεί πιο εύκολα με τη χρήση μίας κλίμακας βαθμών **A, B, C, D, F** όπου οι βαθμοί αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα εύρη σκορ, όπως φαίνεται στον πίνακα 1[59].

Βαθμός	Εύρος Σκορ
A	85-100
B	70-84
C	50-69
D	35-49
F	0-34

Πίνακας 1: Κλίμακα Βαθμολόγησης SUS

Η αξία του SUS έγκειται στη δυνατότητά του να παρέχει γρήγορα και εύκολα μια εκτίμηση της χρηστικότητας, με την προσέγγιση του να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε αρχικά στάδια ανάπτυξης προϊόντων ή σε περιπτώσεις όπου απαιτούνται συγκριτικές αξιολογήσεις. Η απλότητα της κλίμακας και η ικανότητά της να καλύπτει ευρύ φάσμα παραμέτρων της χρηστικότητας το καθιστούν ένα πολύτιμο εργαλείο για τους σχεδιαστές και τους ερευνητές εμπειρίας χρήστη.

Επιπλέον, τα αποτελέσματα του SUS μπορούν να συνδυαστούν με ποιοτικές παρατηρήσεις και άλλα ποσοτικά δεδομένα για μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της εμπειρίας χρήστη. Αν και το SUS δεν αντικαθιστά άλλες μεθόδους αξιολόγησης, αποτελεί μια σημαντική προσθήκη στη "φαρέτρα" των εργαλείων χρηστικότητας, παρέχοντας γρήγορα και αξιόπιστα αποτελέσματα που μπορούν να καθοδηγήσουν βελτιώσεις και να υποστηρίξουν τη λήψη αποφάσεων στη διαδικασία ανάπτυξης.

5.2 Αποτελέσματα

5.2.1 Δημογραφικά

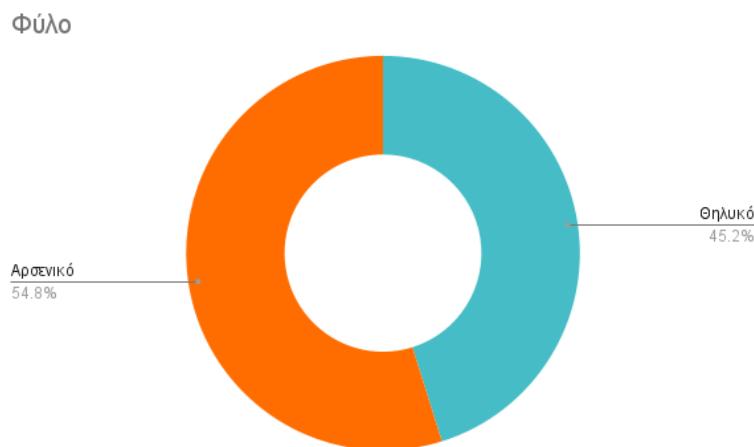
Οι συμμετέχοντες στη μελέτη και αξιολόγηση του παιχνιδιού ανήκαν κυρίως στην ηλικιακή ομάδα των 19-31 ετών(εικόνα 33), με τον αριθμό των αρσενικών στο 54.8 % και των θηλυκών στο 45.2 %(εικόνα 32). Αυτή η ηλικιακή ομάδα είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ανάπτυξη και την αξιολόγηση εκπαιδευτικών παιχνιδιών, ειδικά σε θέματα που αφορούν την εκμάθηση αλγορίθμων και προγραμματισμού.

Σε αυτές τις ηλικίες, οι νέοι συχνά σπουδάζουν σε πανεπιστήμια ή τεχνολογικά ιδρύματα, όπου διδάσκονται προγραμματισμό και αλγορίθμους. Το ενδιαφέρον για αυτούς τους τομείς συνήθως ενισχύεται μέσω των ακαδημαϊκών τους σπουδών και των εργαστηρίων που παρακολουθούν.

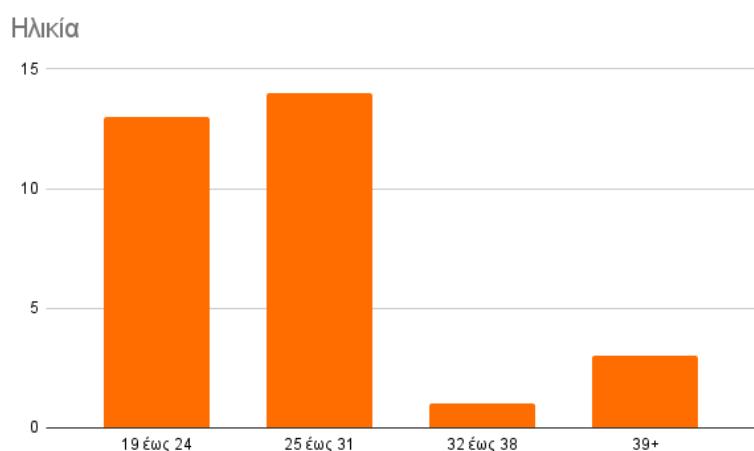
Η ηλικιακή ομάδα 19-31 ετών είναι επίσης εκείνη που υιοθετεί εύκολα νέες τεχνολογίες και είναι εξοικειωμένη με ψηφιακές πλατφόρμες, γεγονός που τους καθιστά κατάλληλους για τη δοκιμή και αξιολόγηση εκπαιδευτικών εργαλείων. Έχουν την ικανότητα να παρέχουν ουσιαστική ανατροφοδότηση για τη χρηστικότητα και την αποτελεσματικότητα του παιχνιδιού, βοηθώντας στη βελτίωσή του.

Η ισορροπία μεταξύ αρσενικών και θηλυκών συμμετεχόντων εξασφαλίζει ότι

λαμβάνονται υπόψη ποικίλες απόψεις και εμπειρίες, καθιστώντας το παιχνίδι πιο προσιτό και ελκυστικό για όλους τους χρήστες.



Εικόνα 32: Κατανομή συμμετεχόντων ανά φύλο



Εικόνα 33: Κατανομή συμμετεχόντων ανά ηλικιακή ομάδα

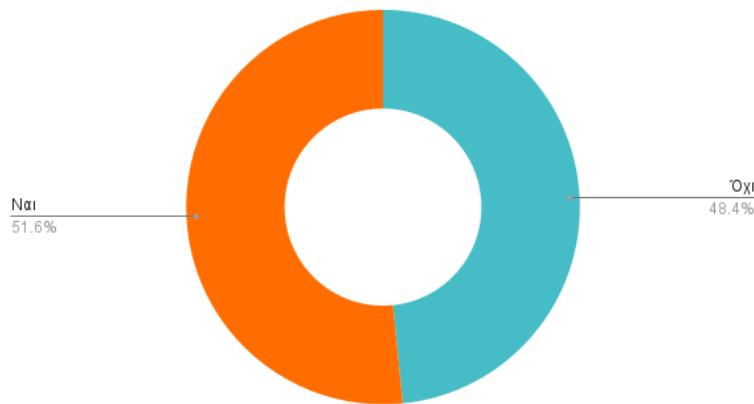
5.2.2 Προϋπάρχουσες γνώσεις

Στους συμμετέχοντες παρατηρείται μια ισορροπία στις προηγούμενες γνώσεις όσον αφορά τους αλγόριθμους και τα παιχνίδια, με τα άτομα που είχαν προηγούμενη εμπειρία από αλγόριθμους στο 51.6 %(εικόνα 34) και τα άτομα που είχαν προηγούμενη εμπειρία από παιχνίδια στο 58.1 %(εικόνα 35). Από εκείνους που είχαν εμπειρία με αλγόριθμους, η πλειοψηφία απέκτησε τις γνώσεις της μέσω ακαδημαϊκών σπουδών. Αντίθετα, από εκείνους με εμπειρία στα παιχνίδια, η συντριπτική πλειοψηφία απέκτησε τις γνώσεις της μέσω video games.

Αυτή η διαφοροποίηση στις πηγές γνώσης είναι σημαντική, καθώς δείχνει ότι οι συμμετέχοντες έχουν διαφορετικά υπόβαθρα και εμπειρίες που επηρεάζουν

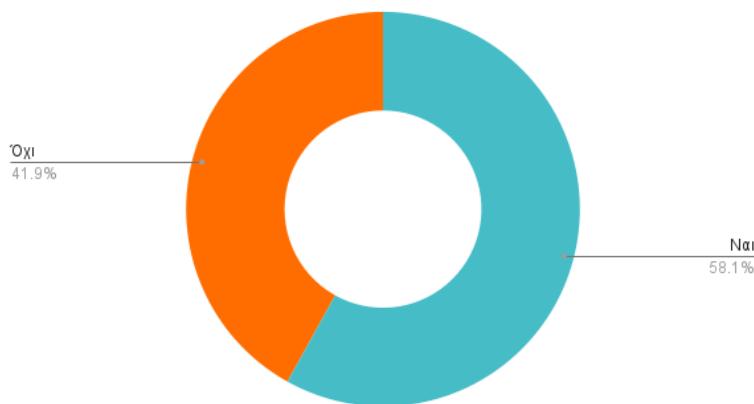
την αλληλεπίδρασή τους με το παιχνίδι. Οι ακαδημαϊκές γνώσεις στους αλγόριθμους παρέχουν μια θεωρητική και συστηματική βάση, ενώ η εμπειρία από τα video games δίνει έμφαση στη διαδραστικότητα και την πρακτική εφαρμογή. Η συνύπαρξη αυτών των δύο τύπων γνώσεων στους συμμετέχοντες συμβάλλει στην πληρέστερη αξιολόγηση του παιχνιδιού από διαφορετικές οπτικές γωνίες.

Έχεις προηγούμενη εμπειρία με αλγόριθμους;



Εικόνα 34: Κατανομή συμμετεχόντων με βάση την προϋπάρχουσα εμπειρία αλγόριθμων

Έχεις προηγούμενη εμπειρία από παιχνίδια;



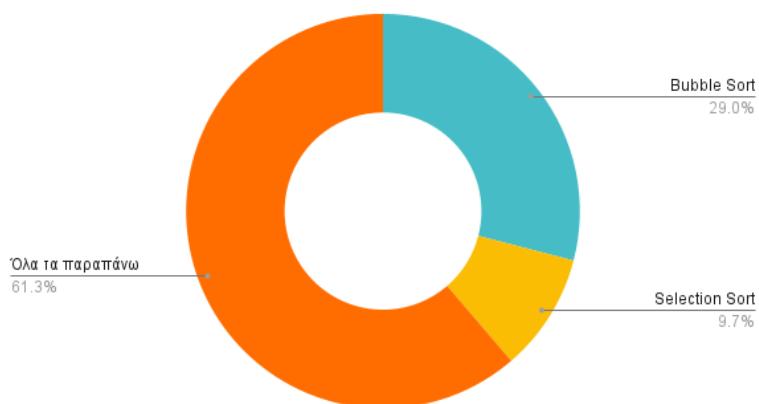
Εικόνα 35: Κατανομή συμμετεχόντων με βάση την προϋπάρχουσα εμπειρία παιχνιδιών

5.2.3 Αλγόριθμοι

Η πλειοψηφία των συμμετεχόντων επέλεξε να χρησιμοποιήσει και τους δύο αλγόριθμους που υπήρχαν στο παιχνίδι. Οι υπόλοιποι προτίμησαν τον αλγόριθμο Bubble Sort, πιθανώς επειδή είναι η πρώτη επιλογή στη λίστα του παιχνιδιού(εικόνα 36).

Δεν έχει ελεγχθεί η υπόθεση αυτή, όμως καταγράφεται ως παρατήρηση ότι η προτίμηση πιθανόν να υποδηλώνει ότι η τοποθέτηση των επιλογών μπορεί να επηρεάσει τις αποφάσεις των χρηστών. Η χρήση και των δύο αλγορίθμων από το 61.3 % των συμμετεχόντων δείχνει επίσης ενδιαφέρον για την εξερεύνηση και κατανόηση των διαφορετικών μεθόδων που προσφέρει το παιχνίδι. Η τάση αυτή είναι σημαντική για τους σχεδιαστές εκπαιδευτικών παιχνιδιών, καθώς δείχνει ότι η διάταξη και η παρουσίαση των επιλογών μπορεί να καθοδηγήσει τη συμπεριφορά των χρηστών και να ενθαρρύνει τη μάθηση.

Ποιον αλγόριθμο χρησιμοποίησες;

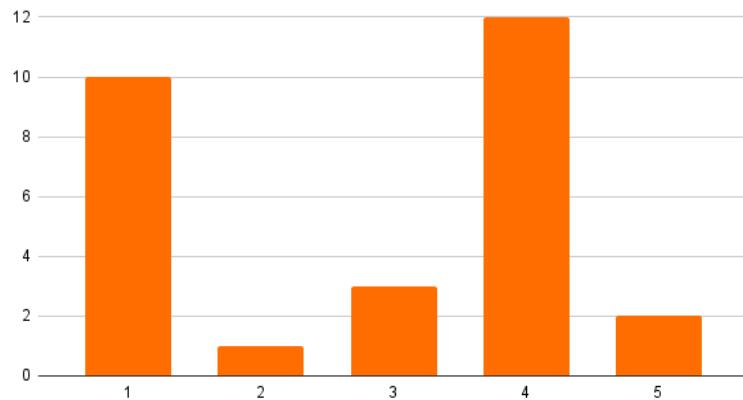


Εικόνα 36: Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποίησαν οι συμμετέχοντες

Bubble Sort

Φαίνεται ότι αρκετοί από τους συμμετέχοντες είχαν γνώση του Bubble Sort, ενώ άλλοι δεν είχαν(εικόνα 37), κάτι που συνάδει με τα ποσοστά αυτών που είχαν προηγούμενη εμπειρία με αλγόριθμους. Αυτή η διαφοροποίηση δείχνει ότι ορισμένοι συμμετέχοντες είχαν ήδη εξοικείωση με τους βασικούς αλγορίθμους ταξινόμησης μέσω των σπουδών τους ή άλλων εμπειριών, ενώ άλλοι μάθαιναν για πρώτη φορά κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού.

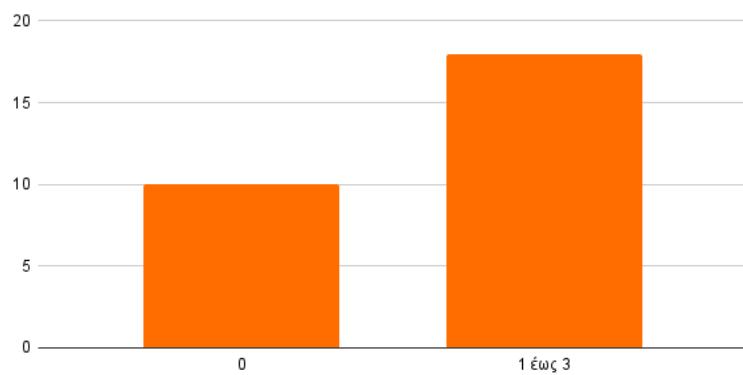
Γνώριζες τη λειτουργία του αλγόριθμου Bubble Sort;



Εικόνα 37: Κατανομή συμμετεχόντων με βάση τη γνώση του αλγορίθμου Bubble Sort

Η πλειοψηφία έπαιξε το επίπεδο δυσκολίας Guided 1 έως 3 φορές(εικόνα 38), υποδεικνύοντας ότι για τους περισσότερους συμμετέχοντες, αυτές οι προσπάθειες ήταν αρκετές για να κατανοήσουν τη λειτουργία του αλγορίθμου και να προχωρήσουν στο επόμενο επίπεδο δυσκολίας. Το Guided επίπεδο φαίνεται να παρέχει επαρκή καθοδήγηση ώστε οι παίκτες να αισθάνονται άνετοι με τις βασικές αρχές του αλγορίθμου σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Πόσες φορές χρησιμοποίησες το Guided επίπεδο δυσκολίας για τον αλγόριθμο Bubble Sort;

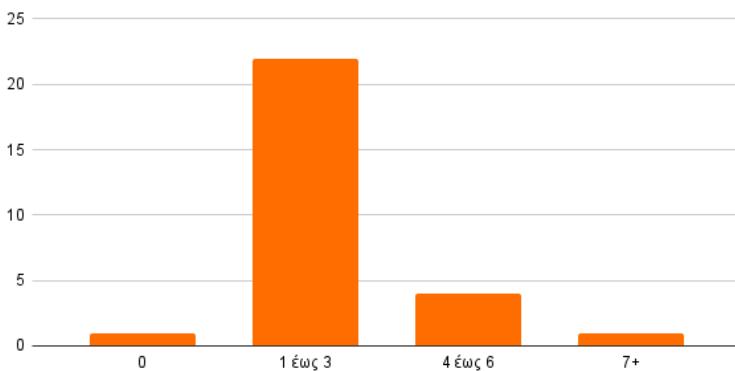


Εικόνα 38: Αριθμός φορών που έπαιξαν το επίπεδο Guided για τον αλγόριθμο Bubble Sort

Παράλληλα, αρκετοί συμμετέχοντες επέλεξαν να παραλείψουν εντελώς το επίπεδο Guided(εικόνα 38) και πήγαν κατευθείαν στο επίπεδο Time Trial(εικόνα 39). Αυτό μπορεί να υποδεικνύει είτε αυτοπεποίθηση στις γνώσεις τους είτε προτίμηση για μια πιο άμεση πρόκληση. Οι παίκτες που ήταν εξοικειωμένοι με τους αλγόριθμους μπορεί να θεώρησαν περιττό το Guided επίπεδο και να προτίμησαν

να δοκιμάσουν τις δεξιότητές τους σε πραγματικές συνθήκες χρονικής πίεσης.

Πόσες φορές χρησιμοποίησες το Time Trial επίπεδο δυσκολίας για τον αλγόριθμο Bubble Sort;



Εικόνα 39: Αριθμός φορών που έπαιξαν το επίπεδο Time Trial για τον αλγόριθμο Bubble Sort

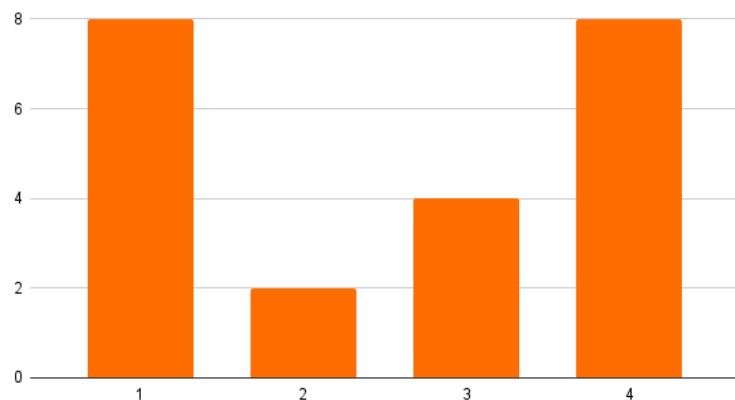
Είναι επίσης αξιοσημείωτο ότι όσοι έπαιξαν το επίπεδο δυσκολίας Time Trial περισσότερες από 3 φορές, το έκαναν είτε επειδή έχαναν συνεχώς είτε επειδή προσπαθούσαν να πετύχουν τον καλύτερο χρόνο από όλους τους παίκτες. Αυτό δείχνει δύο κύριες τάσεις: από τη μία, υπάρχουν παίκτες που χρησιμοποιούν τις επιπλέον προσπάθειες για να βελτιώσουν τις δεξιότητές τους και να ξεπεράσουν τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν, και από την άλλη, υπάρχουν εκείνοι με ανταγωνιστικό πνεύμα που επιδιώκουν να επιτύχουν κορυφαίες επιδόσεις και να συγκρίνουν τα αποτελέσματά τους με άλλους παίκτες.

Αυτές οι παρατηρήσεις υπογραμμίζουν τη σημασία της ύπαρξης διαφόρων επιπέδων δυσκολίας και τύπων προκλήσεων σε εκπαιδευτικά παιχνίδια. Παρέχοντας καθοδήγηση για τους αρχάριους και ανταγωνιστικές προκλήσεις για τους πιο προχωρημένους, το παιχνίδι μπορεί να καλύψει τις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα ενός ευρέος φάσματος χρηστών, καθιστώντας την εκπαιδευτική εμπειρία πιο ελκυστική και αποτελεσματική για όλους.

Selection Sort

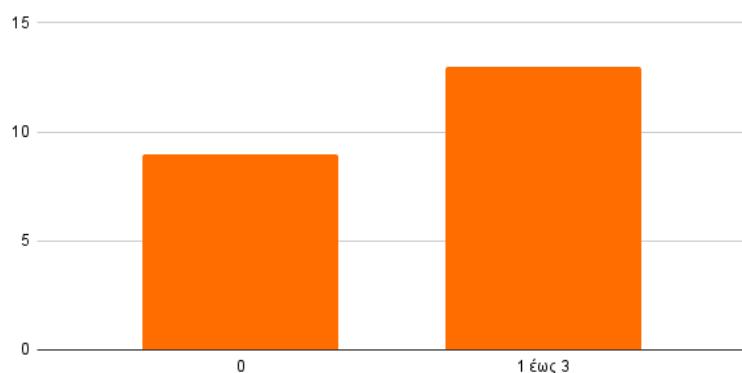
Τα αποτελέσματα για τον αλγόριθμο Selection Sort γενικά συνάδουν με αυτά του Bubble Sort, με την ιδιαιτερότητα ότι δεν υπάρχουν άτομα που έπαιξαν περισσότερες από 3 φορές το επίπεδο Time Trial(εικόνα 42). Αυτό πιθανόν συμβαίνει επειδή ο αλγόριθμος Selection Sort είναι αρκετά πιο γρήγορος και ευκολότερος στην εκτέλεση από ανθρώπους, μειώνοντας την πιθανότητα λαθών και καθιστώντας ευκολότερη την επίτευξη γρήγορων χρόνων.

Γνώριζες τη λειτουργία του αλγόριθμου Selection Sort;



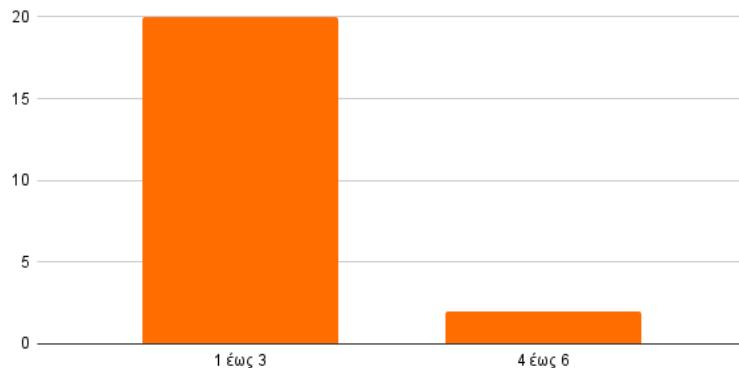
Εικόνα 40: Κατανομή συμμετεχόντων με βάση τη γνώση του αλγορίθμου Selection Sort

Πόσες φορές χρησιμοποίησες το Guided επίπεδο δυσκολίας για τον αλγόριθμο Selection Sort;



Εικόνα 41: Αριθμός φορών που έπαιξαν το επίπεδο Guided για τον αλγόριθμο Selection Sort

Πόσες φορές χρησιμοποίησες το Time Trial επίπεδο δυσκολίας για τον αλγόριθμο Selection Sort;



Εικόνα 42: Αριθμός φορών που έπαιξαν το επίπεδο Time Trial για τον αλγόριθμο Selection Sort

Η απουσία συμμετεχόντων που έπαιξαν περισσότερες από 3 φορές το επίπεδο Time Trial υποδηλώνει ότι οι περισσότεροι χρήστες κατάφεραν να επιτύχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα σε λιγότερες προσπάθειες. Ο Selection Sort, ως αλγόριθμος, είναι πιο απλός και αποτελεσματικός για τους ανθρώπους, καθώς απαιτεί λιγότερες ανταλλαγές και είναι πιο εύκολο να παρακολουθηθεί και να εφαρμοστεί.

Αυτή η παρατήρηση δείχνει ότι οι συμμετέχοντες μπορούσαν να κατανοήσουν και να εφαρμόσουν τον αλγόριθμο Selection Sort πιο γρήγορα και αποτελεσματικά σε σχέση με τον Bubble Sort. Το γεγονός ότι οι χρήστες πέτυχαν γρήγορους χρόνους και λιγότερα λάθη σε λιγότερες προσπάθειες υποδηλώνει ότι ο αλγόριθμος αυτός είναι πιο προσιτός και κατανοητός για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Συνολικά, η σύγκριση των δύο αλγορίθμων δείχνει ότι, ενώ και οι δύο μπορούν να διδαχθούν μέσω του παιχνιδιού, ο Selection Sort προσφέρει μια πιο εύκολη και άμεση εμπειρία μάθησης. Αυτό είναι σημαντικό για τους σχεδιαστές εκπαιδευτικών εργαλείων, καθώς επισημαίνει την ανάγκη για την ενσωμάτωση αλγορίθμων που είναι εύκολοι να κατανοηθούν και να εφαρμοστούν, ώστε να ενισχυθεί η μάθηση και η αυτοπεποίθηση των χρηστών.

5.2.4 SUS

Το σκορ SUS υπολογίζεται ως εξής: για τις θετικές ερωτήσεις (1, 3, 5, 7, 9), αφαιρείται το 1 από τη βαθμολογία τους, ενώ για τις αρνητικές ερωτήσεις (2, 4, 6, 8, 10), η βαθμολογία αφαιρείται από το 5. Το τελικό σκορ κυμαίνεται από 0 έως 100, με το 100 να υποδηλώνει άψογη χρηστικότητα και εξαιρετική εμπειρία χρήσης, ενώ σκορ κάτω από 50 υποδηλώνουν σοβαρή ανεπάρκεια στη χρηστικότητα και ανάγκη για ουσιαστικές βελτιώσεις.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των απαντήσεων κυμαίνεται στο εύρος 60 έως 80, με

το μέσο σκορ να είναι 75,72 %, υποδηλώνοντας ότι οι χρήστες βρήκαν το παιχνίδι ευχάριστο και εύχρηστο. Ο βαθμός που αντιστοιχεί σε αυτό το σκορ είναι **B** με βάση τον πίνακα 1, γεγονός που επιβεβαιώνει την καλή χρηστικότητα του παιχνιδιού.

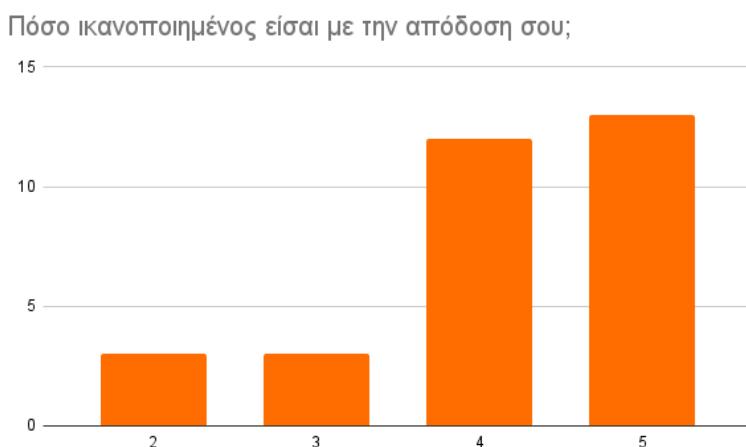
Αυτή η κατανομή των σκορ δείχνει ότι η πλειονότητα των χρηστών είχε μια θετική εμπειρία με το παιχνίδι, αναγνωρίζοντας την ευκολία στη χρήση και την ευχάριστη διάδραση. Το μέσο σκορ 75,72 % τοποθετεί το παιχνίδι πάνω από τον μέσο όρο της χρηστικότητας, υποδεικνύοντας ότι οι περισσότερες πτυχές του είναι καλά σχεδιασμένες και λειτουργικές.

Τα αποτελέσματα αυτά είναι σημαντικά για τους σχεδιαστές του παιχνιδιού, καθώς επιβεβαιώνουν ότι η γενική χρηστικότητα είναι σε καλό επίπεδο, αλλά υποδεικνύουν και περιοχές όπου μπορεί να γίνει περαιτέρω βελτίωση. Η συνεχής ανατροφοδότηση από τους χρήστες και η προσαρμογή στις ανάγκες τους μπορούν να βοηθήσουν στη διατήρηση και την αύξηση αυτών των υψηλών ποσοστών ικανοποίησης, καθιστώντας το παιχνίδι ακόμα πιο αποτελεσματικό και ελκυστικό.

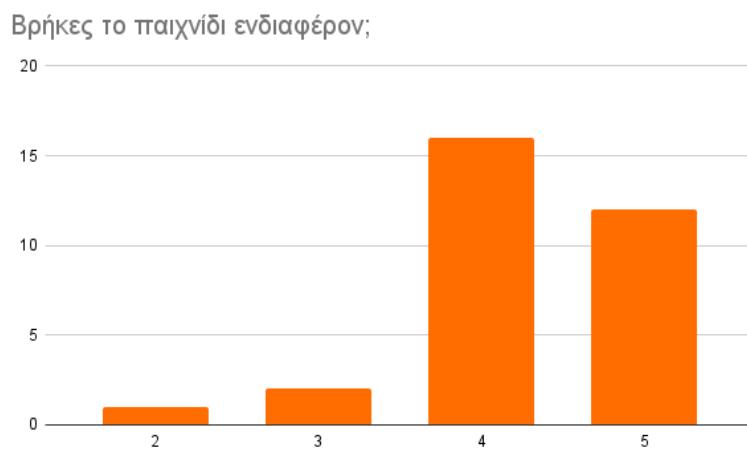
Τα δεδομένα αυτά τονίζουν τη σημασία της χρήσης του SUS ως εργαλείου αξιολόγησης της εμπειρίας χρήστη, επιτρέποντας μια σαφή και μετρήσιμη αξιολόγηση της χρηστικότητας του παιχνιδιού και καθοδηγώντας τις μελλοντικές βελτιώσεις.

5.2.5 Εμπειρία χρηστών

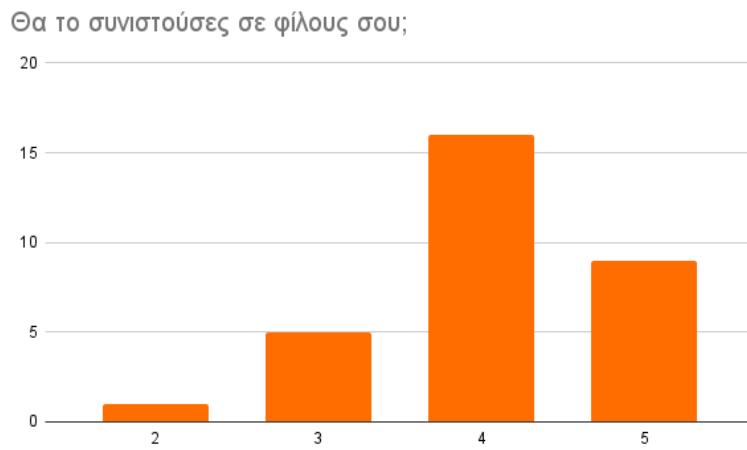
Η πλειοψηφία των συμμετεχόντων δήλωσε ότι βρήκε το παιχνίδι πολύ ενδιαφέρον και ότι θα έπαιζαν ξανά για να δοκιμάσουν διαφορετικούς αλγόριθμους. Όσοι δεν ήταν ικανοποιημένοι εξέφρασαν τη δυσαρέσκειά τους για την έλλειψη σαφών οδηγιών για κάθε αλγόριθμο. Ανέφεραν ότι θα ήθελαν έναν καλύτερο τρόπο για να κατανοήσουν τη λειτουργία των αλγορίθμων πριν ξεκινήσουν να πάζουν.



Εικόνα 43: Ικανοποίηση των συμμετεχόντων με την απόδοση τους

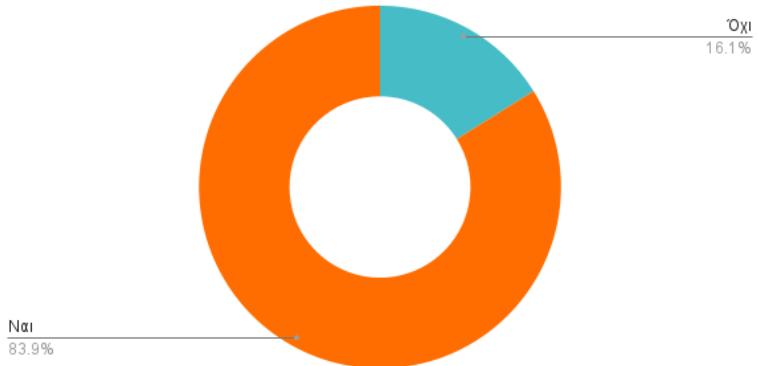


Εικόνα 44: Ενδιαφέρον των συμμετεχόντων για το παιχνίδι



Εικόνα 45: Αριθμός συμμετεχόντων που θα πρότειναν το παιχνίδι σε φίλους

Θα έπαιζες ένα παρόμοιο παιχνίδι μελλοντικά για να μάθεις για αλγόριθμους;



Εικόνα 46: Αριθμός συμμετεχόντων που θα έπαιζαν ξανά ένα παρόμοιο παιχνίδι

Παρατηρήθηκε επίσης ότι στο Guided επίπεδο δυσκολίας οι παίκτες προσπαθούσαν αμέσως να αλληλεπιδράσουν με τα κλειδωμένα κουτιά, παρότι έγραφαν πάνω ότι ήταν κλειδωμένα, κάτι που μπορεί να υποδεικνύει πως το κίτρινο χρώμα τους τραβά την προσοχή.

Αυτές οι παρατηρήσεις παρέχουν πολύτιμη ανατροφοδότηση για τους σχεδιαστές του παιχνιδιού. Η γενική ικανοποίηση των συμμετεχόντων είναι ενθαρρυντική και υποδεικνύει ότι το παιχνίδι είναι ενδιαφέρον και διασκεδαστικό. Ωστόσο, οι ανησυχίες σχετικά με τις σαφείς οδηγίες και την κατανόηση των αλγορίθμων είναι σημαντικές για τη βελτίωση της εμπειρίας χρήστη.

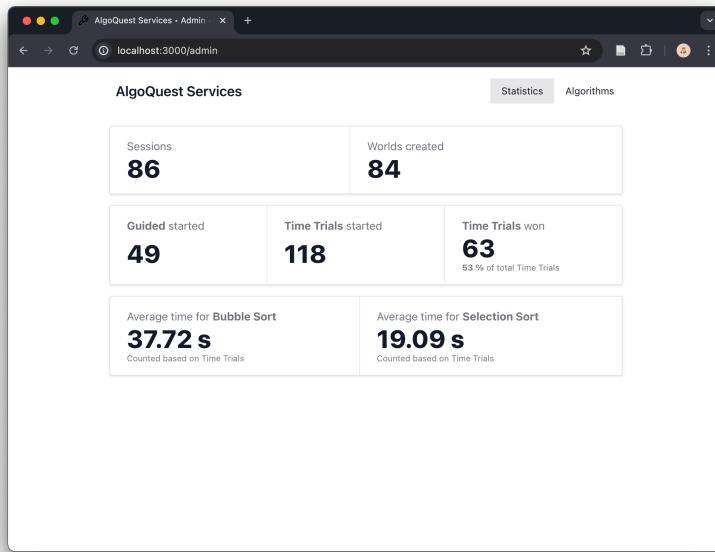
Όσον αφορά την αλληλεπίδραση με τα κλειδωμένα κουτιά στο Guided επίπεδο, η χρήση του κίτρινου χρώματος φαίνεται να τραβά την προσοχή των παικτών, κάτι που μπορεί να προκαλεί σύγχυση. Μια πιθανή βελτίωση θα ήταν να αλλάξει το χρώμα ή να προστεθεί μια επιπλέον ένδειξη που να εξηγεί γιατί τα κουτιά είναι κλειδωμένα και πότε θα γίνουν προσβάσιμα. Αυτό θα μπορούσε να μειώσει την απογοήτευση και να διευκολύνει τη ροή του παιχνιδιού.

Συνολικά, η ανατροφοδότηση από τους συμμετέχοντες είναι εξαιρετικά πολύτιμη για τη συνεχή βελτίωση του παιχνιδιού. Καθώς οι σχεδιαστές λαμβάνουν υπόψη τις προτάσεις και τις παρατηρήσεις των χρηστών, μπορούν να κάνουν προσαρμογές που θα ενισχύσουν την εκπαιδευτική αξία και τη χρηστικότητα του παιχνιδιού, καθιστώντας το ακόμα πιο ελκυστικό και αποτελεσματικό για όλους τους παίκτες.

5.2.6 Στατιστικά διαχειριστικού

Στο διαχειριστικό σύστημα που έχουν πρόσβαση οι εκπαιδευτικοί, παρουσιάζονται βασικά δεδομένα για τους χρήστες και τη χρήση της πλατφόρμας(εικόνα 47). Εδώ, μπορούν να δουν τους χρήστες που έχουν παίξει το παιχνίδι και τους αλγόριθμους που έχουν ολοκληρώσει. Παρατηρείται ότι περίπου το 50 % των

επιπέδων Time Trial είναι επιτυχή. Αυτό το ποσοστό επιτυχίας δείχνει ότι ενώ οι μισοί περίπου παίκτες καταφέρνουν να ολοκληρώσουν επιτυχώς τα επίπεδα, υπάρχει ακόμα ένα σημαντικό ποσοστό που αντιμετωπίζει δυσκολίες, υποδεικνύοντας την ανάγκη για περαιτέρω υποστήριξη ή προσαρμογές στο παιχνίδι.



Εικόνα 47: Στατιστικά διαχειριστικού

Αξιοσημείωτη είναι η σύγκριση των μέσων χρόνων ολοκλήρωσης των αλγορίθμων. Συγκεκριμένα, οι παίκτες παίρνουν περισσότερο χρόνο για να ολοκληρώσουν τον αλγόριθμο Bubble Sort, κάτι που είναι λογικό, καθώς αυτός ο αλγόριθμος απαιτεί περισσότερα βήματα κατά μέσο όρο σε σχέση με άλλους αλγόριθμους, όπως ο Selection Sort. Αυτό το εύρημα υπογραμμίζει τη σχετική πολυπλοκότητα του Bubble Sort και την ανάγκη των συμμετεχόντων για περισσότερο χρόνο και εξάσκηση για την κατανόησή του.

Η μεγαλύτερη διάρκεια ολοκλήρωσης για τον Bubble Sort υποδεικνύει επίσης ότι οι μαθητές μπορεί να χρειάζονται επιπλέον εξηγήσεις και πρακτική για να κατανοήσουν τη διαδικασία και τη λογική πίσω από αυτόν τον αλγόριθμο. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτά τα δεδομένα για να εντοπίσουν τα σημεία όπου οι μαθητές δυσκολεύονται περισσότερο και να παρέχουν επιπλέον υποστήριξη και πόρους για την ενίσχυση της κατανόησης.

Η ανάλυση των δεδομένων χρήσης της πλατφόρμας αποκαλύπτει επίσης τη συμπεριφορά των μαθητών κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Για παράδειγμα, το γεγονός ότι περίπου το 50 % των επιπέδων Time Trial είναι επιτυχή (63 επιτυχίες έναντι 118 προσπαθειών) υποδεικνύει ότι ενώ οι μαθητές βρίσκουν την πρόκληση ελκυστική, υπάρχει επίσης σημαντικός αριθμός αποτυχιών, που μπορεί να οφείλονται σε δυσκολίες στην εφαρμογή των αλγορίθμων υπό χρονική πίεση. Αυτό μπορεί να είναι ένδειξη ότι οι μαθητές χρειάζονται περισσότερη προε-

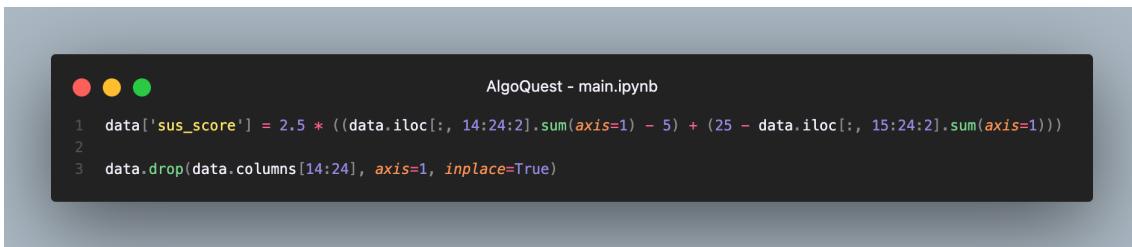
τοιμασία ή ότι οι εκπαιδευτικοί πρέπει να προσαρμόσουν το επίπεδο δυσκολίας ώστε να ταιριάζει καλύτερα στις ικανότητες των μαθητών τους.

Επιπλέον, η διαφορά στους χρόνους ολοκλήρωσης ανάμεσα στους αλγόριθμους υποδεικνύει την ανάγκη για διαφοροποιημένες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις. Ενώ ο αλγόριθμος Bubble Sort απαιτεί περισσότερο χρόνο και ενδεχομένως προκαλεί μεγαλύτερες δυσκολίες, ο αλγόριθμος Selection Sort φαίνεται να είναι πιο προσιτός και κατανοητός από τους μαθητές. Αυτό μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να καθορίσουν ποιοι αλγόριθμοι πρέπει να διδαχθούν πρώτα και πώς να δομηθεί το πρόγραμμα διδασκαλίας για να βελτιωθεί η κατανόηση και η ικανότητα εφαρμογής των μαθητών.

Συνολικά, αυτή η ανάλυση βοηθά τους εκπαιδευτικούς να κατανοήσουν καλύτερα τη χρήση της πλατφόρμας και τις επιδόσεις των μαθητών, επιτρέποντάς τους να προσαρμόσουν κατάλληλα την εκπαιδευτική διαδικασία. Με τη βοήθεια των δεδομένων, μπορούν να βελτιώσουν την εμπειρία μάθησης, να ενισχύσουν τις αδύναμες περιοχές και να προωθήσουν μια πιο αποδοτική και ευχάριστη εκπαίδευση.

5.3 Εξαγωγή δεδομένων

Για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων του ερωτηματολογίου και την καλύτερη κατανόησή τους, υλοποιήθηκε ένα script σε Python. Το script αυτό ενώνει τα δεδομένα για τους διαφορετικούς αλγόριθμους, ώστε να είναι πιο κατανοητά συνολικά, και υπολογίζει το σκορ SUS.



```
AlgoQuest - main.ipynb
1 data['sus_score'] = 2.5 * ((data.iloc[:, 14:24].sum(axis=1) - 5) + (25 - data.iloc[:, 15:24].sum(axis=1)))
2
3 data.drop(data.columns[14:24], axis=1, inplace=True)
```

Εικόνα 48: Υπολογισμός σκορ SUS

Το script δέχεται ως είσοδο τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου σε μορφή CSV και εξάγει τα ζητούμενα αποτελέσματα. Μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον για την επεξεργασία επιπλέον δεδομένων από το ερωτηματολόγιο.

Κεφάλαιο 6

Συμπεράσματα & μελλοντικά βήματα

6.1 Συμπεράσματα

Η χρήση του 3D εικονικού κόσμου για τη διδασκαλία αλγορίθμων αποδείχθηκε γενικά επιτυχημένη. Οι συμμετέχοντες, με μέσο όρο ηλικίας μεταξύ 19 και 31 ετών, βρήκαν την εμπειρία ευχάριστη και εύχρηστη, όπως υποδεικνύεται από το μέσο σκορ του SUS που ήταν 75,72 %. Αυτό το σκορ δείχνει ότι το παιχνίδι πέτυχε να κάνει τη μάθηση πιο ελκυστική και ενδιαφέρουσα για τους χρήστες.

Οστόσο, η έλλειψη σαφών οδηγιών για τους αλγόριθμους προκάλεσε δυσαρέσκεια σε αρκετούς συμμετέχοντες. Αυτοί οι συμμετέχοντες ανέφεραν ότι χρειάζονται καλύτερη καθοδήγηση και εκπαιδευτικά υλικά για να κατανοήσουν τη λειτουργία των αλγορίθμων πριν ξεκινήσουν να παίζουν. Αυτό το σημείο είναι κρίσιμο, καθώς η κατανόηση των βασικών αρχών των αλγορίθμων είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική χρήση του εκπαιδευτικού εργαλείου.

Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι οι παίκτες στο Guided επίπεδο δυσκολίας προσπαθούσαν αμέσως να αλληλεπιδράσουν με τα κλειδωμένα κουτιά, παρά την ένδειξη ότι ήταν κλειδωμένα. Αυτό υποδεικνύει μια πιθανή σύγχυση που προκύπτει από το κίτρινο χρώμα των κουτιών, το οποίο τραβά την προσοχή των παικτών. Αυτό το εύρημα δείχνει την ανάγκη για αλλαγή στην οπτική σχεδίαση, ώστε να γίνεται πιο σαφές ότι τα κουτιά δεν είναι προσβάσιμα.

Η σύγκριση των χρόνων ολοκλήρωσης των αλγορίθμων έδειξε ότι ο αλγόριθμος Bubble Sort απαιτεί περισσότερο χρόνο για ολοκλήρωση σε σχέση με τον αλγόριθμο Selection Sort. Αυτό είναι λογικό, δεδομένου ότι ο Bubble Sort είναι ένας πιο χρονοβόρος αλγόριθμος λόγω του μεγαλύτερου αριθμού βημάτων που απαιτεί. Αυτή η διαφορά υποδεικνύει ότι οι μαθητές χρειάζονται περισσότερο χρόνο και καθοδήγηση για να κατανοήσουν και να εφαρμόσουν τον Bubble Sort. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτή την πληροφορία για να αφιερώσουν περισσότερο χρόνο στην διδασκαλία του συγκεκριμένου αλγορίθμου.

Η επιτυχία στα επίπεδα Time Trial ήταν περίπου 50 %, υποδεικνύοντας ότι οι μαθητές βρίσκουν τα επίπεδα προκλητικά, αλλά καταφέρνουν να τα ολοκληρώσουν με επιτυχία σε σημαντικό ποσοστό. Αυτό δείχνει ότι τα επίπεδα Time Trial είναι ισορροπημένα σε ότι αφορά την πρόκληση που προσφέρουν, ενώ παράλ-

ληλα παρέχουν στους μαθητές την ευκαιρία να βελτιώσουν τις δεξιότητές τους. Το γεγονός ότι οι συμμετέχοντες έπαιξαν το επίπεδο Time Trial περισσότερες από 3 φορές δείχνει μια προσπάθεια βελτίωσης και ανταγωνιστικό πνεύμα. Αυτό υποδηλώνει ότι οι μαθητές δεν εγκαταλείπουν εύκολα και προσπαθούν να πετύχουν καλύτερα αποτελέσματα, κάτι που είναι θετικό για την εκπαιδευτική τους πορεία.

6.2 Μελλοντικά βήματα

Για τη βελτίωση της εμπειρίας χρήστη, είναι απαραίτητο να ενσωματωθούν πιο λεπτομερείς και σαφείς οδηγίες για κάθε αλγόριθμο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της δημιουργίας διαδραστικών οδηγών ή επιπέδων εκπαίδευσης που θα προσφέρουν μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση πριν οι παίκτες προχωρήσουν στα κανονικά επίπεδα του παιχνιδιού. Η παροχή λεπτομερών εξηγήσεων και παραδειγμάτων για κάθε αλγόριθμο θα βοηθήσει τους χρήστες να κατανοήσουν καλύτερα τις λειτουργίες και τις εφαρμογές τους.

Επίσης, η αλλαγή της οπτικής σχεδίασης των κλειδωμένων κουτιών στο Guided επίπεδο είναι απαραίτητη. Το κίτρινο χρώμα που τραβά την προσοχή των παικτών πρέπει να αλλάξει ή να προστεθούν επιπλέον οπτικές ενδείξεις που να εξηγούν ξεκάθαρα ότι τα κουτιά είναι κλειδωμένα και μη προσβάσιμα. Αυτή η αλλαγή θα μειώσει τη σύγχυση και θα διευκολύνει τη ροή του παιχνιδιού.

Η αναθεώρηση των επιπέδων δυσκολίας είναι επίσης σημαντική. Τα επίπεδα πρέπει να προσαρμοστούν καλύτερα στις ικανότητες των μαθητών, παρέχοντας περισσότερη προετοιμασία και υποστήριξη για τους πιο δύσκολους αλγόριθμους, όπως ο Bubble Sort. Αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνει επιπλέον εκπαιδευτικό υλικό, παραδείγματα και εξάσκηση για να βελτιωθεί η κατανόηση και η απόδοση των μαθητών.

Για να ενθαρρυνθεί η εξερεύνηση των αλγορίθμων, η διάταξη των επιλογών των αλγορίθμων στο παιχνίδι πρέπει να αναθεωρηθεί. Η τρέχουσα διάταξη φαίνεται να επηρεάζει τις αποφάσεις των χρηστών, και η αναδιάταξη των επιλογών μπορεί να ενθαρρύνει τους χρήστες να εξερευνήσουν και να χρησιμοποιήσουν όλους τους διαθέσιμους αλγορίθμους.

Τέλος, η υποστήριξη του ανταγωνιστικού πνεύματος και της προσωπικής βελτίωσης των μαθητών είναι κρίσιμη. Η δημιουργία πρόσθετων κινήτρων, όπως πίνακες κατάταξης ή βραβεία για τις καλύτερες επιδόσεις, μπορεί να ενισχύσει το ανταγωνιστικό πνεύμα και να προωθήσει την προσωπική βελτίωση. Αυτά τα μέτρα θα κάνουν την εμπειρία του παιχνιδιού πιο ενδιαφέρουσα και θα ενθαρρύνουν τους μαθητές να συνεχίσουν να προσπαθούν για καλύτερα αποτελέσματα.

Η ανάπτυξη μιας ισχυρής κεντρικής υποδομής backend είναι κρίσιμη για τη διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας της πλατφόρμας. Αυτή η υποδομή πρέπει να μπορεί να υποστηρίξει τη δυναμική φόρτωση αλγορίθμων, να παρέχει στατιστικά στοιχεία σε πραγματικό χρόνο και να επιτρέπει την εύκολη διαχείριση και

παρακολούθηση της απόδοσης των μαθητών. Η κεντρική υποδομή πρέπει να είναι επεκτάσιμη και ευέλικτη, ώστε να μπορεί να προσαρμοστεί σε μελλοντικές ανάγκες και απαιτήσεις.

Η δυνατότητα δυναμικής φόρτωσης αλγορίθμων στην πλατφόρμα είναι απαραίτητη για τη συνεχή ανανέωση και την προσαρμογή του περιεχομένου στις ανάγκες των χρηστών. Αυτό θα επιτρέψει την εύκολη προσθήκη νέων αλγορίθμων και τη βελτίωση των υπαρχόντων, χωρίς την ανάγκη για εκτεταμένες αλλαγές στον κώδικα. Η δυναμική φόρτωση θα εξασφαλίσει ότι η πλατφόρμα παραμένει ενημερωμένη και σχετική με τις σύγχρονες εκπαιδευτικές απαιτήσεις.

Αναφορές

- [1] G. M. Bodner, "The role of algorithms in teaching problem solving," vol. 64, no. 6, p. 513. [Online]. Available: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed064p513>
- [2] M. Črepinšek, S.-H. Liu, and L. Mernik, "A note on teaching-learning-based optimization algorithm," vol. 212, pp. 79–93. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020025512003532>
- [3] Π. Κουφούλη, "Εκπαιδευτικό λογισμικό για τη διδασκαλία αλγορίθμων."
- [4] Π. Δήμογλου, "Διδασκαλία αλγορίθμων στο δημοτικό σχολείο: μια ολοκληρωμένη προσέγγιση," accepted: 2023-03-22T12:54:17Z. [Online]. Available: <http://hellanicus.lib.aegean.gr/handle/11610/24958>
- [5] visualising data structures and algorithms through animation - VisuAlgo. [Online]. Available: <https://visualgo.net/en>
- [6] Sort visualizer. [Online]. Available: <https://sortvisualizer.com>
- [7] C. Girvan, "What is a virtual world? definition and classification," vol. 66, no. 5, pp. 1087–1100. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9577-y>
- [8] Virtual reality in education: Benefits, uses & examples. [Online]. Available: <https://builtin.com/articles/virtual-reality-in-education>
- [9] Benefits of virtual reality in education: Tools & resources | american university. Section: Uncategorized. [Online]. Available: <https://soeonline.american.edu/blog/benefits-of-virtual-reality-in-education/>
- [10] Explore these virtual worlds for learning. [Online]. Available: <https://iste.org/blog/explore-these-virtual-worlds-for-learning>
- [11] T. Staff. 20 uses for virtual worlds in the classroom. [Online]. Available: <https://www.teachthought.com/the-future-of-learning/virtual-worlds/>
- [12] F. Grivokostopoulou, I. Perikos, and I. Hatzilygeroudis, "An innovative educational environment based on virtual reality and gamification for learning search algorithms," in *2016 IEEE Eighth International Conference on Technology for Education (T4E)*, pp. 110–115. [Online]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7814804?casa_token=cYRE6XLRl54AAAAAA:QE4FinVIU8gdL7y4HVptmT9jG-pukykBJNVlys96orzgHzTF-Kiqi2YHLW5qC2MVlegGITNg8aw
- [13] ——, "An educational system for learning search algorithms and automatically assessing student performance," vol. 27, no. 1, pp. 207–240. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0116-x>

- [14] R. Damaševičius and T. Sidekerskienė, “Virtual worlds for learning in metaverse: A narrative review,” vol. 16, no. 5, p. 2032, number: 5 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/5/2032>
- [15] E. Rossiou, C. Paparizos, and S. Papadakis, “Using LAMS to facilitate an effective synchronous virtual classroom in the teaching of algorithms to undergraduate students.”
- [16] Real-time 3d development platform & editor. [Online]. Available: <https://unity.com/products/unity-engine>
- [17] “Unity (game engine),” page Version ID: 1219660611. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Unity_\(game_engine\)&oldid=1219660611](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Unity_(game_engine)&oldid=1219660611)
- [18] J. K. Haas. A history of the unity game engine. Publisher: Worcester Polytechnic Institute.
- [19] Unity QA - LTS releases - unity. [Online]. Available: <https://unity.com/releases/editor/qa/lts-releases?version=2017.1>
- [20] U. Technologies. LTS vs tech stream: Choose the right unity release for you. [Online]. Available: <https://unity.com/releases/lts-vs-tech-stream>
- [21] Unity ads: Mobile game ad network platform & analytics. [Online]. Available: <https://unity.com/products/unity-ads>
- [22] Game insights & analytics dashboard software. [Online]. Available: <https://unity.com/products/unity-analytics>
- [23] Unity cloud: Products for real-time 3d creators. [Online]. Available: <https://unity.com/products/unity-cloud>
- [24] Multiplayer and network game solutions. [Online]. Available: <https://unity.com/solutions/multiplayer>
- [25] A. Al-Said Ahmad and P. Andras, “Scalability analysis comparisons of cloud-based software services,” vol. 8, no. 1, p. 10. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1186/s13677-019-0134-y>
- [26] F. Leroux. Best unity game engine alternatives in 2024. Section: Games. [Online]. Available: <https://www.androidpolice.com/best-unity-game-engine-alternative/>
- [27] G. Engine. Godot engine - free and open source 2d and 3d game engine. [Online]. Available: <https://godotengine.org/>
- [28] The most powerful real-time 3d creation tool - unreal engine. [Online]. Available: <https://www.unrealengine.com/en-US>

- [29] T. Batsikas, "DevTotoro/AlgoQuest," original-date: 2024-06-19T14:06:52Z. [Online]. Available: <https://github.com/DevTotoro/AlgoQuest>
- [30] U. Technologies. Unity - manual: Editor windows. [Online]. Available: <https://docs.unity3d.com/Manual/editor-EditorWindows.html>
- [31] Entity component system | entities | 0.17.0-preview.42. [Online]. Available: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.entities@0.17/manual/index.html>
- [32] DOTS - unity's data-oriented technology stack. [Online]. Available: <https://unity.com/dots>
- [33] C# | modern, open-source programming language for .NET. [Online]. Available: <https://dotnet.microsoft.com/en-us/languages/csharp>
- [34] What is RESTful API? - RESTful API explained - AWS. [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/what-is/restful-api/>
- [35] HTTP request methods - HTTP | MDN. [Online]. Available: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Methods>
- [36] What is SQL? - structured query language (SQL) explained - AWS. [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/what-is/sql/>
- [37] What is NoSQL? | nonrelational databases, flexible schema data models | AWS. [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/nosql/>
- [38] MySQL. [Online]. Available: <https://www.mysql.com/>
- [39] P. G. D. Group. PostgreSQL. [Online]. Available: <https://www.postgresql.org/>
- [40] Stack overflow developer survey 2023. [Online]. Available: https://survey.stackoverflow.co/2023/?utm_source=social-share&utm_medium=social&utm_campaign=dev-survey-2023
- [41] Docker: Accelerated container application development. [Online]. Available: <https://www.docker.com/>
- [42] Node.js — run JavaScript everywhere. [Online]. Available: <https://nodejs.org/en>
- [43] V8 JavaScript engine. [Online]. Available: <https://v8.dev/>
- [44] Next.js by vercel - the react framework. [Online]. Available: <https://nextjs.org/>
- [45] React. [Online]. Available: <https://react.dev/>
- [46] Amazon s3 - cloud object storage - AWS. [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/s3/>

//aws.amazon.com/s3/

- [47] Amazon firehose - streaming data pipeline - amazon web services. [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/firehose/>
- [48] The snowflake AI data cloud - mobilize data, apps, and AI. [Online]. Available: <https://www.snowflake.com/en/>
- [49] Code Monkey, "Making a MULTIPLAYER game? join your players with LOBBY!" [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=KDIEBfCBIU>
- [50] NetworkVariables | unity multiplayer networking. [Online]. Available: <https://docs-multiplayer.unity3d.com/netcode/current/basics/networkvariable/>
- [51] Rpc | unity multiplayer networking. [Online]. Available: <https://docs-multiplayer.unity3d.com/netcode/current/advanced-topics/message-system/rpc/>
- [52] Mermaid | diagramming and charting tool. [Online]. Available: <https://mermaid.js.org/>
- [53] Cloud computing services - amazon web services (AWS). [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/>
- [54] Cloud computing, hosting services, and APIs. [Online]. Available: <https://cloud.google.com/gcp>
- [55] "System usability scale," page Version ID: 1222590984. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=System_usability_scale&oldid=1222590984
- [56] What every client should know about SUS scores | bentley university. [Online]. Available: <https://www.bentley.edu/centers/user-experience-center/what-every-client-should-know-about-sus-scores>
- [57] J. Brooke, "SUS: A quick and dirty usability scale," vol. 189.
- [58] System usability scale. [Online]. Available: <https://uxls.org/methods/system-usability-scale/>
- [59] J. Bellio. SUS: Enhancing UX with the system usability scale. [Online]. Available: <https://blog.uxtweak.com/system-usability-scale/>

Παραρτήματα

Δομή βάσης δεδομένων

Πίνακας "sessions"

Αντιπροσωπεύει μία είσοδο ενός παίκτη στο παιχνίδι. Μπορεί να είναι ο ίδιος πραγματικός παίκτης, είτε με διαφορετικό, είτε με το ίδιο όνομα χρήστη. Οι στήλες του πίνακα είναι οι εξής:

- **id:** Το μοναδικό id κάθε session
- **username:** Το μή-μοναδικό όνομα χρήστη
- **created_at:** Η ημερομηνία και ώρα δημιουργίας του session

Πίνακας "time_trials"

Αποθηκεύει πληροφορίες για κάθε επιτυχή προσπάθεια παίκτη στη δυσκολία με χρονομέτρηση. Ο πίνακας αυτός χρησιμοποιείται σαν πίνακας σκορ, ο οποίος εμφανίζεται στους παίκτες. Οι στήλες του πίνακα είναι οι εξής:

- **id:** Το μοναδικό id της κάθε εγγραφής
- **type:** Ο αλγόριθμος τον οποίο αφορά η εγγραφή (π.χ. Bubble Sort)
- **time:** Ο χρόνος στον οποίο ολοκληρώθηκε η προσπάθεια (σε milliseconds)
- **number_of_values:** Ο αριθμός των κουτιών όταν έγινε η προσπάθεια
- **required_moves:** Ο ελάχιστος αριθμός κινήσεων που χρειαζόταν για την ταξινόμηση των αρχικών τιμών
- **created_at:** Η ημερομηνία και ώρα που ολοκληρώθηκε η προσπάθεια

Ο στόχος των στηλών **number_of_values** και **required_moves** είναι έτσι ώστε τα σκορ που εμφανίζονται στους παίκτες να είναι σχετικά με αυτά που χρειάζονται να κάνουν οι ίδιοι. Για παράδειγμα αν ένας παίκτης παίζει το παιχνίδι με 10 κουτιά δεν είναι σωστό να εμφανίζονται τα τοπ σκορ παικτών που έχουν γίνει με 5 κουτιά.

Πίνακας "container_interactions"

Ο πίνακας αυτός αποθηκεύει κάθε αλληλεπίδραση ενός παίκτη με κάποιο κουτί. Μέσω αυτού του πίνακα μπορεί κάποιος να βρει κάθε κίνηση που έχει κάνει ένας παίκτης σε οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού του.

- **id:** Το μοναδικό id της κάθε εγγραφής

- **container_index:** Η θέση του κουτιού στη λίστα με όλα τα κουτιά
- **received_value:** Η τιμή που ο παίκτης πήρε από το κουτί
- **placed_value:** Η τιμή που ο παίκτης άφησε στο κουτί
- **is_valid:** Εάν η κίνηση είναι σωστή η λάθος
- **container_values:** Οι τιμές όλων των κουτιών αμέσως μετά την αλληλεπίδραση του παίκτη
- **algorithm_type:** Ο αλγόριθμος τον οποίο αφορά η εγγραφή (π.χ. Bubble Sort)
- **game_mode:** Η επιλεγμένη δυσκολία (Guided, Time Trial)
- **created_at:** Η ημερομηνία και ώρα που έγινε η αλληλεπίδραση
- **session_id:** Το μοναδικό id του παίκτη που έκανε την αλληλεπίδραση

Πίνακας "logs"

Ο πίνακας αποθηκεύει πληροφορίες για κάθε κίνηση του παίκτη μέσα στο παιχνίδι, εκτός από τις αλληλεπιδράσεις με τα κουτιά. Εγγραφές σε αυτό το πίνακα δημιουργούνται όταν ένας παίκτης δημιουργεί ή κλείνει έναν κόσμο, όταν ξεκινά ένα παιχνίδι και όταν είναι επιτυχής ή αποτυχής σε μία προσπάθεια του.

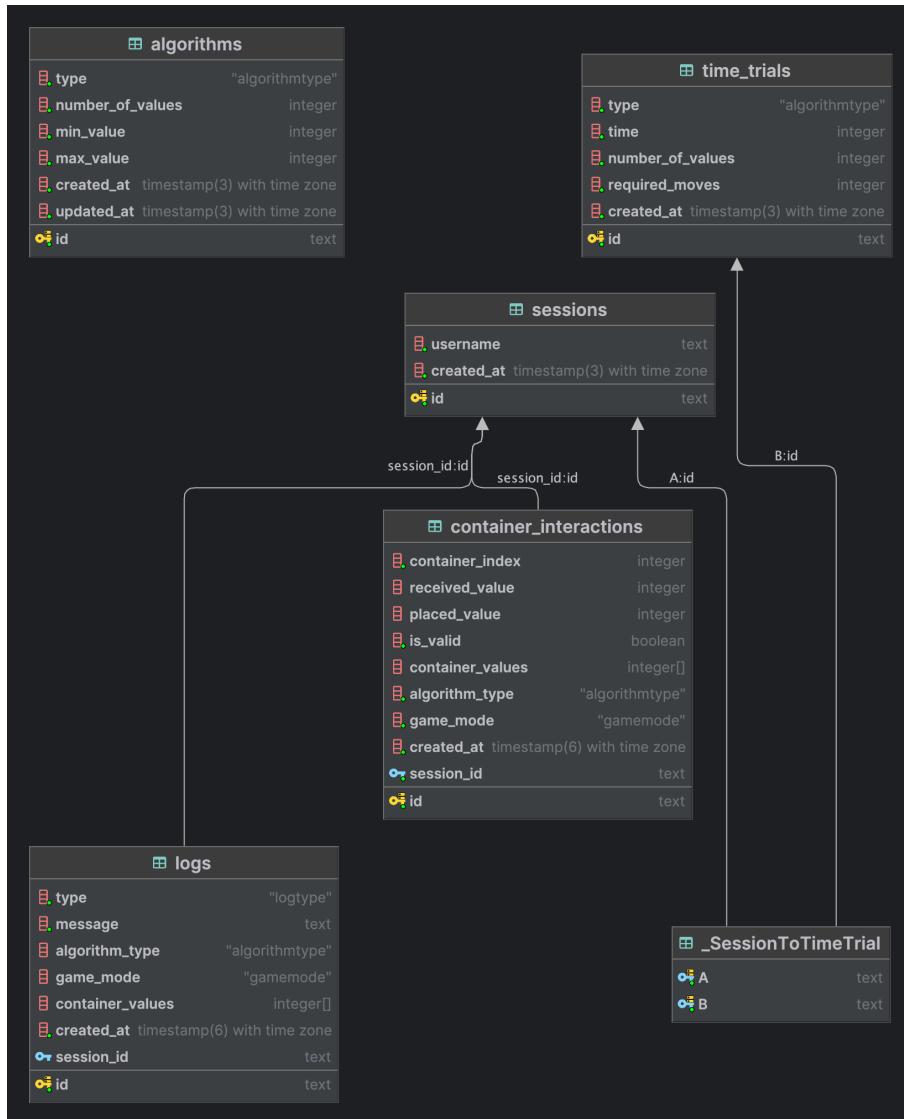
- **id:** Το μοναδικό id της κάθε εγγραφής
- **type:** Ο τύπος του log (Game Won, Game Over, etc.)
- **message:** Ένα μήνυμα που περιγράφει το log
- **algorithm_type:** Ο αλγόριθμος τον οποίο αφορά η εγγραφή (π.χ. Bubble Sort)
- **game_mode:** Η επιλεγμένη δυσκολία (Guided, Time Trial)
- **container_values:** Οι τιμές όλων των κουτιών τη στιγμή του log
- **created_at:** Η ημερομηνία και ώρα του log
- **session_id:** Το μοναδικό id του παίκτη που έκανε το log

Πίνακας "algorithms"

Ο πίνακας αυτός περιέχει ρυθμίσεις για τους αλγόριθμους μέσα στο παιχνίδι. Εδώ βρίσκονται οι ρυθμίσεις για τον αριθμό των κουτιών που εμφανίζονται για τον εκάστοτε αλγόριθμο, καθώς και λοιπές ρυθμίσεις τους. Οι τιμές αυτές αλλάζουν μέσω της διαχειριστικής διεπαφής που έχουν πρόσβαση οι εκπαιδευτικοί.

- **id:** Το μοναδικό id της κάθε εγγραφής
- **type:** Ο αλγόριθμος τον οποίο αφορούν οι ρυθμίσεις (π.χ. Bubble Sort)
- **number_of_values:** Ο αριθμός των κουτιών που θα εμφανιστούν
- **min_value:** Η μικρότερη τιμή που μπορεί να εμφανιστεί σε κουτί
- **max_value:** Η μεγαλύτερη τιμή που μπορεί να εμφανιστεί σε κουτί
- **created_at:** Η ημερομηνία και ώρα που δημιουργήθηκαν οι ρυθμίσεις
- **updated_at:** Η ημερομηνία και ώρα που άλλαξαν τελευταία φορά οι ρυθμίσεις

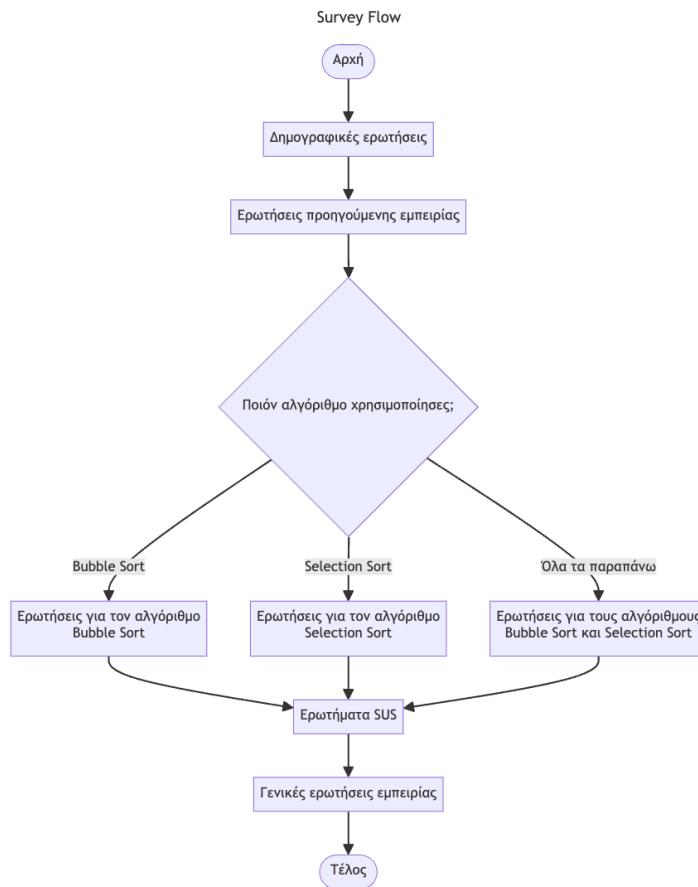
Σχεσιακό διάγραμμα



Εικόνα 49: Σχεσιακό διάγραμμα της βάσης δεδομένων

Ερωτηματολόγιο

Ροή ερωτηματολογίου



Εικόνα 50: Ροή του ερωτηματολογίου

Για τη δημιουργία του διαγράμματος 50 χρησιμοποιήθηκε το Mermaid[52].

Ερωτήσεις

Φύλο *

- Αρσενικό
- Θηλυκό
- Δεν επιθυμώ να απαντήσω
- Άλλο: _____

Εικόνα 51: Ερώτηση για το φύλο

Ηλικία *

- 19 έως 24
- 25 έως 31
- 32 έως 38
- 39+
- Δεν επιθυμώ να απαντήσω

Εικόνα 52: Ερώτηση για την ηλικία

'Έχεις προηγούμενη εμπειρία με αλγόριθμους; *

- Ναι
- Όχι

Εικόνα 53: Ερώτηση για προηγούμενη εμπειρία με αλγόριθμους

Ποια είναι η εμπειρία σου με αλγόριθμους; *

Η απάντησή σας

Εικόνα 54: Ερώτηση για την επεξήγηση της προηγούμενης εμπειρίας με αλγόριθμους

'Έχεις προηγούμενη εμπειρία από παιχνίδια; *

- Ναι
- Όχι

Εικόνα 55: Ερώτηση για προηγούμενη εμπειρία με παιχνίδια

Ποια είναι η εμπειρία σου με παιχνίδια; *

Η απάντησή σας

Εικόνα 56: Ερώτηση για την επεξήγηση της προηγούμενης εμπειρίας με παιχνίδια

Ποιον αλγόριθμο χρησιμοποιήσες; *

- Bubble Sort
- Selection Sort
- Όλα τα παραπάνω

Εικόνα 57: Ερώτηση για την επιλογή αλγορίθμου

Γνώριζες τη λειτουργία του αλγόριθμου Bubble Sort; *



Εικόνα 58: Ερώτηση για τη γνώση του αλγορίθμου Bubble Sort

Πόσες φορές χρησιμοποίησες το **Guided** επίπεδο δυσκολίας για τον αλγόριθμο Bubble Sort; *

- 0
- 1 έως 3
- 4 έως 6
- 7+
- Δεν επιθυμώ να απαντήσω

Εικόνα 59: Ερώτηση για τον αριθμό των χρήσεων του Bubble Sort σε δυσκολία Guided

Πόσες φορές χρησιμοποιήσες το **Time Trial** επίπεδο δυσκολίας για τον αλγόριθμο Bubble Sort: *

- 0
- 1 έως 3
- 4 έως 6
- 7+
- Δεν επιθυμώ να απαντήσω

Εικόνα 60: Ερώτηση για τον αριθμό των χρήσεων του Bubble Sort σε δυσκολία Time Trial

Γνώριζες τη λειτουργία του αλγόριθμου Selection Sort: *



Εικόνα 61: Ερώτηση για τη γνώση του αλγορίθμου Selection Sort

Πόσες φορές χρησιμοποιήσες το **Guided** επίπεδο δυσκολίας για τον αλγόριθμο Selection Sort: *

- 0
- 1 έως 3
- 4 έως 6
- 7+
- Δεν επιθυμώ να απαντήσω

Εικόνα 62: Ερώτηση για τον αριθμό των χρήσεων του Selection Sort σε δυσκολία Guided

Πόσες φορές χρησιμοποιήσες το **Time Trial** επίπεδο δυσκολίας για τον αλγόριθμο Selection Sort:

*

- 0
- 1 έως 3
- 4 έως 6
- 7+
- Δεν επιθυμώ να απαντήσω

Εικόνα 63: Ερώτηση για τον αριθμό των χρήσεων του Selection Sort σε δυσκολία Time Trial

1. Θα ήθελα να παίζω αυτό το παιχνίδι συχνά *



Εικόνα 64: Ερώτηση SUS 1

2. Το παιχνίδι είναι πιο πολύπλοκο από ότι θα έπρεπε να είναι *



Εικόνα 65: Ερώτηση SUS 2

3. Το παιχνίδι είναι απλό και εύκολο στη χρήση *



Εικόνα 66: Ερώτηση SUS 3

4. Πιστεύω ότι θα χρειαζόμουν την βοήθεια κάποιου τεχνικού για να παίξω *
αυτό το παιχνίδι

1	2	3	4	5		
Διαφωνώ	<input type="radio"/>	Συμφωνώ				

Εικόνα 67: Ερώτηση SUS 4

5. Όλες οι λειτουργίες του παιχνιδιού είναι σωστά ενταγμένες *

1	2	3	4	5		
Διαφωνώ	<input type="radio"/>	Συμφωνώ				

Εικόνα 68: Ερώτηση SUS 5

6. Βρήκα το παιχνίδι πολύ δυσάρεστο στη χρήση *

1	2	3	4	5		
Διαφωνώ	<input type="radio"/>	Συμφωνώ				

Εικόνα 69: Ερώτηση SUS 6

7. Θεωρώ πως κάποιος μπορεί εύκολα να παίξει το παιχνίδι *

1	2	3	4	5		
Διαφωνώ	<input type="radio"/>	Συμφωνώ				

Εικόνα 70: Ερώτηση SUS 7

8. Θεωρώ πως το παιχνίδι είναι πολύ χρονοβόρο *

1	2	3	4	5		
Διαφωνώ	<input type="radio"/>	Συμφωνώ				

Εικόνα 71: Ερώτηση SUS 8

9. Νιώθω άνετα παιζοντας αυτό το παιχνίδι *

1	2	3	4	5		
Διαφωνώ	<input type="radio"/>	Συμφωνώ				

Εικόνα 72: Ερώτηση SUS 9

10. Θεωρώ πως πρέπει να μάθω πολλά πράγματα πριν παίξω αυτό το παιχνίδι *

1	2	3	4	5		
Διαφωνώ	<input type="radio"/>	Συμφωνώ				

Εικόνα 73: Ερώτηση SUS 10

Πόσο ικανοποιημένος είσαι με την απόδοση σου; *

1	2	3	4	5		
Καθόλου	<input type="radio"/>	Πάρα πολύ				

Εικόνα 74: Ερώτηση για την ικανοποίηση από την απόδοση του παίκτη στο παιχνίδι

Βρήκες το παιχνίδι ενδιαφέρον; *

1	2	3	4	5	
Καθόλου	<input type="radio"/> Πάρα πολύ				

Εικόνα 75: Ερώτηση για το ενδιαφέρον του παίκτη για το παιχνίδι

Θα το συνιστούσες σε φίλους σου; *

1	2	3	4	5	
Καθόλου	<input type="radio"/> Πάρα πολύ				

Εικόνα 76: Ερώτηση για την πρόταση του παιχνιδιού σε φίλο

Θα έπαιζες ένα παρόμοιο παιχνίδι μελλοντικά για να μάθεις για αλγόριθμους;

*

- Όχι
- Ναι

Εικόνα 77: Ερώτηση για το αν ο παίκτης θα ήθελε να παίξει παρόμοιο παιχνίδι στο μέλλον