



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΑΙΧΝΙΔΙ ΔΩΜΑΤΙΟΥ ΑΠΟΔΡΑΣΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΗΤΗΣ
ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ***

ΗΛΙΑΣ ΜΗΤΣΙΓΙΩΡΓΗΣ

A.M. 171044

Εισηγητής: Δρ ΧΡΗΣΤΟΣ ΤΡΟΥΣΣΑΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2024

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΑΙΧΝΙΔΙ ΔΩΜΑΤΙΟΥ ΑΠΟΔΡΑΣΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ**

Ηλίας Μητσιγιώργης

A.M. 171044

Εισηγητής:

Δρ ΧΡΗΣΤΟΣ ΤΡΟΥΣΣΑΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Εξεταστική Επιτροπή:

- 1. Χρήστος Τρούσσας, Επ. Καθηγητής**
- 2. Ακριβή Κρούσκα, Μέλος ΕΔΙΠ**
- 3. Παναγιώτα Τσελέντη, Μέλος ΕΔΙΠ**

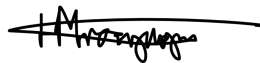
Ημερομηνία εξέτασης: Μάρτιος 2024

Γλώσσα συγγραφής: Ελληνική

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

«Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Ο Δηλών



ΗΛΙΑΣ ΜΗΤΣΙΓΙΩΡΓΗΣ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώθηκε στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής στο εξαιρετικά ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο της Εφαρμοσμένης Τεχνητής Νοημοσύνης. Την προσπάθειά μου αυτή υποστήριξε ο επιβλέπων καθηγητής μου Δρ Τρούσσας Χρήστος, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω για την ανάθεση του τόσο ενδιαφέροντος αυτού θέματος, και την συνεχή καθοδήγησή του και προθυμία να βοηθήσει σε οποιοδήποτε απορία προέκυπτε. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη συμπαράσταση τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου και συναδέλφους, που συμμετείχαν στο παιχνίδι απόδρασης, και συνέβαλαν με τα σχόλιά τους και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν στον έλεγχο και τη βελτιστοποίηση του.

Ηλίας Μητσιγιώργης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η δημιουργία ενός παιχνιδιού απόδρασης (escape game) στο οποίο η δυσκολία μεταβάλλεται δυναμικά σύμφωνα με την ικανότητα και την εμπειρία του χρήστη, με απώτερο σκοπό να εξασφαλίζεται η μεγαλύτερη δυνατή ικανοποίησή του. Η εύρεση του ιδανικού επιπέδου δυσκολίας γίνεται με χρήση της μοντελοποίησης της γνώσης μέσω ασαφούς λογικής (fuzzy logic). Η πρώτη αναφορά της έννοιας της ασαφούς λογικής και της εφαρμογής της σε μαθηματικά σύνολα σημειώνεται το 1965, και έκτοτε τα ασαφή συστήματα έχουν χρησιμοποιηθεί σε πληθώρα εφαρμογών σε τομείς όπως η υγεία, το περιβάλλον, οι μεταφορές και οι εκπαίδευση. Όσον αφορά τα παιχνίδια ηλεκτρονικού υπολογιστή, η χρήση ασαφών βαρών (fuzzy weights) για την διαφοροποίηση των επιπέδων δυσκολίας αποτελεί έναν καινοτόμο τρόπο ενσωμάτωσης των δυνατοτήτων της ασαφούς λογικής στην βελτιστοποίηση των παιχνιδιών απόδρασης. Συγκεκριμένα, ο παίκτης καλείται αρχικά να απαντήσει ερωτηματολόγιο, οι ερωτήσεις του οποίου αφορούν τη γνώση του τόσο στην χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή όσο και την εμπειρία του σε αντίστοιχης μορφής παιχνίδια. Με βάση τις απαντήσεις αυτές διαμορφώνεται η αρχική κατάταξή του σε ομάδες επιπέδων δυσκολίας. Μετά τον καθορισμό του επιπέδου δυσκολίας, ο παίκτης εισέρχεται σε δωμάτιο υποδοχής (lobby) το οποίο καλείται να ολοκληρώσει. Το δωμάτιο αυτό περιλαμβάνει γρίφους τους οποίους καλείται να επιλύσει ο παίκτης συνδυάζοντας παρατηρητικότητα και ευρηματικότητα. Ανάλογα με το αρχικό επίπεδο δυσκολίας εμφανίζονται και οι αντίστοιχες υποδείξεις (hints) που έχουν οριστεί για το συγκεκριμένο επίπεδο. Κατά τη διάρκεια επίλυσης των γρίφων του δωματίου, το αρχικό επίπεδο δυσκολίας μεταβάλλεται δυναμικά ανάλογα με την πάροδο του χρόνου. Με αυτό τον τρόπο τελειοποιείται η αρχική ομαδοποίηση κατά την έξοδο του παίκτη από το δωμάτιο. Στη συνέχεια, ο παίκτης εισέρχεται σε επόμενο δωμάτιο στο οποίο και οι γρίφοι έχουν διαφορετική πολυπλοκότητα ανά επίπεδο. Έτσι τελικά, ο παίκτης λαμβάνει μια εξατομικευμένη εμπειρία γρίφων και βοηθειών.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Εφαρμοσμένη Τεχνητή Νοημοσύνη

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ασαφής Λογική, Ασαφή Βάρη, Δωμάτιο Απόδρασης, Unity, C#, Δυναμική Προσαρμογή Δυσκολίας

ABSTRACT

This thesis presents the creation of an escape game in which the difficulty changes dynamically according to the ability and experience of the user, with the ultimate goal of ensuring the greatest possible satisfaction. Finding the ideal level of difficulty is accomplished by making a fuzzy logic knowledge representation system. The first mention of the concept of fuzzy logic and its application to mathematical sets dates back to 1965, and since then fuzzy systems have been used in a variety of applications in areas such as health, environment, transportation, and education. In computer games, the use of fuzzy weights to differentiate difficulty levels is an innovative way to incorporate the capabilities of fuzzy logic into the optimization of escape games. In particular, the player is initially asked to answer a questionnaire, the questions of which concern his knowledge both in the use of a computer and his experience in corresponding games. Based on these answers, the initial ranking is formed in groups of difficulty levels. After setting the difficulty level, the player enters a lobby which he is asked to complete. This room contains puzzles which the player must solve by combining observation and ingenuity. Depending on the initial level of difficulty, the corresponding hints defined for the specific level are displayed. While solving the room's puzzles, the initial difficulty level changes dynamically over time. This refines the initial grouping when the player exits the room. The player then enters a next room in which the puzzles also have different complexity per level. So ultimately, the player gets a personalized experience of puzzles and hints.

RESEARCH AREA: Applied Artificial Intelligence

KEYWORDS: Fuzzy Logic, Fuzzy Weights, Escape Room, Unity, C#, Dynamic Difficulty Adjustment

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ15

1.1 Περιγραφή του αντικειμένου της διπλωματικής εργασίας15

1.2 Ιστορική αναδρομή15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ16

2.1 Δωμάτια Απόδρασης (Escape rooms)16

2.2 Ασαφής Λογική (Fuzzy logic)16

2.3 Ασαφή σύνολα (Fuzzy sets)17

2.4 Ασαφή συστήματα (Fuzzy systems)17

2.5 Συναρτήσεις μέλους (Membership functions)18

2.6 Εφαρμογές της ασαφούς λογικής στη βιβλιογραφία18

2.6.1 Εκπαίδευση σε περιβάλλον Επαυξημένης Πραγματικότητας18

2.6.2 Εκμάθηση ξένων γλωσσών19

2.6.3 Διαδικτυακή Εκπαίδευση19

2.6.4 Πολιτισμός20

2.6.5 Υγεία20

2.6.6 Τουρισμός20

2.6.7 Περιβάλλον και Ενέργεια21

2.6.8 Γεωργία ακριβείας21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ22

3.1 Ερωτηματολόγιο (Questionnaire)22

3.2 Ασαφή Βάρη (Fuzzy weights)22

3.3 Ασαφείς κανόνες (Fuzzy Rules)24

3.4 Ελάττωση Κατάταξης (Rank Decay)24

3.5 Γρίφοι (Riddles)24

3.6 Δυναμικοί γρίφοι (Dynamic Riddles)25

3.7 Unity25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ & ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ27

4.1 Puzzle Delivery Module27

4.1.1 Γρίφος 127

4.1.2 Γρίφος 228

4.1.3 Γρίφος 329

4.1.4 Γρίφος 430

4.2 Διεπαφή χρήστη (User interface - UI)33

4.2.1 Σημείο στόχευσης (Crosshair)33

4.2.2 Κουμπί εμφάνισης βοηθειών34

4.3 Knowledge Representation Module34

4.3.1 RankManager.cs34

4.3.2 RankDecay.cs35

4.3.3 RankOfRiddles.cs36

4.4 Hint Delivery System36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ38

5.1 Μέθοδος Αξιολόγησης εργασίας38

5.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων40

5.3 Αξιολόγηση από τους χρήστες41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ42

6.1 Συμπεράσματα διπλωματικής εργασίας42

6.2 Πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις42

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ43

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ46

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Συναρτήσεις μέλους ασαφούς λογικής.....	18
Εικόνα 2: Fuzzy weights για την εμπειρία του χρήστη.....	23
Εικόνα 3: Ηλεκτρονικό Λουκέτο Γρίφου 1	28
Εικόνα 4: Κλειδί Γρίφου 2	28
Εικόνα 5: Γρίφος 2	29
Εικόνα 6: Δακτύλιοι Γρίφου 2	30
Εικόνα 7: Λουκέτο του Γρίφου 4	31
Εικόνα 8: Γρίφος 4 για Αρχάριο χρήστη	31
Εικόνα 9: Γρίφος 4 για Αρχάριο ή Μέσο χρήστη.....	32
Εικόνα 10: Γρίφος 4 για Μέσο χρήστη	32
Εικόνα 11: Γρίφος 4 για Μέσο ή Έμπειρο χρήστη.....	33
Εικόνα 12: Γρίφος 4 για Έμπειρο χρήστη	33

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Σειρά Ολοκλήρωσης Γρίφων	24
Σχήμα 2: Κατανομή παικτών σε γνωστικές ομάδες κατά την αρχική κατάταξη	40
Σχήμα 3: Κατανομή παικτών σε γνωστικές ομάδες κατά την τελική κατάταξη	40

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Συναρτήσεις ιδιότητας μέλους ανά ασαφές βάρος	23
Πίνακας 2: Βοήθειες γρίφου 1 ανά γνωστικό επίπεδο	36
Πίνακας 3: Βοήθειες γρίφου 2 ανά γνωστικό επίπεδο	37
Πίνακας 4: Βοήθειες γρίφου 3 ανά γνωστικό επίπεδο	37
Πίνακας 5: Βοήθειες γρίφου 4 ανά γνωστικό επίπεδο	37
Πίνακας 6: Αρχική κατάταξη των χρηστών βασισμένη στο ερωτηματολόγιο.	38
Πίνακας 7: Τελική κατάταξη των χρηστών μετά την ολοκλήρωση του δωματίου υποδοχής.	39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Περιγραφή του αντικειμένου της διπλωματικής εργασίας

Ένα παιχνίδι απόδρασης (escape room) αποτελείται από ένα σύνολο γρίφων, η επίλυση των οποίων απαιτεί ευστροφία και δημιουργικότητα από τον εκάστοτε παίκτη. Η δυσκολία των γρίφων αυτών μπορεί να ποικίλει, με αποτέλεσμα να μην είναι πάντα δυνατή η επίλυση του συνόλου των γρίφων, από το σύνολο των παικτών. Η μη επίλυση και άρα αδυναμία ολοκλήρωσης του παιχνιδιού μπορεί να προκαλέσει αγανάκτηση και απροθυμία επιλογής του συγκεκριμένου είδους παιχνιδιού στο μέλλον. Αντίστοιχα, εάν η δυσκολία των γρίφων είναι μειωμένη ώστε να επιλύονται από μεγαλύτερο ποσοστό παικτών, μπορεί να δημιουργηθεί αίσθημα απογοήτευσης σε μερίδα παικτών καθώς το παιχνίδι θα αποτελεί μικρότερη “πρόκληση” για αυτούς. Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η δημιουργία ηλεκτρονικού παιχνιδιού απόδρασης (escape room) με χρήση τεχνητής νοημοσύνης που λαμβάνει αποφάσεις μέσω ασαφών βαρών (fuzzy weights). Τα ασαφή βάρη χρησιμοποιούνται με σκοπό την εύρεση του ιδανικού επιπέδου δυσκολίας του εκάστοτε παίκτη έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί η ικανοποίησή του.

1.2 Ιστορική αναδρομή

Η χρήση γρίφων πηγάζει από την ανάγκη του πρωτόγονου ανθρώπου να επιδείξει την εξυπνάδα του, επομένως μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελεί ένδειξη μιας πρωτόγονης μορφής χιούμορ (Forster, 1945). Καταγραφές για τη χρήση γρίφων και αινιγμάτων εμφανίζονται από την αρχαιότητα, με τους πρώτους καταγεγραμμένους γρίφους να προέρχονται από την περιοχή της Βαβυλώνας. Σχετικά κείμενα διασώζονται επίσης από τους Άραβες και τους Πέρσες, ενώ μπορούν να βρεθούν και στην Βίβλο (Taylor, 1948). Γνωστότερο γρίφο στην αρχαία ελληνική μυθολογία αποτελεί ο γρίφος της Σφίγγας στο έργο “Οιδίπους Τύραννος”, του Σοφοκλή. Στην αρχαία Ελλάδα, η χρήση τους είναι συνδεδεμένη με τα συμπόσια, όπου σύμφωνα με τον Αθήναιο τον Ναυκράτιο χρησιμοποιούνταν σε μορφή διαγωνισμού ανάμεσα στους παρευρισκόμενους (Forster, 1945). Η παρουσία των γρίφων παραμένει σταθερή με την πάροδο των ετών σε πολλούς πολιτισμούς όπως οι Ρωμαίοι, οι Αγγλοσάξονες και οι Κέλτες. Την σύγχρονη εποχή, αποτελούν μορφή διασκέδασης που εκφράζεται μέσα από πολλές διαφορετικές δραστηριότητες. Μπορούν να βρεθούν διατυπωμένοι σε λογοτεχνικά έργα, και σε παιχνίδια τα οποία μπορεί να είναι επιτραπέζια, παιχνίδια καρτών, τηλεοπτικά, και ακόμα πιο πρόσφατα σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές και κινητές συσκευές.

Εστιάζοντας στα παιχνίδια ηλεκτρονικού υπολογιστή, από τη δεκαετία του 1980 παρατηρείται η προσπάθεια να βρεθεί μια ισορροπία ανάμεσα στην ψυχαγωγία που προσφέρουν και την πρόκληση που αποτελεί η δυσκολία του παιχνιδιού. Συγκεκριμένα, στα κλασικά παιχνίδια Pac-Man και Space Invaders το επίπεδο δυσκολίας μεγαλώνει μέσω της αύξησης της ταχύτητας των αντιπάλων κατά την πορεία του παιχνιδιού. Ωστόσο, στα παιχνίδια αυτά η δυσκολία συνεχίζει να αυξάνεται σταθερά με την πάροδο του χρόνου, και δεν είναι ανάλογη με τις ικανότητες του παίκτη. Οι πρώτες εφαρμογές δυναμικής επιλογής επιπέδου δυσκολίας εμφανίζονται σε παιχνίδια όπως το Left 4 Dead του 2008, όπου η συχνότητα εμφάνισης αντιπάλων εξαρτάται από τις επιδόσεις των παικτών και την αποτελεσματικότητα της μεταξύ τους συνεργασίας. Σταδιακά μέχρι σήμερα, η δυναμική επιλογή επιπέδου δυσκολίας έχει βελτιωθεί και έχει εισαχθεί σε αρκετά παιχνίδια, ωστόσο υπάρχουν ακόμα μεγάλα περιθώρια εξέλιξης των μεθόδων υλοποίησής της ανάλογα με την κάθε κατηγορία παιχνιδιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1 Δωμάτια Απόδρασης (Escape rooms)

Μία κατηγορία παιχνιδιών ηλεκτρονικού υπολογιστή στην οποία χρησιμοποιούνται γρίφοι είναι αυτή των ψηφιακών δωματίων απόδρασης (escape room video games). Πρόκειται για ένα παιχνίδι κατά το οποίο ένας παίκτης βρίσκεται κλειδωμένος μέσα σε ένα χώρο και συλλέγει στοιχεία, λύνει γρίφους και πραγματοποιεί εργασίες με σκοπό να πετύχει έναν στόχο, ο οποίος συνήθως είναι η έξοδος από το δωμάτιο. Το πρώτο παιχνίδι που συνδυάζει αυτά τα χαρακτηριστικά δημιουργήθηκε από τον John Wilson το 1988 και ονομάζεται Behind Closed Doors ([World of Spectrum](#)). Το συγκεκριμένο παιχνίδι χρησιμοποιούσε κείμενο στο οποίο ο παίκτης έπρεπε να επιλέξει την σωστή απάντηση ώστε να προχωρήσει η ιστορία του παιχνιδιού. Με την πάροδο των ετών δημιουργήθηκαν παιχνίδια στα οποία ο παίκτης έπρεπε να πατήσει με το ποντίκι του υπολογιστή μέσα στο δωμάτιο για να κάνει μια ενέργεια που θα τον οδηγούσε ένα βήμα πιο κοντά στην έξοδο. Η δημοτικότητα αυτών των διαδικτυακών παιχνιδιών οδήγησε στην πρώτη εμφάνιση δωματίων απόδρασης σε πραγματικό χρόνο το 2007, όπου ένας ή περισσότεροι παίκτες πρέπει να συνεργαστούν, να παρατηρήσουν τον χώρο γύρω τους και να επιλύσουν γρίφους ώστε να ξεφύγουν από το δωμάτιο. Τα παιχνίδια αυτά εξαπλώθηκαν από το 2010 και μετά σε όλο τον κόσμο ([The Escape Game, 2021](#)). Η δημοτικότητά τους πιθανόν οφείλεται στο γεγονός πως είναι βιωματικά στον πυρήνα τους, και απευθύνονται σε παίκτες που αναζητούν ένα μη συμβατικό τύπο παιχνιδιού. Απαιτούν μια ποικιλία διαφορετικών δεξιοτήτων και γνώσεων για να επιλυθούν, και το γεγονός αυτό τα καθιστά ελκυστικά τόσο σε εταιρικές ασκήσεις για την ενίσχυση της συνεργασίας και ομαδικότητας υπαλλήλων ([Wiemker et al., 2015](#)), όσο και ως μέσα εκπαίδευσης ([Veldkamp et al., 2020](#)).

2.2 Ασαφής Λογική (Fuzzy logic)

Η ασαφής λογική (fuzzy logic) είναι η λογική κατά την οποία δεν μπορούν να αποδοθούν δύο διακριτές τιμές – ψευδής και αληθής – αλλά πρέπει να λάβουμε υπόψιν όλες τις ενδιάμεσες τιμές μεταξύ αυτών, με συνεχή ή διακριτό τρόπο ([Marinos, 1969](#)). Η έννοια της ασαφούς λογικής εμφανίζεται αρχικά στην επιστήμη της φιλοσοφίας, και βασίζεται στο γεγονός ότι μια πληθώρα ερωτημάτων συχνά δε μπορούν να έχουν απόλυτη απάντηση, αλλά μπορούν να έχουν ένα φάσμα πιθανών απαντήσεων που κυμαίνονται από το αληθές έως το ψευδές. Η απάντηση του ερωτήματος εξαρτάται από την αβεβαιότητα και τη γενικότητα ([Novak et al., 1999](#)). Κλασικό παράδειγμα αποτελεί η ερώτηση αν ένας άνθρωπος είναι καλός ή κακός. Η απάντηση συνήθως βρίσκεται στο φάσμα ανάμεσα στο απόλυτα καλός, και το απόλυτα κακός, και εξαρτάται από πολλαπλούς παράγοντες. Σε αντιδιαστολή, ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής λειτουργεί με βάση την παραδοσιακή/δυναμική λογική, δηλαδή αναγνωρίζει μόνο δύο διακριτές τιμές ως απάντηση στο κάθε ερώτημα που τίθεται: το 0 και το 1.

Το 1965 ο μαθηματικός Lotfi A. Zadeh χρησιμοποίησε για πρώτη φορά την θεωρία των ασαφών συνόλων (fuzzy sets) σε μια προσπάθεια να ορίσει μαθηματικά το σύνολο των πιθανών απαντήσεων με ένα συνεχές σύστημα προσδιορισμού ([Zadeh, 1965](#)). Η έννοια των ασαφών συνόλων είναι γενικότερη από την κλασική θεωρία συνόλων και έχει ευρύ πεδίο εφαρμογής, ιδιαίτερα όταν πηγή ανακρίβειας είναι η απουσία σαφώς καθορισμένων κριτηρίων ([Zadeh, 1965](#)). Τα ασαφή σύνολα, και τα ασαφή μοντέλα αναπτύχθηκαν με στόχο να αναγνωρίζουν, να αναπαριστούν, να χειρίζονται, να ερμηνεύουν και να χρησιμοποιούν δεδομένα και πληροφορίες που είναι ασαφή και στερούνται βεβαιότητας.

2.3 Ασαφή σύνολα (Fuzzy sets)

Όπως προαναφέρθηκε, τα ασαφή σύνολα αποτελούν μαθηματική έννοια που προτάθηκε από τον L. A. Zadeh ως προέκταση της κλασικής θεωρίας συνόλων. Στην κλασική θεωρία συνόλων, ένα στοιχείο είτε ανήκει σε ένα σύνολο είτε όχι, χωρίς ασάφεια. Σε πολλές καταστάσεις ωστόσο, ειδικά στην πραγματική ζωή, ένα στοιχείο μπορεί να εμφανίζει ένα βαθμό συμμετοχής σε ένα σύνολο που να μην είναι απόλυτος. Στην θεωρία ασαφών συνόλων, η συμμετοχή ενός στοιχείου σε ένα σύνολο αντιπροσωπεύεται από μια τιμή στο διάστημα $[0, 1]$, που υποδεικνύει το βαθμό στον οποίο το στοιχείο ανήκει στο σύνολο. Αυτός ο βαθμός ιδιότητας μέλους ερμηνεύεται συχνά ως μέτρο της «ασάφειας» ή της ομοιότητας του στοιχείου με το σύνολο. Τυπικά, ένα ασαφές σύνολο A που ανήκει στο σύνολο X ορίζεται από μια συνάρτηση ιδιότητας μέλους $\mu_A(x)$, η οποία εκχωρεί σε κάθε στοιχείο x στο σύνολο X έναν βαθμό μέλους μεταξύ 0 και 1. Η συνάρτηση μέλους $\mu_A(x)$ περιγράφει το βαθμό στον οποίο το x ανήκει στο ασαφές σύνολο A .

Οι βασικές ιδιότητες των ασαφών συνόλων περιλαμβάνουν:

- **Ασάφεια:** Σε αντίθεση με τα κλασικά σύνολα, τα οποία έχουν σαφή όρια, τα ασαφή σύνολα επιτρέπουν σταδιακές μεταβάσεις μεταξύ ιδιότητας μέλους και μη μέλους.
- **Βαθμό μέλους:** Κάθε στοιχείο μπορεί να ανήκει σε ένα ασαφές σύνολο σε ένα ορισμένο βαθμό, που αντιπροσωπεύεται από μια τιμή μεταξύ 0 και 1.
- **Αρχή επέκτασης:** Η αρχή επέκτασης επιτρέπει τον ορισμό λειτουργιών (όπως ένωση, διάζευξη, συμπλήρωμα) για ασαφή σύνολα με βάση τις συναρτήσεις μελών τους.

2.4 Ασαφή συστήματα (Fuzzy systems)

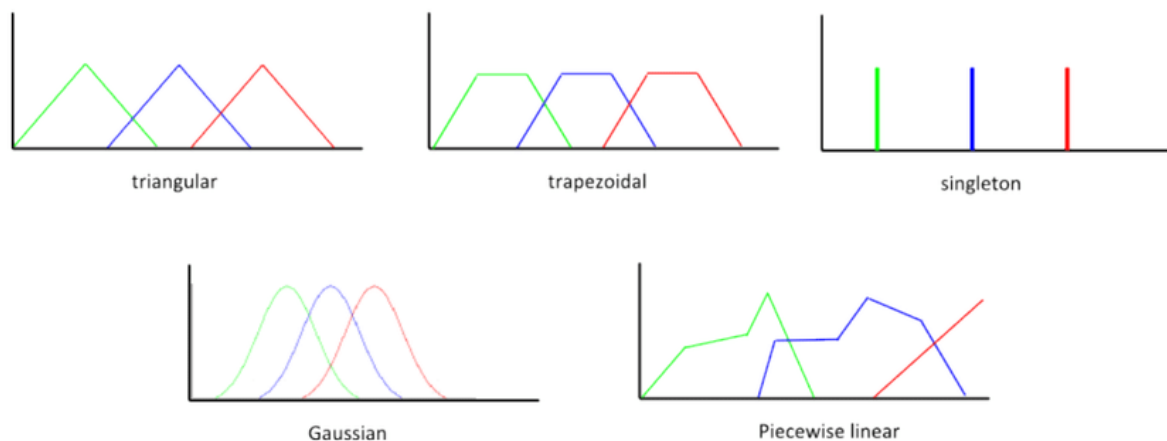
Η ασαφής λογική και η μαθηματική θεωρία των ασαφών συνόλων μπορούν να εφαρμοστούν στην επιστήμη υπολογιστών μέσω των ασαφών συστημάτων (fuzzy systems). Ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιημένα συστήματα ασαφούς λογικής είναι τα συστήματα Mamdani (Mamdani, 1974), τα οποία προσομοιάζουν το ανθρώπινο ένστικτο όταν πρέπει να πάρουν μια απόφαση. Ο τρόπος που λειτουργεί είναι σε τρία βήματα:

1. Μετατροπή των δεδομένων εισόδου (input values) σε ασαφείς συναρτήσεις μελών.
2. Ενεργοποίηση όλων των κανόνων που εφαρμόζονται στην ομάδα που ανήκουν τα δεδομένα για υπολογισμό του τελικού ασαφούς αποτελέσματος.
3. Μετατροπή του ασαφούς αποτελέσματος σε διακριτές τελικές τιμές (output values).

Το πλεονέκτημα της χρήσης των παραπάνω συστημάτων είναι ότι δημιουργούμε μια τεχνητή νοημοσύνη η οποία λαμβάνει αποφάσεις μέσω της κωδικοποίησης της ανθρώπινης εμπειρίας πάνω στο εκάστοτε θέμα, και όχι λόγω της χρονοβόρας εκπαίδευσής της πάνω σε ένα τεράστιο σύνολο δεδομένων ή υπολογισμού ενός μαθηματικού μοντέλου που προσομοιάζει το πρόβλημα.

2.5 Συναρτήσεις μέλους (Membership functions)

Οι συναρτήσεις μέλους καθορίζουν τον βαθμό στον οποίο ένα στοιχείο ανήκει σε ένα ασαφές σύνολο. Μπορούν να έχουν διάφορα σχήματα (τριγωνικά, τραπεζοειδή, τμηματικά γραμμικά, κανονικής γκαουσιανής κατανομής κ.α.) (Εικόνα 1), ανάλογα με την έννοια που πρόκειται να περιγραφεί από το ασαφές σύνολο και από τη συγκεκριμένη εφαρμογή που χρησιμοποιείται. Το σχήμα της συνάρτησης μέλους που επιλέγεται κάθε φορά πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό της αντίστοιχης μεταβλητής για την οποία χρησιμοποιείται (Musengya, 2017).



Εικόνα 1. Συναρτήσεις μέλους ασαφούς λογικής (Musengya, 2017)

2.6 Εφαρμογές της ασαφούς λογικής στη βιβλιογραφία

Σήμερα, 60 χρόνια από την πρώτη αναφορά της έννοιας της ασαφούς λογικής, μπορούμε να εντοπίσουμε την χρήση της σε ένα μεγάλο αριθμό εφαρμογών που αφορούν τον τομέα της έρευνας αλλά και πρακτικά ζητήματα της καθημερινότητας. Εστιάζοντας στις εφαρμογές που παρουσιάζονται ερευνητικά, αναζητώντας τον όρο “fuzzy” στην βάση δεδομένων IEEE Xplore, εμφανίζονται 26.000 αναφορές που περιέχουν τον όρο στον τίτλο τους, 5.000 εκ των οποίων αφορούν δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά, και 20.500 αναφορές σε συνέδρια. Σαφώς, ο πραγματικός αριθμός δημοσιεύσεων που σχετίζονται με την ασαφή λογική χωρίς αυτή να αναφέρεται στον τίτλο της δημοσίευσης, είναι πολύ μεγαλύτερος. Ενδεικτικά, αναζητώντας τον όρο “fuzzy logic” εμφανίζονται 48.000 αποτελέσματα που περιέχουν τον όρο, από τα οποία 7.000 αφορούν δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά και 41.000 αναφορές σε συνέδρια. Ήδη μέσα στο 2024, έχουν δημοσιευθεί πάνω από 200 ερευνητικές δημοσιεύσεις σχετικές με την ασαφή λογική. Παρακάτω θα παρουσιαστούν πιθανές εφαρμογές σε διάφορους τομείς, όπως έχουν δημοσιευθεί σε επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια.

2.6.1 Εκπαίδευση σε περιβάλλον Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η τεχνολογία των ασαφών βαρών μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με την τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality - AR) για τη διαμόρφωση του υλικού, των αναμενόμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων και των μαθησιακών δραστηριοτήτων ανάλογα με τις γνωστικές δεξιότητες των φοιτητών, καθώς παρέχει την δυνατότητα μοντελοποίησης της γνώσης των

χρηστών για την εξατομίκευση της εκπαίδευσης σε χωρικές δεξιότητες. Η χρήση της μεθόδου αυτής ερευνητικά φαίνεται ότι μπορεί να ξεπεράσει την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας, ενισχύοντας σημαντικά τα μαθησιακά αποτελέσματα των φοιτητών (Papakostas et al., 2022, 2023). Μοντέλα βασισμένα σε ασαφή λογική μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης για να γεφυρώσουν το κενό ανάμεσα στις δεξιότητες των χρηστών και τις αλληλεπιδράσεις σε κινητές συσκευές AR. Μοντελοποιώντας τις δεξιότητες χρήσης κινητών συσκευών των χρηστών μέσω ασαφών βαρών, το σύστημα μπορεί να παρέχει εξατομικευμένα βοηθητικά μηνύματα και σχόλια, ενισχύοντας τις αλληλεπιδράσεις των χρηστών στο περιβάλλον AR για κινητά (Troussas et al., 2023b).

2.6.2 Εκμάθηση ξένων γλωσσών

Τα ασαφή βάρη μπορούν να εφαρμοστούν επίσης σε έξυπνα συστήματα ηλεκτρονικής μάθησης, ιδιαίτερα στο αντικείμενο των ξένων γλωσσών. Ένα πλεονέκτημα τους είναι η χρήση μικρότερου αριθμού δεδομένων του χρήστη σε σύγκριση με τα συμβατικά ερωτηματολόγια, γεγονός που διατηρεί την συγκέντρωση του χρήστη ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα τυχαίας επιλογής απαντήσεων για εξοικονόμηση χρόνου (Troussas et al., 2020b). Αλγόριθμοι βασισμένοι στην ασαφή λογική μπορούν να αναγνωρίσουν πιθανές παρανοήσεις των μαθητών, με στόχο τη δυναμική παράδοση των μαθησιακών αντικειμένων προσαρμοσμένων στις ανάγκες τους (Troussas et al., 2019). Συγκεκριμένα τα μοντέλα ασαφούς λογικής μπορούν να αξιοποιήσουν δεδομένα διάγνωσης σφαλμάτων (ορθογραφικά λάθη, λανθασμένη χρήση χρόνων και βοηθητικών ρημάτων κ.α.) σε συνδυασμό με την ταξινόμησή τους σε τομείς του εκπαιδευτικού υλικού, ώστε να αποφασίζουν δυναμικά το μαθησιακό περιεχόμενο που είναι κατάλληλο να παραδοθεί στο μαθητή κάθε φορά (Troussas et al., 2018). Οι αρχές αυτές μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στην εκμάθηση γλωσσών προγραμματισμού, όπως η C#, όπου η ασαφής λογική μπορεί να συντελέσει στη δυναμική δημιουργία συμβουλών για προσαρμοσμένη βοήθεια στο προφίλ και τις παρανοήσεις των μαθητών (Troussas et al., 2020a).

2.6.3 Διαδικτυακή Εκπαίδευση

Η ασαφής λογική μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης και κατά την διαδικασία της τήλε-εκπαίδευσης. Η χρήση chatbot για την παροχή ακριβών και προσαρμοσμένων απαντήσεων στους μαθητές, λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα που εισάγουν μπορεί να ενισχυθεί σε συνδυασμό με συστήματα ασαφών βαρών ώστε να αξιολογεί με ακρίβεια και να απαντά σε ερωτήματα με βάση το γνωστικό επίπεδο του μαθητή. Σε έλεγχο της σχετικής εφαρμογής, οι απαντήσεις του chatbot είχαν υψηλή βαθμολογία ως προς τη σαφήνεια, τη συνάφεια και τη χρησιμότητα τους (Troussas et al., 2023a). Για την δικαιότερη βαθμολόγηση μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης επίσης, ένα ασαφές σύστημα ελέγχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναπροσαρμογή του τελικού βαθμού. Το σύνθημα κατά την εξ αποστάσεως βαθμολόγηση είναι ο βαθμός να προέρχεται μόνο από τον μέσο όρο βαθμολογίας των εξετάσεων κάθε ενότητας. Με χρήση ενός συστήματος ασαφούς ελεγκτή μπορεί να πραγματοποιηθεί μια αναπροσαρμογή του τελικού βαθμού των μαθητών με βάση τις κοινωνικές τους αλληλεπιδράσεις (Krouska et al., 2019, 2022). Η ίδια η εξέταση κάθε ενότητας μπορεί επίσης να βελτιωθεί μέσω ασαφών συστημάτων τα οποία μπορούν να προσαρμόζουν την ηλεκτρονική αξιολόγηση (Chrysafiadi et al., 2020). Επίσης, όπως και για τις κινητές συσκευές, η ασαφής λογική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξατομίκευση των συμβουλών που λαμβάνονται και να καθοδηγήσει τους χρήστες στην εκμάθηση χρήσης των συστημάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή και των απαραίτητων πλατφορμών για την τηλεεκπαίδευση (Troussas et al., 2021).

2.6.4 Πολιτισμός

Μια ακόμα εφαρμογή των ασαφών βαρών μπορεί να πραγματοποιηθεί στον τομέα του πολιτισμού, σε συνδυασμό με την τεχνολογία ψηφιακού περιβάλλοντος (Virtual Reality - VR). Σε περιβάλλον εφαρμογής κινητού τηλεφώνου, οι χρήστες μπορούν να εξερευνήσουν και να αλληλεπιδράσουν με μια εκτενή συλλογή εικονικών γλυπτών από μουσεία και γκαλερί παγκοσμίως, με προηγμένες δυνατότητες εξατομίκευσης της εμπειρίας τους μέσω ασαφούς λογικής για να ενισχύσει την εκτίμηση και την κατανόηση τους (Strousopoulos et al., 2023). Η ασαφής ομαδοποίηση μπορεί επίσης να εφαρμοστεί στη νομοθεσία περί πνευματικών δικαιωμάτων ψηφιακών, πολιτιστικών και καλλιτεχνικών προϊόντων. Είναι σύνηθες φαινόμενο στις μέρες μας εταιρείες ή άλλοι καλλιτέχνες να χρησιμοποιούν καλλιτεχνικά προϊόντα σε συνδυασμό με τα δικά τους, χωρίς άδεια από τον αρχικό δημιουργό. Η πρακτική αυτή είναι δύσκολο να εντοπιστεί από την αντίστοιχη αρχή ελέγχου, καθώς δεν πρόκειται για αυτούσιο το έργο τέχνης του αρχικού δημιουργού. Αλγόριθμοι που χρησιμοποιούν ασαφή ομαδοποίηση φαίνεται πειραματικά ότι μπορούν να εντοπίσουν τέτοιες περιπτώσεις, και δυνητικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων προϊόντων τέχνης (Rajasekar et al., 2023).

2.6.5 Υγεία

Μια ακόμη εφαρμογή στην οποία χρησιμοποιείται η ασαφής λογική αλλά και η δυναμική μεταβολή της δυσκολίας είναι η δημιουργία ηλεκτρονικών παιχνιδιών εκγύμνασης με χρήση συστήματος παρακολούθησης της κίνησης για φυσικοθεραπεία από απόσταση (Acabado et al., 2022). Οι μεταβλητές εισόδου στο ασαφές σύστημα είναι οι ευστοχίες και αστοχίες του παίκτη στο παιχνίδι, ενώ η μεταβλητή εξόδου είναι η δυσκολία. Σύμφωνα με την τιμή εξόδου η δυσκολία μεταβάλλεται μέσω αλλαγής σε κάποια παράμετρο του παιχνιδιού (ταχύτητα, μέγεθος ή απόσταση). Συστήματα ασαφούς λογικής σε συνδυασμό με το Internet of Things (IoT) μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την απομακρυσμένη παρακολούθηση, διάγνωση και συνταγογράφηση θεραπείας για ασθενείς με COVID-19. Η ασαφής λογική συγκεκριμένα χρησιμοποιείται για να προτείνει εξατομικευμένες ιατρικές θεραπείες στους ασθενείς με βάση τα ιατρικά δεδομένα που συλλέγει ένα σύστημα αισθητήρων (Rahman et al., 2024). Ακόμα, ασαφής λογική έχει χρησιμοποιηθεί σε επιδημιολογικά μοντέλα για τη διερεύνηση του κορονοϊού του αναπνευστικού συνδρόμου της Μέσης Ανατολής (Muhammad and Akram, 2024). Μοντέλα ασαφούς μάθησης μπορούν τέλος να αξιοποιηθούν για την ταξινόμηση, αναγνώριση και ερμηνεία πολυκαναλικών επιληπτικών ηλεκτροεγκεφαλογραφικών σημάτων (Xia et al., 2024).

2.6.6 Τουρισμός

Ο τομέας του τουρισμού και ιδιαίτερα η προσπάθεια βελτίωσης της εμπειρίας του πελάτη, αποτελεί ιδανικό αντικείμενο για την εφαρμογή ασαφών μοντέλων, καθώς υπάρχει μεγάλο ποσοστό ασάφειας και αβέβαιων παραγόντων που προέρχεται από τις ατομικές προτιμήσεις κάθε ανθρώπου. Μέθοδοι όπως οι ασαφείς αλγόριθμοι ομαδοποίησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή ενός ευφυούς τουριστικού μοντέλου ανάκτησης πληροφοριών, με στόχο την προώθηση της εξατομίκευσης των τουριστικών υπηρεσιών και τη βέλτιστη αξιοποίηση των τουριστικών πόρων (Wen, 2023). Η ποιοτική συγκριτική ανάλυση ασαφών συστημάτων (Fuzzy System Qualitative Comparative Analysis - fsQCA) είναι άλλο ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο εργαλείο. Η ποιοτική συγκριτική ανάλυση συνδυάζει τη μεθοδολογία και την αυστηρότητα της ποσοτικής έρευνας με την αιτιολογική πολυπλοκότητα και την ευαισθησία της ποιοτικής ανάλυσης. Η προσθήκη των ασαφών συστημάτων προσφέρει τη δυνατότητα επεξεργασίας μεγαλύτερου όγκου δεδομένων, ενώ υπάρχει δυνατότητα

συνδυασμού τους με άλλες μεθόδους ανάλυσης (Geremew et al., 2024). Το πρώτο άρθρο που χρησιμοποιεί fsQCA στον τομέα του τουρισμού εξετάζει τις επιπτώσεις των διαφορετικών πολιτισμών στην τουριστική συμπεριφορά. Η έννοια του πολιτισμού δεν αντιμετωπίζεται ως σύνολο διακριτών μεμονωμένων αξιών, αλλά χρησιμοποιούνται ασαφή συστήματα για την ανάλυση των συνδυασμών αξιών που προκύπτουν (Woodside et al., 2011).

2.6.7 Περιβάλλον και Ενέργεια

Μια ακόμα πρωτοποριακή χρήση ασαφών τεχνικών σε συνδυασμό με συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών σημειώνεται στον τομέα της ενέργειας, και συγκεκριμένα στην αναγνώριση των βέλτιστων τοποθεσιών ηλιακής ενέργειας για τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών. Μεγάλο πλήθος τοποθεσιών μπορούν να αξιολογηθούν με βάση διαφορετικά κλιματικά κριτήρια (κλιματικές συνθήκες, τεχνική σκοπιμότητα, προσβασιμότητα, τυχόν περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητες και κοινωνικοί παράγοντες). Χρησιμοποιείται διαδικασία διήθησης για να εξαλείψει συστηματικά τις ακατάλληλες τοποθεσίες και στη συνέχεια ο ασαφής αλγόριθμος μπορεί να περιορίσει περαιτέρω την επιλογή στα κορυφαία 100 σημεία για τοποθέτηση συλλεκτών ηλιακής ενέργειας (Jong and Ahmed, 2024). Μοντέλα σε ασαφές περιβάλλον μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση και ομαδοποίηση των εμποδίων που υπάρχουν στην αλυσίδα εφοδιασμού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Ghasemian-Sahebi et al., 2024), καθώς και για την αξιολόγηση και σύγκριση πιθανών τρόπων αποθήκευσης υδρογόνου (συμπιεσμένο αέριο, κρυογονικό υγρό κ.ο.κ.) με κριτήριο αξιολόγησης τις τέσσερις διαστάσεις της αειφορίας: οικονομική, περιβαλλοντική, κοινωνική και τεχνική απόδοση, καθεμία από τις οποίες μπορεί να αναλυθεί περαιτέρω σε υποκριτήρια (Acar et al., 2024).

2.6.8 Γεωργία ακριβείας

Η γεωργία αποτελεί τομέα που αναδεικνύει τα οφέλη χρήσης της ασαφούς λογικής, ιδιαίτερα στην επίλυση προβλημάτων σε ζητήματα αυτοματισμού. Στο αντικείμενο του ελέγχου της υγρασίας του εδάφους, η χρήση της τεχνολογίας των ασαφών βαρών σε συνδυασμό με την χρήση έξυπνων συστημάτων αυτοματισμού είναι ιδανική για την μεγιστοποίηση της απόδοσης του ποτίσματος αλλά και την ελαχιστοποίηση του κόστους (Woźniak et al., 2024). Ένα επιπλέον πλεονέκτημα της εφαρμογής αυτής είναι η μείωση της σπατάλης νερού που χρησιμοποιείται. Σε καλλιέργειες που χρησιμοποιούν μη σύγχρονες τεχνολογίες άρδευσης, η ποσότητα νερού που καταναλώνεται αγγίζει το 70% του συνόλου της κατανάλωσης πόσιμου νερού στον κόσμο (ΟΟΣΑ). Επιπρόσθετα, ο χειρισμός των μεγάλων οχημάτων καλλιέργειας μπορεί να αυτοματοποιηθεί με τη χρήση ασαφούς λογικής (An et al., 2024). Η εύρεση του βέλτιστου μονοπατιού κατά την λειτουργία των οχημάτων όργωσης, ψεκασμού και συγκομιδής μέσω της αυτόματης πλοήγησης μπορεί να διευκολύνει την διαχείριση των καλλιεργούμενων εκτάσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Ερωτηματολόγιο (Questionnaire)

Στο παρόν παιχνίδι, στόχος είναι ο παίκτης να έχει μια διαφορετική εμπειρία, ανάλογα με το επίπεδό του. Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει αρχικά να πραγματοποιηθεί η κατάταξη σε επίπεδα. Για να κατατάξουμε τον χρήστη σε μια κλίμακα, θα χρησιμοποιήσουμε στην αρχή του παιχνιδιού ένα ερωτηματολόγιο, από το οποίο θα λάβουμε σημαντικές πληροφορίες για τις ικανότητές του στα παιχνίδια απόδρασης, αλλά και την οικειότητά του με τα εξωτερικά στοιχεία του υπολογιστή (πληκτρολόγιο και ποντίκι) ώστε να μπορεί να αλληλεπιδρά με το εικονικό περιβάλλον, αφού το παιχνίδι μπορεί να αφορά οποιοδήποτε άτομο. Οι ερωτήσεις που ο χρήστης καλείται να απαντήσει βασίζονται στις ικανότητες που είναι επιθυμητό να κατέχει ο παίκτης για την ολοκλήρωση ενός παιχνιδιού απόδρασης. Μερικές από αυτές είναι:

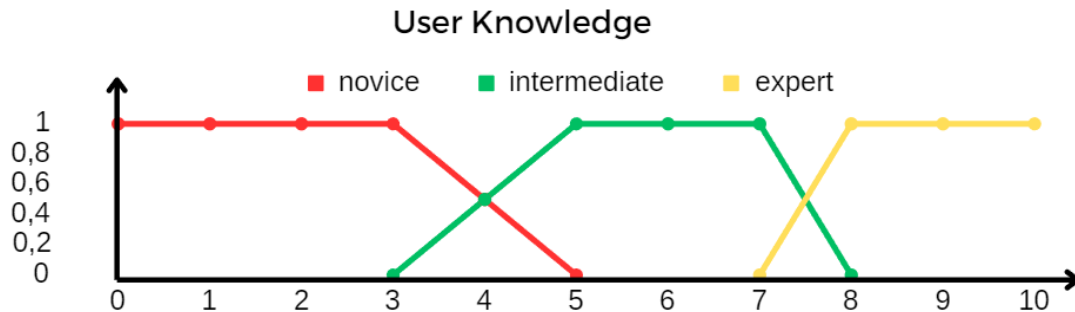
- Αναζήτηση Στοιχείων στον Χώρο
- Παρατηρητικότητα
- Συσχέτιση
- Απομνημόνευση
- Μαθηματική Ανάλυση
- Λεκτική Ανάλυση
- Αναγνώριση Προτύπων
- Διαμερισματοποίηση

Αν και δεν είναι απαραίτητο να εμφανίζονται όλες οι παραπάνω σε ένα παιχνίδι απόδρασης, μια γενική επαφή του χρήστη με αυτές είναι χρήσιμη. Στις προαναφερθείσες ικανότητες πρέπει να προστεθούν οι ικανότητες που σχετίζονται με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, εφόσον η εφαρμογή που αναπτύχθηκε είναι παιχνίδι ηλεκτρονικής μορφής. Ο χρήστης καλείται να μπορεί να ανταποκριθεί και σε καλή γνώση διαχείρισης μετακίνησης στο χώρο του παιχνιδιού, και διερωτάται αντίστοιχα για την εμπειρία του αυτή και στο ερωτηματολόγιο. Στις ερωτήσεις ο χρήστης μπορεί να απαντήσει από “καθόλου εμπειρία” έως “μεγάλη εμπειρία”. Σύμφωνα με τις απαντήσεις που δίνει, μπορούμε να τον βαθμολογήσουμε και να προχωρήσουμε στην κατάταξη της εμπειρίας του σε ασαφείς συναρτήσεις μελών. Κατά την ολοκλήρωση του ερωτηματολογίου πρέπει να ληφθούν υπόψιν τα φαινόμενα υπερεκτίμησης ή υποεκτίμησης των δεξιοτήτων του κάθε χρήστη. Ένας τρόπος να ελαχιστοποιήσουμε το σφάλμα που δημιουργείται όταν οι απαντήσεις του χρήστη δεν αντιπροσωπεύουν εντελώς την πραγματικότητα, είναι η περαιτέρω εξέταση των δεξιοτήτων του μέσω επίλυσης ενός αριθμού εισαγωγικών γρίφων.

3.2 Ασαφή Βάρη (Fuzzy weights)

Το σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί για την ταξινόμηση της γνώσης του χρήστη παρουσιάζεται στη συνέχεια (Εικόνα 2). Τα δεδομένα απόκτησης των κλάσεων που χρησιμοποιούνται βασίζονται στην ερευνητική εργασία με τίτλο "Personalized Learner Assistance Through Dynamic Adaptation of Chatbot Using Fuzzy Logic Knowledge Modeling," των Troussas et al., 2023a. Τα τρία ασαφή βάρη που θα χρησιμοποιηθούν είναι τα “Αρχάριος” (novice), “Μέσος” (intermediate) και “Εμπειρος” (expert). Οι τιμές που μπορούν να πάρουν αυτά τα βάρη ανήκουν στο εύρος τιμών από 0 έως 1, με 1 να ισοδυναμεί με την πλήρη ταύτιση του χρήστη με το γνωστικό επίπεδο που αντιστοιχεί στην ανάλογη ομάδα (Πίνακας 1). Η συνάρτηση μέλους που χρησιμοποιείται έχει μορφή τραπεζοειδούς,

καθώς η συγκεκριμένη μορφή περιγράφει σε ικανοποιητικό βαθμό τις συνθήκες του προβλήματος. Το σχήμα της τραπεζοειδούς συνάρτησης περιγράφεται από τέσσερα σημεία ακραίων τιμών (intervals).



Εικόνα 2. Fuzzy weights για την εμπειρία του χρήστη (Troussas et al., 2023a)

Πίνακας 1. Συναρτήσεις ιδιότητας μέλους ανά ασαφές βάρος (Troussas et al., 2023a)

Knowledge Level	
Membership Function	Interval
Novice (N)	
$\mu_N(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 3 \\ 1 - \frac{x-3}{2} & 3 < x < 5 \\ 0 & x \geq 5 \end{cases}$	(0, 0, 3, 5)
Intermediate (I)	
$\mu_I(x) = \begin{cases} \frac{x-3}{2} & 3 < x < 5 \\ 1 & 5 \leq x \leq 7 \\ 1 - \frac{x-7}{1} & 7 < x < 8 \\ 0 & x < 3 \text{ or } x > 8 \end{cases}$	(3, 5, 7, 8)
Expert (E)	
$\mu_E(x) = \begin{cases} \frac{x-7}{1} & 7 < x < 8 \\ 1 & 8 \leq x \leq 10 \\ 0 & x \geq 10 \end{cases}$	(7, 8, 10, 10)

3.3 Ασαφείς κανόνες (Fuzzy Rules)

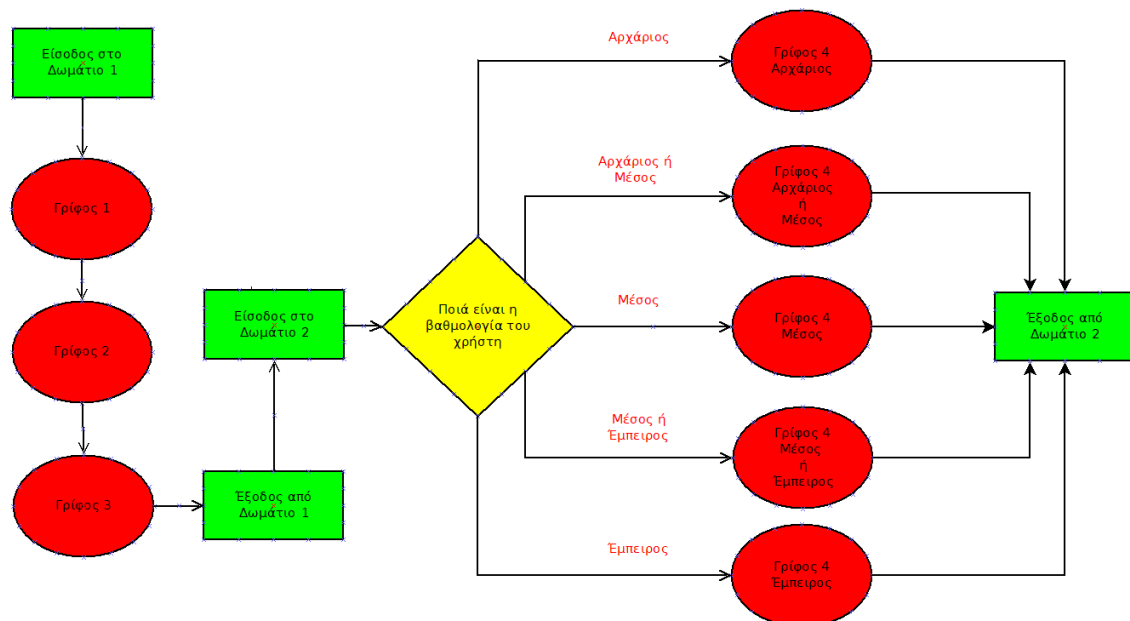
Με την κατηγοριοποίηση της γνώσης του χρήστη θα ενεργοποιήσουμε τους κανόνες που αντιστοιχούν σε κάθε κατηγορία. Οι κανόνες στο παιχνίδι καθορίζουν την πολυπλοκότητα των βοηθειών που θα λάβει ο παίκτης. Για παράδειγμα, ένας χρήστης που ανήκει στην κατηγορία “Εμπειρος” θα λάβει την ελάχιστη βοήθεια, ενώ αντίθετα στην κατηγορία “Αρχάριος” η βοήθεια θα μπορεί να προσανατολίσει σε μεγάλο βαθμό το επόμενο βήμα του παίκτη.

3.4 Ελάττωση Κατάταξης (Rank Decay)

Πέρα από την αρχική κατηγοριοποίηση μέσω του ερωτηματολογίου, ο παίκτης θα βαθμολογείται στο δωμάτιο υποδοχής ώστε να μπορεί να μεταβληθεί η κατάταξή του περαιτέρω. Ειδικότερα, η τάξη στην οποία ανήκει θα κινείται προς το μηδέν κατά τον χρόνο που χρειάζεται για να ολοκληρώσει το δωμάτιο και θα προστίθεται ένας βαθμός για κάθε γρίφο που ολοκληρώνει. Στην έξοδό του από το εισαγωγικό δωμάτιο, ολοκληρώνεται η διαδικασία βαθμολόγησης και κατάταξης και ξεκινά το παιχνίδι. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται με σκοπό την περαιτέρω εξατομίκευση της εμπειρίας του χρήστη σύμφωνα και με την απόδοσή του κατά την πορεία του παιχνιδιού.

3.5 Γρίφοι (Riddles)

Για να καταφέρει ο χρήστης να ολοκληρώσει το παιχνίδι θα πρέπει να επιλύσει συνολικά τέσσερις γρίφους. Οι γρίφοι αυτοί πρέπει επίσης να ολοκληρωθούν με την σωστή σειρά (Σχήμα 1). Το είδος γρίφων που επιλέχθηκαν είναι ιδανικό για οποιοδήποτε δυναμικό μέγεθος παιχνιδιού, αφού δεν χρησιμοποιούνται τεχνικές που απαιτούν από τον χρήστη να απομνημονεύει προηγούμενα βήματα που έχει ήδη ολοκληρώσει και την μέχρι τώρα πορεία του στο παιχνίδι.



Σχήμα 1. Σειρά Ολοκλήρωσης Γρίφων

3.6 Δυναμικοί γρίφοι (Dynamic Riddles)

Αφού ολοκληρωθεί η αξιολόγηση του χρήστη ως προς τις ικανότητές του στην επίλυση γρίφων, ξεκινά η πραγματική εμπειρία παιχνιδιού με τις βοήθειες που λαμβάνει ο χρήστης αλλά ακόμα και τους ίδιους τους γρίφους να υλοποιούνται ειδικά για την ομάδα που επιλέχθηκε. Ειδικότερα, για κάθε γρίφο δημιουργούνται πέντε παρόμοιες καταστάσεις διαφορετικής δυσκολίας και με χρήση ενός προγράμματος (script) επιλέγεται μια από αυτές για να εμφανιστεί στον χρήστη κατά την είσοδό του στο δωμάτιο.

3.7 Unity

Το Unity είναι μια δημοφιλής μηχανή ανάπτυξης γραφικών που χρησιμοποιείται ευρέως από προγραμματιστές για τη δημιουργία βιντεοπαιχνιδιών και άλλου διαδραστικού περιεχομένου. Δημιουργήθηκε το 2005 από την εταιρία Unity Technologies με σκοπό την διευκόλυνση των προγραμματιστών παιχνιδιών, παρέχοντας τους έτοιμα εργαλεία ανάπτυξης λογισμικού και γραφικών.

Σημαντικά προσόντα του Unity που το κάνει ιδανικό για παραγωγή λογισμικού:

- Ανάπτυξη σε πολλαπλές πλατφόρμες

Το Unity επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργούν παιχνίδια που μπορούν να εκτελούνται σε πολλές πλατφόρμες, συμπεριλαμβανομένων των Windows, macOS, Linux, Android, iOS, WebGL και άλλων. Αυτή η υποστήριξη πολλαπλών πλατφορμών είναι ένα από τα δυνατά σημεία του Unity, καθώς επιτρέπει στους προγραμματιστές να προσεγγίσουν ένα ευρύ κοινό.

- Περιβάλλον ανάπτυξης παιχνιδιών:

Το Unity παρέχει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης που περιλαμβάνει έναν ισχυρό επεξεργαστή που επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργούν, να επεξεργάζονται και να χειρίζονται διάφορα στοιχεία του έργου τους, μια διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών σε C# και ένα ευρύ φάσμα εργαλείων για το σχεδιασμό, τη δημιουργία και τη βελτιστοποίηση παιχνιδιών. Το πρόγραμμα επεξεργασίας προσφέρει μια φιλική προς το χρήστη διεπαφή που επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργούν σκηνές, να προσθέτουν και να διαμορφώνουν στοιχεία παιχνιδιού.

- Μηχανή γραφικών:

Το Unity συνοδεύεται από μια ισχυρή μηχανή γραφικών που υποστηρίζει υψηλής ποιότητας γραφικά 2D και 3D. Περιλαμβάνει χαρακτηριστικά όπως απόδοση σε πραγματικό χρόνο, δυναμικό φωτισμό, προσομοιώσεις φυσικής και ειδικά εφέ, δίνοντας τη δυνατότητα στους προγραμματιστές να δημιουργούν οπτικά εντυπωσιακά παιχνίδια.

- Προγραμματισμός σε C#:

Το Unity χρησιμοποιεί την C# ως κύρια γλώσσα προγραμματισμού. Η C# είναι μια ευέλικτη και ευρέως χρησιμοποιούμενη γλώσσα προγραμματισμού, καθιστώντας την προσβάσιμη σε πολλούς προγραμματιστές. Οι δυνατότητες του προγραμματισμού σε C# Unity επιτρέπουν

στους προγραμματιστές να ελέγχουν τη συμπεριφορά του παιχνιδιού, να εφαρμόζουν τους μηχανισμούς του παιχνιδιού και να δημιουργούν διαδραστικά στοιχεία.

Συνολικά, το Unity έχει γίνει μια δημοφιλής επιλογή για τους προγραμματιστές παιχνιδιών λόγω της ευελιξίας, της ευκολίας χρήσης και της ικανότητας δημιουργίας παιχνιδιών υψηλής ποιότητας για ένα ευρύ φάσμα πλατφορμών ([Wikipedia](#)).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ & ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

4.1 Puzzle Delivery Module

Το κομμάτι εμφάνισης των γρίφων βασίζεται στην σωστή τοποθέτηση αντικειμένων στο χώρο του παιχνιδιού που διακριτικά καλεί τον χρήστη να αλληλεπιδράσει με αυτά. Παράλληλα υπάρχουν διάφορα αντικείμενα με τα οποία δεν μπορούν οι χρήστες να αλληλεπιδράσουν, τα οποία αποκρύπτουν ορισμένα σημαντικά για τους γρίφους αντικείμενα. Χρησιμοποιώντας μηνύματα στην οθόνη, ηχητικά εφέ και κινήσεις αντικειμένων στο χώρο δημιουργούνται οι τέσσερις γρίφοι.

4.1.1 Γρίφος 1

Στο δωμάτιο υπάρχει μια βιβλιοθήκη με τέσσερα ράφια που είναι γεμάτα με γκρι και λευκά βιβλία, κάθε ένα ράφι περιέχει πέντε γκρι και ένα λευκό βιβλίο. Η θέση που βρίσκεται το λευκό βιβλίο αντιστοιχεί σε έναν αριθμό από το ένα (1) έως το έξι (6). Στο δεξί μέρος της βιβλιοθήκης υπάρχει ένα ηλεκτρονικό λουκέτο (Εικόνα 3) εισαγωγής τεσσάρων αριθμών από το μηδέν (0) έως το εννέα (9). Υπάρχει μια οθόνη που εμφανίζει τον κωδικό που εισάγεται, ένα κουμπί που καθαρίζει την ακολουθία που εισήχθη, και ένα κουμπί που εισάγει την ακολουθία. Πάνω από την βιβλιοθήκη υπάρχει ένα κλειδωμένο ντουλάπι που εάν ο παίκτης αλληλοεπιδράσει μαζί του πριν το ξεκλειδώσει εμφανίζεται το εξής μήνυμα:

“I think this is a locked Cabinet, I can’t open it!” που σημαίνει *“Νομίζω αυτό είναι ένα κλειδωμένο ντουλάπι, δεν μπορώ να το ανοίξω!”*

Με αυτόν τον τρόπο καθοδηγείται ο χρήστης προς το συμπέρασμα ότι βάζοντας τον σωστό κωδικό στην κλειδαριά που είναι κοντά στο ντουλάπι, αυτό θα ξεκλειδώσει. Με την σωστή εισαγωγή του κωδικού “2415” ακούγεται ένας ήχος ξεκλειδώματος και εμφανίζεται το μήνυμα:

“Did something just open?” που σημαίνει *“Μόλις ξεκλειδώθηκε κάτι;”*

Με τον τρόπο αυτό βεβαιώνεται ο χρήστης ότι το ντουλάπι μπορεί να ανοιχτεί. Τέλος, αλληλεπιδρώντας με το ντουλάπι ενεργοποιείται μια κίνηση στο παιχνίδι και το ντουλάπι ανοίγει, εμφανίζοντας ένα μπλε κλειδί με ιδιαίτερο σχήμα (Εικόνα 4). Ο χρήστης αλληλεπιδρά με το κλειδί, το κλειδί εξαφανίζεται και εμφανίζεται στην οθόνη του χρήστη μια εικόνα του κλειδιού.



Εικόνα 3. Ηλεκτρονικό Λουκέτο γρίφου 1

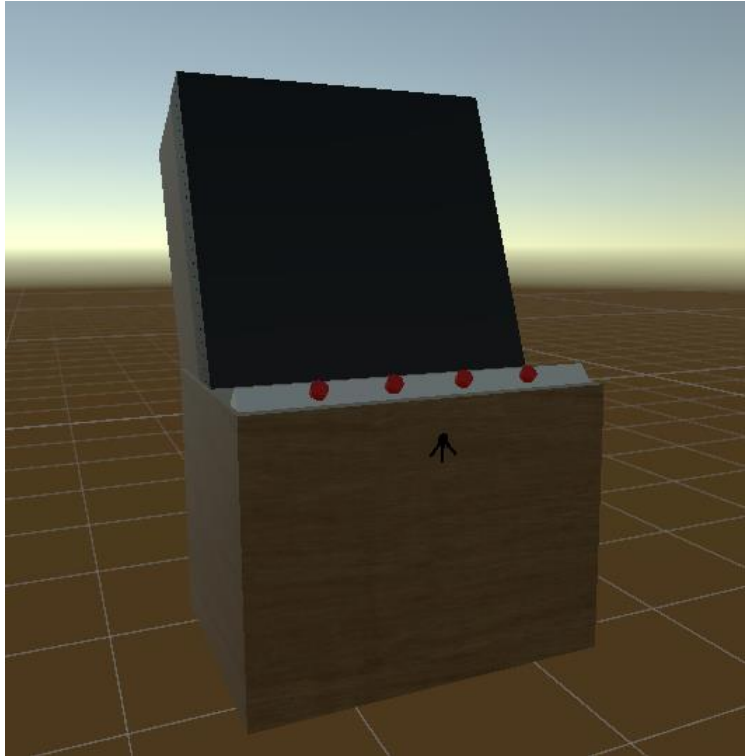


Εικόνα 4. Κλειδί Γρίφου 2

4.1.2 Γρίφος 2

Ο επόμενος γρίφος καλεί τον χρήστη να σκεφτεί που μπορεί να τοποθετήσει το περίεργο κλειδί που βρήκε από τον γρίφο 1. Παρατηρώντας το σχήμα του κλειδιού και το δωμάτιο μπορεί να συμπεράνει

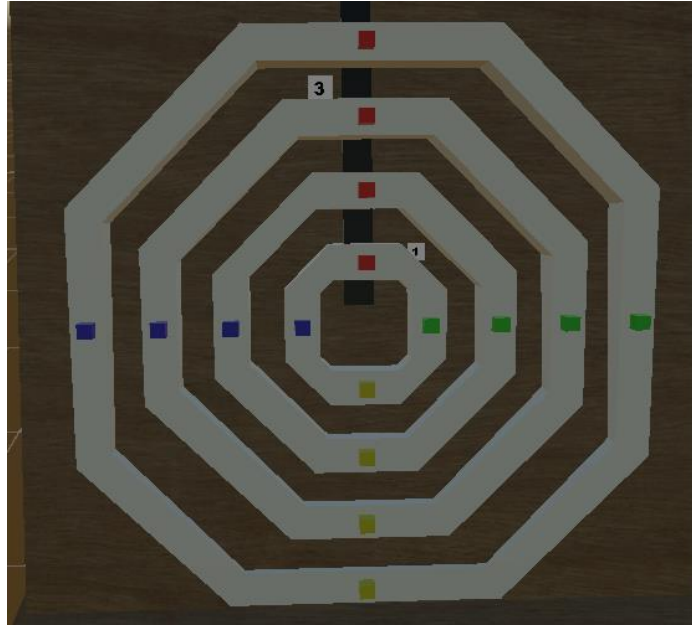
ότι υπάρχει ένα μηχάνημα με 4 κουμπιά και μια κλειδαριά του σχήματος του κλειδιού. Αλληλεπιδρώντας με την κλειδαριά ενεργοποιείται μια κίνηση εισαγωγής του κλειδιού στο μηχάνημα και ταυτόχρονα ανοίγει το πάνω μέρος του, αποκαλύπτοντας τέσσερις δακτυλίους με χρώματα που παρουσιάζονται παρακάτω (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Γρίφος 2

4.1.3 Γρίφος 3

Ο τρίτος γρίφος καλεί τον χρήστη να ευθυγραμμίσει σωστά τους δακτυλίους με τα χρώματα, παρατηρώντας τους πίνακες του δωματίου, στον καθένα από τους οποίους απεικονίζεται ένας αριθμός από πουλιά με χρώμα αντίστοιχο με τα χρώματα των δακτυλίων. Αλληλεπιδρώντας με τα κουμπιά που βρίσκονται πάνω στην μηχανή, οι δακτύλιοι περιστρέφονται και όταν ευθυγραμμιστούν ολοκληρώνεται και ο τελευταίος γρίφος του πρώτου δωματίου. Για διευκόλυνση του χρήστη ώστε να καταλάβει με ποιο τρόπο πρέπει να ευθυγραμμιστούν οι δακτύλιοι, υπάρχει μια μαύρη μπάρα με δύο αριθμούς που υποδεικνύουν την σειρά με την οποία εισάγονται τα αντίστοιχα χρώματα (Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Δακτύλιοι Γρίφου 2

4.1.4 Γρίφος 4

Ο πρώτος γρίφος ο οποίος βασίζεται στην γνωστική ομάδα στην οποία κατατάχθηκε ο παίκτης εμφανίζεται στο δεύτερο δωμάτιο. Υπάρχουν δυο κατασκευές οι οποίες ενώνονται μεταξύ τους με έναν αριθμό πολύχρωμων σωληνώσεων (κόκκινοι, μπλε, μωβ, πράσινοι). Ο χρήστης καλείται να μετρήσει τον αριθμό σωλήνων κάθε χρώματος και να τον εισάγει σε ένα λουκέτο (Εικόνα 7). Η σωστή σειρά εισαγωγής των αριθμών στο λουκέτο βασίζεται σε ένα μήνυμα που βρίσκεται πάνω στην μια κατασκευή, όπου αναγράφεται:

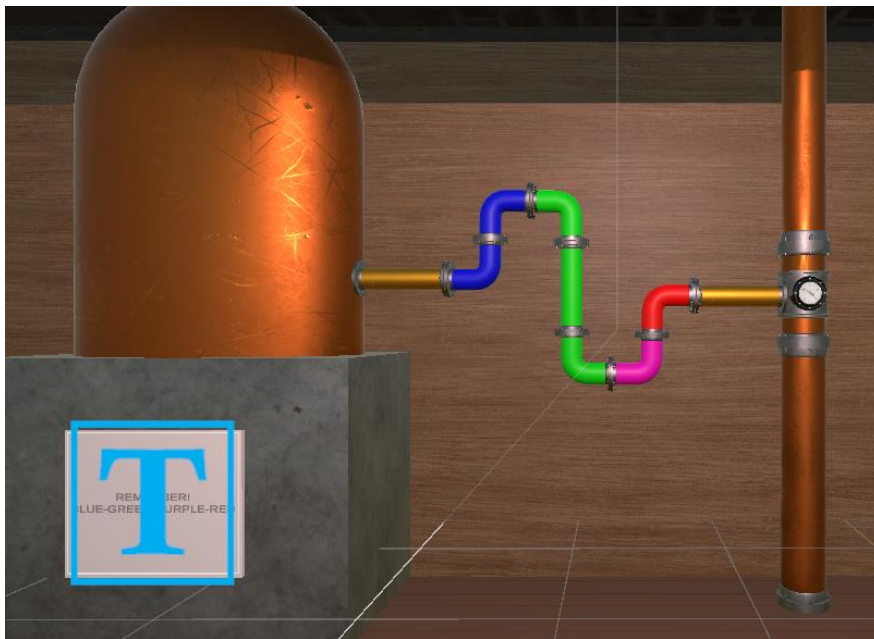
“Remember Blue - Green - Purple - Red” που σημαίνει *“Θυμήσου μπλε - πράσινο - μωβ - κόκκινο”*

Έτσι, ο χρήστης πρέπει να εισάγει πρώτα τον αριθμό των μπλε, μετά τον αριθμό των πράσινων, των μωβ και τέλος των κόκκινων σωλήνων.

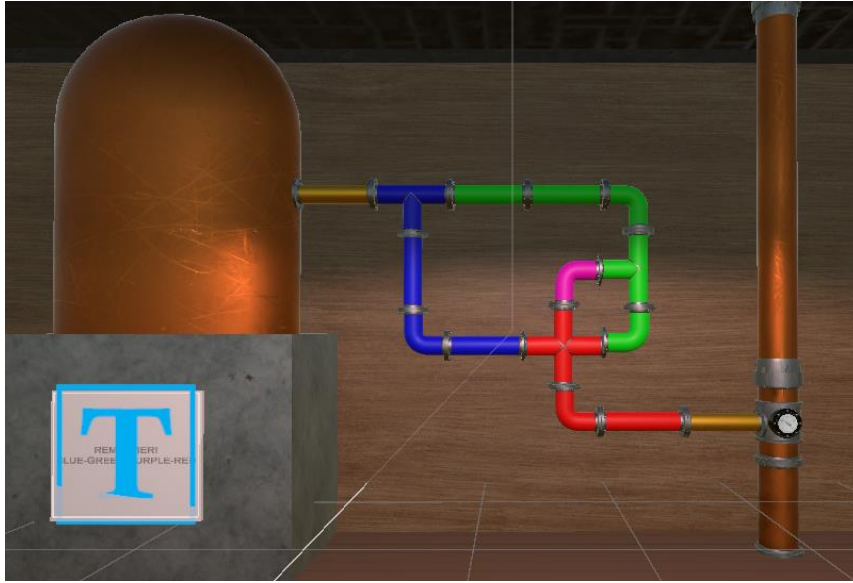
Ανάλογα με την δυσκολία αυξάνεται ο αριθμός των σωλήνων και ο συνδυασμός των χρωμάτων γίνεται πιο πολύπλοκος (Εικόνες 8, 9, 10). Στην περίπτωση που ο χρήστης καταλήξει στις δύο ανώτερες δυσκολίες τότε το χρώμα του σωλήνα εξαρτάται από το σχήμα του και η σύνδεση των δυο κατασκευών περιέχει κενά, όπου ο χρήστης πρέπει να καταλάβει τι σχήμα θα έπρεπε να υπάρχει στην θέση από όπου λείπει κάποιος σωλήνας (Εικόνες 11,12).



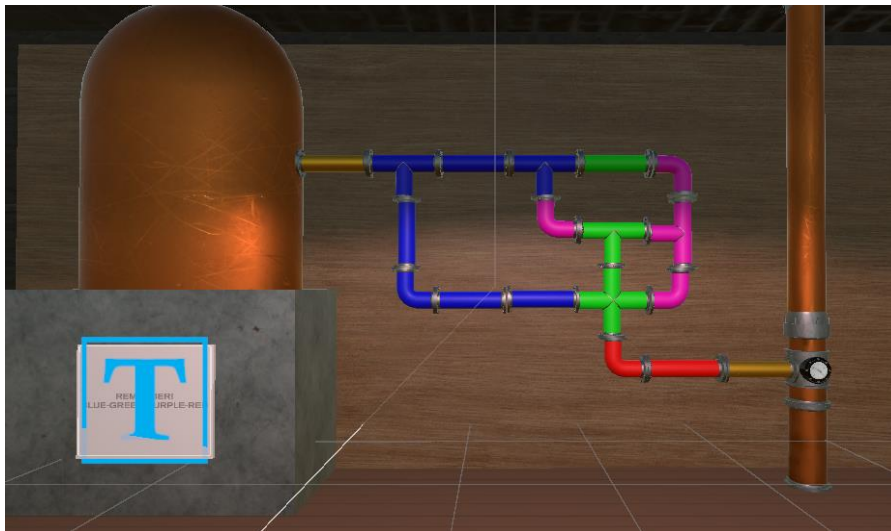
Εικόνα 7. Λουκέτο του γρίφου 4.



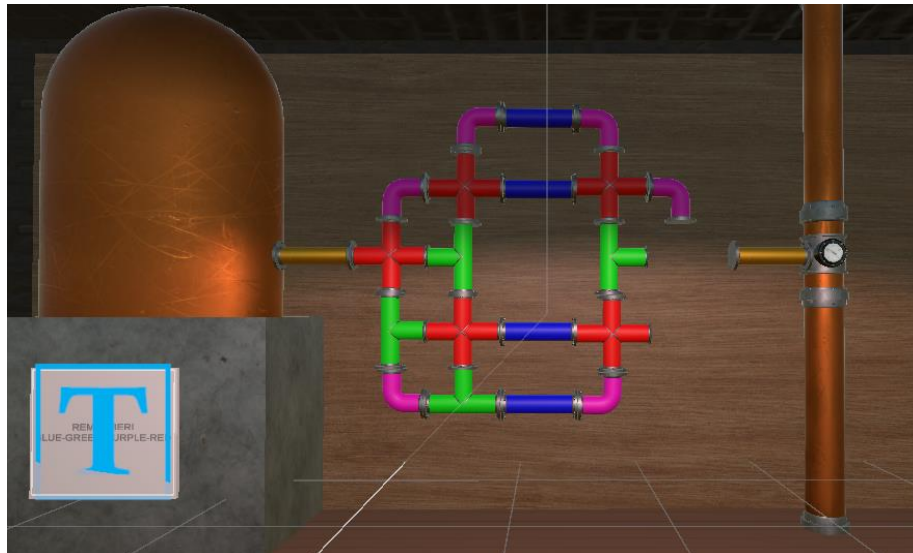
Εικόνα 8. Γρίφος 4 για Αρχάριο χρήστη.



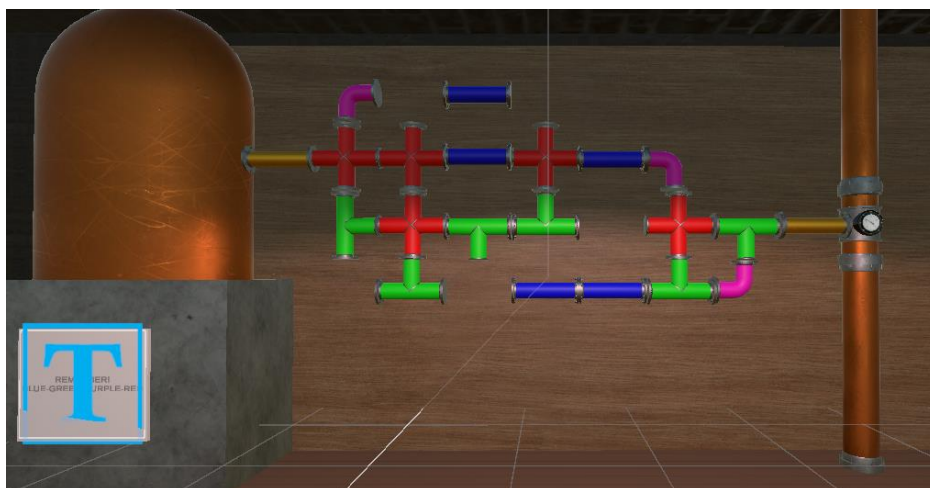
Εικόνα 9. Γρίφος 4 για Αρχάριο ή Μέσο χρήστη.



Εικόνα 10. Γρίφος 4 για Μέσο χρήστη.



Εικόνα 11. Γρίφος 4 για Μέσο ή Έμπειρο χρήστη.



Εικόνα 12. Γρίφος 4 για Έμπειρο χρήστη.

4.2 Διεπαφή χρήστη (User interface - UI)

Για να επιτευχθεί μια καλή εμπειρία του χρήστη κατά την ολοκλήρωση του παιχνιδιού πρέπει να χρησιμοποιηθούν κάποια μηνύματα στην οθόνη, κάποια στατικά και κάποια δυναμικά, ώστε να μπορεί ο χρήστης να καταλάβει πως μπορεί να μετακινηθεί στον χώρο, να αλληλεπιδράσει με αυτόν, να εμφανιστεί ένα μήνυμα για κάποια ενέργεια που έκανε και να λάβει ένα μήνυμα βοήθειας εάν κολλήσει.

4.2.1 Σημείο στόχευσης (Crosshair)

Είναι πολύ σημαντικό όταν έχουμε ένα παιχνίδι στο οποίο ο χρήστης πρέπει να σημαδέψει με την κάμερα ένα αντικείμενο, να υπάρχει ένα σχήμα στο κέντρο της οθόνης που σηματοδοτεί που

“κοιτάει” ο χαρακτήρας. Ένα παραπάνω βήμα που υιοθετήθηκε και στο παρόν παιχνίδι είναι το σχήμα αυτό να αλλάζει χρώμα όταν ο χρήστης σημαδεύει κάτι με το οποίο θα μπορούσε να αλληλεπιδράσει, με σκοπό να μην αφιερώνει πολύ χρόνο προσπαθώντας να ελέγξει κάθε αντικείμενο του δωματίου.

4.2.2 Κουμπί εμφάνισης βοηθειών

Καθ’ όλη την διάρκεια του παιχνιδιού πρέπει να υπάρχει ένα μήνυμα στην οθόνη του χρήστη για να του υπενθυμίζει τα κουμπιά τα οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει. Στο πάνω αριστερά τμήμα της οθόνης εμφανίζεται μήνυμα που καλεί τον χρήστη να πατήσει το κουμπί F2 το οποίο όταν πατηθεί “παγώνει” την κάμερα και την κίνηση του χρήστη και εμφανίζει ένα παράθυρο που αναγράφει τα κουμπιά κινήσεως και αλληλεπίδρασης, λήψης βοήθειας και μεγέθυνσης της κάμερας. Πατώντας ξανά το κουμπί F2 κλείνει το παράθυρο και συνεχίζεται το παιχνίδι.

4.3 Knowledge Representation Module

Το πιο σημαντικό κομμάτι αυτής της διπλωματικής είναι η καταγραφή της γνώσης του χρήστη που σύμφωνα με αυτή μεταβάλλεται δυναμικά η δυσκολία του παιχνιδιού. Για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιούμε τρία αρχεία εντολών κώδικα C# τα οποία μπορούν να οριστούν παρακάτω:

4.3.1 RankManager.cs

Το πρώτο βήμα που βασίζεται στην δημιουργία ενός ερωτηματολογίου και εξαγωγή της αρχικής κατάταξης του χρήστη χρησιμοποιεί UI elements ώστε ο χρήστης να μπορεί να βλέπει μηνύματα στην οθόνη και να αλληλεπιδρά με αυτά.

Ερωτήσεις Ερωτηματολογίου

Αρχικά δημιουργείται ένα μήνυμα κειμένου το οποίο περιέχει την ερώτηση την οποία καλείται ο χρήστης να απαντήσει. Το κείμενο της ερώτησης είναι αποθηκευμένο σε έναν πίνακα τύπου συμβολοσειράς. Όταν ο χρήστης απαντήσει στην ερώτηση το πρόγραμμα εμφανίζει την επόμενη εκχώρηση του πίνακα δηλαδή την επόμενη ερώτηση. Η διαδικασία αυτή συνεχίζει μέχρι να μην υπάρχει άλλη εκχώρηση. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να δημιουργήσουμε όσες ερωτήσεις θέλουμε να έχει το ερωτηματολόγιο.

Οι ερωτήσεις της παρούσας εργασίας είναι:

- 1) Έχεις εμπειρία στην χρήση υπολογιστή;
- 2) Έχεις εμπειρία στο να παίζεις παιχνίδια υπολογιστή;
- 3) Έχεις εμπειρία σε παιχνίδια σε πρώτο πρόσωπο; (*First Person games*)
- 4) Έχεις εμπειρία σε παιχνίδια απόδρασης;
- 5) Έχεις εμπειρία στην λύση γρίφων;

Επιλογή απάντησης

Για να μπορέσουμε να λάβουμε την απάντηση του ερωτήματος δημιουργούμε πέντε κουμπιά που μπορεί ο χρήστης να επιλέξει ένα από αυτά. Τα κουμπιά που δύναται να επιλεγθούν είναι:

- 1) Πολύ κακή
- 2) Κακή
- 3) Καλή
- 4) Πολύ καλή
- 5) Εξαιρετική

Επισημαίνεται ότι δεν μπορούν να επιλεγούν ταυτόχρονα δύο κουμπιά, και για να επιβεβαιωθεί η επιλογή υπάρχει και κουμπί επιβεβαίωσης το οποίο “καθαρίζει” την όποια επιλογή έχει γίνει και περνά στην επόμενη ερώτηση.

Βαθμολογία ερωτήσεων

Για να γίνει καταγραφή της βαθμολογίας του χρήστη γίνονται δυο διεργασίες. Αρχικά, αποδίδεται συντελεστής βαρύτητας σε κάθε ερώτηση ώστε να είναι δυνατόν ερωτήσεις οι οποίες παρέχουν περισσότερη πληροφορία για το επίπεδο του χρήστη να συμβάλλουν περισσότερο στην τελική βαθμολογία. Η δεύτερη διεργασία είναι η προσθήκη μονάδων με βάση τις πέντε απαντήσεις που δύναται να επιλέξει ο χρήστης. Κάθε απάντηση προσδίδει αντίστοιχα 0, 0.5, 1, 1.5 και 2 μονάδες οι οποίες πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή βαρύτητας της κάθε ερώτησης, και προστίθενται στην τελική βαθμολογία.

Αποτέλεσμα

Η τελική βαθμολογία καταγράφεται σαν χαρακτηριστικό του χρήστη με χρήση της εντολής *PlayerPrefs.SetFloat*, ώστε να μπορεί να διαβαστεί από το επόμενο πρόγραμμα.

4.3.2 RankDecay.cs

Το πρόγραμμα το οποίο διαχειρίζεται την μεταβολή της κατάταξης του επιπέδου της γνώσης του χρήστη, στο δωμάτιο εισαγωγής, λαμβάνει την βαθμολογία που αποθηκεύτηκε στο προηγούμενο πρόγραμμα και την κατατάσσει σε μια από τις πέντε γνωστικές ομάδες που δημιουργούνται. Οι ομάδες αυτές είναι οι εξής:

Από 0 έως 3: Αρχάριος

Από 3 έως 5: Αρχάριος ή Μέσος

Από 5 έως 7: Μέσος

Από 7 έως 8: Μέσος ή Έμπειρος

Από 8 και πάνω: Έμπειρος

Ο πιο σημαντικός παράγοντας που υποδεικνύει το πόσο δυσκολεύεται ο χρήστης στην επίλυση των γρίφων, είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να τους ολοκληρώσει. Έτσι, το επόμενο κομμάτι του κώδικα αφαιρεί από την συνολική βαθμολογία 0.01 μονάδα το δευτερόλεπτο και ελέγχει εάν η νέα βαθμολογία ανήκει στην επόμενη ομάδα με κατεύθυνση προς το μηδέν.

Για να ελέγξουμε εάν ο χρήστης απάντησε στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου πιο συγκρατημένα, και άρα μπήκε σε “κατώτερη” ομάδα από αυτήν στην οποία θα έπρεπε να ανήκει, πρέπει να λάβουμε υπόψιν εάν λύνει τους γρίφους πολύ γρήγορα. Σε αυτή τη περίπτωση πρέπει να ανέβει η βαθμολογία του ώστε να περάσει σε ομάδα αυξημένης δυσκολίας. Αυτό επιτυγχάνεται προσθέτοντας μια μονάδα για κάθε γρίφο που επιλύει.

Η τελική βαθμολογία σταματά να μεταβάλλεται με την έξοδο του χρήστη από το δωμάτιο υποδοχής και αποθηκεύεται σαν χαρακτηριστικό του χρήστη.

4.3.3 RankOfRiddles.cs

Αφού έχει υπολογιστεί η τελική βαθμολογία και έχει γίνει στάσιμη η ομάδα στην οποία ανήκει ο χρήστης, τότε ενεργοποιείται η ομάδα γρίφων που αντιστοιχούν στην ομάδα αυτή. Στην εφαρμογή πρέπει να έχουν δημιουργηθεί πέντε διαφορετικής δυσκολίας μορφές του ίδιου γρίφου ώστε ένας από αυτούς να εμφανιστεί. Η επιλογή του κατάλληλου γρίφου γίνεται με τον έλεγχο του χαρακτηριστικού του χρήστη που αποθηκεύεται κατά την έξοδο του προηγούμενου δωματίου και με χρήση συνεχόμενων εντολών if ενεργοποιείται το κατάλληλο αντικείμενο.

4.4 Hint Delivery System

Ο τρόπος με τον οποίο παρέχεται εξειδικευμένη βοήθεια στον χρήστη επιτυγχάνεται μέσω ενός προγράμματος. Στο πρόγραμμα αυτό ελέγχεται σε ποιο μέρος του παιχνιδιού βρίσκεται ο χρήστης αλλά και η γνωστική ομάδα στην οποία ανήκει, ώστε να επιτρέψει στον χρήστη να λάβει βοήθεια ακριβώς για τον γρίφο τον οποίο δεν μπορεί να επιλύσει, και το μέγεθος της βοήθειας να είναι ανάλογο με την ανάγκη του.

Για να μπορεί το παιχνίδι να γνωρίζει σε ποιο στάδιο του παιχνιδιού βρίσκεται ο χρήστης έχουν δημιουργηθεί κομμάτια κώδικα που αυξάνουν την τιμή ενός μετρητή που συμβολίζει το στάδιο, και ενεργοποιούνται σε σημεία που ο παίκτης κάνει μια ενέργεια που μπορεί να θεωρηθεί ως ολοκλήρωση ενός γρίφου. Για τον έλεγχο χρησιμοποιούνται εμφωλευμένες εντολές if-else για κάθε γρίφο και γνωστική ομάδα. Οι βοήθειες που λαμβάνει ο χρήστης απεικονίζονται παρακάτω (Πίνακες 2, 3, 4, 5)

Πίνακας 2. Βοήθειες γρίφου 1 ανά γνωστικό επίπεδο

Γνωστικό Επίπεδο	Βοήθεια (Hint)
Αρχάριος	"I need to find a code for the padlock. There are a lot of books next to it. Maybe there is a code?"
Αρχάριος ή Μέσος	"I need to find a code for the padlock. Why is it there?"
Μέσος	"I need to find a code for the padlock"
Μέσος ή Έμπειρος	"Those books look weird"
Έμπειρος	"Knowledge often solves all riddles"

Πίνακας 3. Βοήθειες γρίφου 2 ανά γνωστικό επίπεδο

Γνωστικό Επίπεδο	Βοήθεια (Hint)
Αρχάριος	"I found a weird key. I've seen the keyhole in that arcade looking machine"
Αρχάριος ή Μέσος	"I found a weird key, its head has a circle and three lines under it. Where could this fit?"
Μέσος	"I found a weird key, Where could this fit?"
Μέσος ή Έμπειρος	"I need to use the tool I got from the drawer"
Έμπειρος	"When life gives you lemons, mash them in a lemon-sized hole"

Πίνακας 4. Βοήθειες γρίφου 3 ανά γνωστικό επίπεδο

Γνωστικό Επίπεδο	Βοήθεια (Hint)
Αρχάριος	"Those weird rings with colors match the color of the bird pictures. Maybe the amount of birds shows the correct sequence for the rings!"
Αρχάριος ή Μέσος	"Those weird rings with colors match the color of the bird pictures."
Μέσος	"Where could the colors of the rings come from?"
Μέσος ή Έμπειρος	"I need to align the rings in the correct order."
Έμπειρος	"Did you know the sky is every color?"

Πίνακας 5. Βοήθειες γρίφου 4 ανά γνωστικό επίπεδο

Γνωστικό Επίπεδο	Βοήθεια (Hint)
Αρχάριος	"Maybe the padlock on the door has something to do with the colored pipes."
Αρχάριος ή Μέσος	"There are a lot of colored pipes in this room."
Μέσος	"Hmm why are there so many pipes?"
Μέσος ή Έμπειρος	"Why would anyone use pipes for decoration?"
Έμπειρος	"Don't sleep with a drip, call your plumber."

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

5.1 Μέθοδος Αξιολόγησης εργασίας

Για τον έλεγχο λειτουργίας αλλά και την αξιολόγηση του αποτελέσματος της διπλωματικής εργασίας, έγινε διαμοιρασμός του παιχνιδιού σε 20 άτομα ώστε να το ολοκληρώσουν, ενώ ταυτόχρονα πραγματοποιούνταν καταγραφή των απαντήσεών τους στο ερωτηματολόγιο, ο χρόνος που χρειάστηκε για την ολοκλήρωση, και οι δυσκολίες τις οποίες συναντούσε ο κάθε χρήστης. Από τα 20 άτομα που επιλέχθηκαν, 12 ήταν άντρες και 8 γυναίκες, ηλικίας 18 έως 40 ετών. Τα 14 άτομα δήλωσαν ότι έχουν μεγάλη εμπειρία στα ηλεκτρονικά παιχνίδια, και 8 από αυτά συγκεκριμένα και σε παιχνίδια απόδρασης. Από τα υπόλοιπα 6 άτομα, τα 4 δήλωσαν ότι έχουν κάποια εμπειρία σε παιχνίδια, και τα 2 άτομα δεν έχουν καθόλου εμπειρία σε παιχνίδια, αλλά μόνο στη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η αρχική γνωστική ομάδα στην οποία τοποθετείται κάθε χρήστης παρουσιάζεται στον Πίνακα 6. Μετά την έξοδό τους από το δωμάτιο υποδοχής, εμφανίζεται διαφοροποίηση στην γνωστική ομάδα ορισμένων χρηστών, η οποία παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 6. Αρχική κατάταξη των χρηστών βασισμένη στο ερωτηματολόγιο.

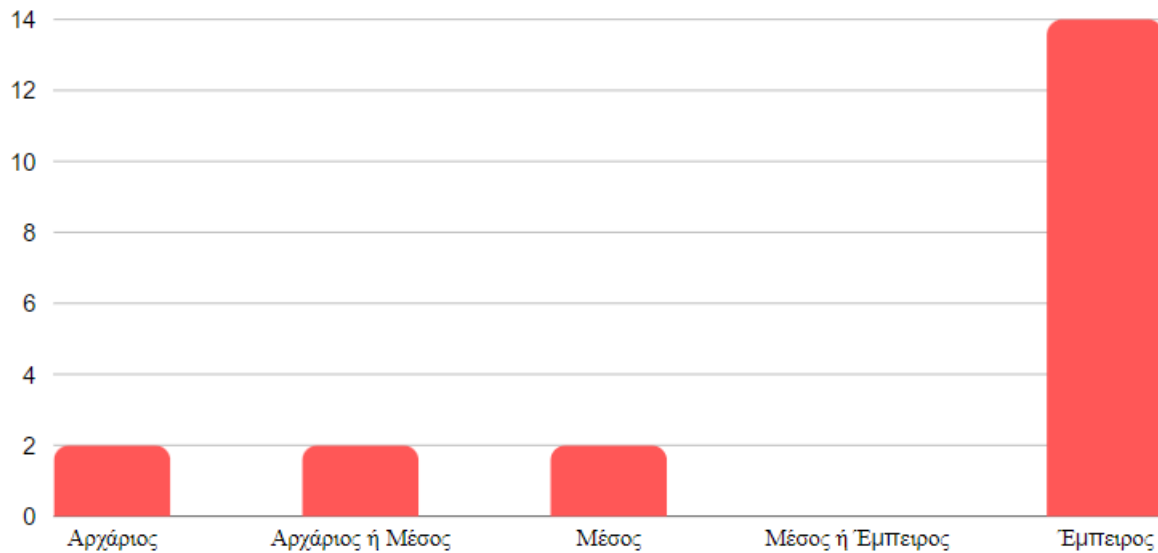
ΧΡΗΣΤΗΣ	ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ	ΓΝΩΣΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ
1	2.5	Αρχάριος
2	2.5	Αρχάριος
3	5	Αρχάριος ή Μέσος
4	5	Αρχάριος ή Μέσος
5	5.5	Μέσος
6	5.5	Μέσος
7	8.5	Έμπειρος
8	8.5	Έμπειρος
9	8.5	Έμπειρος
10	8.5	Έμπειρος
11	8.5	Έμπειρος
12	8.5	Έμπειρος
13	9.5	Έμπειρος
14	9.5	Έμπειρος
15	10	Έμπειρος
16	10	Έμπειρος

17	10	Έμπειρος
18	10	Έμπειρος
19	10	Έμπειρος
20	10	Έμπειρος

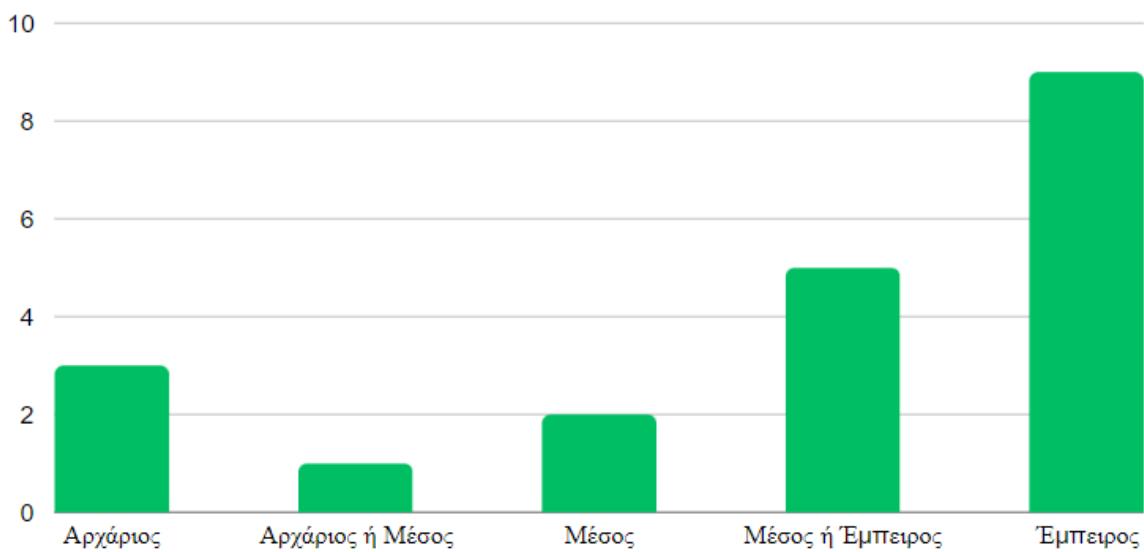
Πίνακας 7. Τελική κατάταξη των χρηστών μετά την ολοκλήρωση του δωματίου υποδοχής.

ΧΡΗΣΤΗΣ	Αρχική Γ.Μ	Τελική Γ.Μ	Αλλαγή κατά
1	Αρχάριος	Αρχάριος	0
2	Αρχάριος	Αρχάριος	0
3	Αρχάριος ή Μέσος	Μέσος	1
4	Αρχάριος ή Μέσος	Αρχάριος	1
5	Μέσος	Μέσος	0
6	Μέσος	Μέσος ή Έμπειρος	1
7	Έμπειρος	Μέσος ή Έμπειρος	1
8	Έμπειρος	Έμπειρος	0
9	Έμπειρος	Μέσος ή Έμπειρος	1
10	Έμπειρος	Έμπειρος	0
11	Έμπειρος	Έμπειρος	0
12	Έμπειρος	Έμπειρος	0
13	Έμπειρος	Μέσος ή Έμπειρος	1
14	Έμπειρος	Έμπειρος	0
15	Έμπειρος	Έμπειρος	0
16	Έμπειρος	Αρχάριος ή Μέσος	3
17	Έμπειρος	Μέσος ή Έμπειρος	1
18	Έμπειρος	Έμπειρος	0
19	Έμπειρος	Έμπειρος	0
20	Έμπειρος	Έμπειρος	0

Το σύνολο των παικτών και η κατανομή τους σε γνωστικές ομάδες παρουσιάζεται στο Σχήμα 2 για την αρχική κατάταξη, και στο Σχήμα 3 για την τελική κατάταξη.



Σχήμα 2. Κατανομή παικτών σε γνωστικές ομάδες κατά την αρχική κατάταξη.



Σχήμα 3. Κατανομή παικτών σε γνωστικές ομάδες κατά την τελική κατάταξη.

5.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Από τον Πίνακα 7, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η εφαρμογή δυναμικής προσαρμογής του επιπέδου δυσκολίας έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην δημιουργία του κατάλληλου περιβάλλοντος

παιχνιδιού για τον κάθε χρήστη, καθώς υπήρξαν αρκετά διαφορετικά αποτελέσματα σε σχέση με την αρχική κατάταξη (Πίνακας 6). Σε γενικές γραμμές δεν παρατηρήθηκε μεγάλη απόκλιση ανάμεσα στην αρχική και την τελική κατάταξη των χρηστών. Η πλειοψηφία (12 από τους 20 χρήστες) παρέμεινε στο ίδιο επίπεδο, ενώ 7 χρήστες άλλαξαν επίπεδο κατά μία μονάδα. Σε μια μόνο περίπτωση, το γνωστικό επίπεδο του χρήστη διαφοροποιήθηκε κατά 3 επίπεδα. Από την παρατήρηση του συγκεκριμένου χρήστη κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, σημειώνεται ότι απάντησε με μεγάλη αυτοπεποίθηση στο ερωτηματολόγιο, ωστόσο κατά την είσοδό του στο δωμάτιο υποδοχής εντόπιζε σωστά την τοποθεσία των γρίφων, αλλά δεν μπορούσε να διαχωρίσει τα στοιχεία που ανήκουν σε κάθε διαφορετικό γρίφο ώστε να τους επιλύσει. Με την πάροδο του χρόνου και την ελάττωση των γνωστικών επιπέδων, χρησιμοποίησε τις αναλυτικότερες υποδείξεις και κατάφερε τελικά να λύσει τους γρίφους. Συμπερασματικά, με την χρήση της μεταβαλλόμενης δυσκολίας στο δωμάτιο εισαγωγής μπορούμε να θεωρήσουμε ότι εξατομικεύσαμε επιτυχώς την εμπειρία του κάθε χρήστη, που δεν ταυτιζόταν πλήρως με την εμπειρία που θα είχε με χρήση μόνο του ερωτηματολογίου. Ειδικά στην περίπτωση του χρήστη που άλλαξε τρία γνωστικά επίπεδα, φαίνεται ότι η υπερτίμηση που σημειώθηκε στο ερωτηματολόγιο πιθανόν να μη του επέτρεπε να ολοκληρώσει το παιχνίδι, στο επίπεδο που κατατάχθηκε αρχικά.

5.3 Αξιολόγηση από τους χρήστες

Κατά την ολοκλήρωση του παιχνιδιού από τους χρήστες πραγματοποιήθηκε μια ποιοτική εκτίμηση της άποψής τους όσον αφορά την δομή και την δυσκολία του παιχνιδιού, και την σαφήνεια των υποδείξεων, όπου χρησιμοποιήθηκαν. Το σύνολο των παικτών απάντησαν θετικά, σχετικά με όλα τα παραπάνω θέματα. Δύο από τους χρήστες επισήμαναν ότι δυσκολεύτηκαν στην μετακίνησή τους μέσα στο παιχνίδι. Σημειώνεται ωστόσο, ότι οι συγκεκριμένοι παίκτες από το ερωτηματολόγιο απάντησαν ότι δεν είχαν καθόλου εμπειρία σε παιχνίδια υπολογιστή, επομένως πιθανώς σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα παιχνιδιού να μπορούσαν να ξεπεράσουν το ζήτημα της μετακίνησης στο χώρο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

6.1 Συμπεράσματα διπλωματικής εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η δυνατότητα χρήσης δυναμικής επιλογής του επιπέδου δυσκολίας σε παιχνίδια απόδρασης. Η υλοποίηση πραγματοποιείται με χρήση τεχνητής νοημοσύνης που βασίζεται στην ταξινόμηση της γνώσης του χρήστη μέσω ασαφών βαρών. Κατά τη δοκιμή του παιχνιδιού, σημειώθηκε διαφοροποίηση αρκετών χρηστών ανάμεσα στην αρχική κατάταξη μέσω ερωτηματολογίου και την τελική κατάταξη μετά την επίλυση του δωματίου υποδοχής. Επομένως, πραγματοποιήθηκε επιτυχώς η αλλαγή επιπέδου δυσκολίας, και το σύνολο των παικτών κατάφερε να ολοκληρώσει τους γρίφους.

Η αναγνώριση της γνωστικής επάρκειας του χρήστη αρχικά μέσω του ερωτηματολογίου, χρησιμοποιείται με στόχο την παροχή εξειδικευμένης βοήθειας στον χρήστη κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται ιδανικές συνθήκες για την καλύτερη δυνατή εμπειρία ψυχαγωγίας.

Η μέθοδος αυτή, σε σύγκριση με την συμβατική κατάταξη σε κατηγορίες δυσκολίας που χρησιμοποιείται ευρέως μέχρι σήμερα στα περισσότερα παιχνίδια, προσθέτει μεν ένα επιπλέον στοιχείο στο εκάστοτε παιχνίδι (το δωμάτιο υποδοχής) που δεν είναι πάντα θεμιτό από τον προγραμματιστή, ωστόσο από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας φαίνεται ότι μπορεί να διαφοροποιήσει θετικά την εμπειρία του χρήστη. Με τη χρήση της μεθόδου αυτής είναι βέβαιο ότι θα σημειωθεί αύξηση του ποσοστού ικανοποίησης των παικτών, που μπορεί να οδηγήσει επίσης σε άλλα οφέλη, όπως η αύξηση της αξιολόγησης και της δημοτικότητας του παιχνιδιού.

Κατά την δοκιμή του παιχνιδιού, παρατηρήθηκε ότι η πλειοψηφία των χρηστών παρέμειναν στο ίδιο γνωστικό επίπεδο που είχε οριστεί από το ερωτηματολόγιο μετά την ολοκλήρωση του δωματίου υποδοχής. Οι παίκτες οι οποίοι υποβιβάστηκαν σε χαμηλότερο επίπεδο από το αρχικό κατά την πορεία επίλυσης του δωματίου υποδοχής, έλαβαν την πιο αναλυτική βοήθεια του αντίστοιχου επιπέδου και κατάφεραν να ολοκληρώσουν με επιτυχία το παιχνίδι. Επομένως, επιτυγχάνεται ο βασικός στόχος ενός παιχνιδιού, που είναι η ικανοποίηση του παίκτη με την ολοκλήρωση του.

6.2 Πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις

Σε μελλοντικές επεκτάσεις της παρούσας εργασίας θα ήταν ενδιαφέρουσα η χρήση τεχνολογιών επεξεργασίας εικόνας και μηχανικής μάθησης με σκοπό την δημιουργία περαιτέρω εξατομίκευσης των βοηθειών που λαμβάνει ο χρήστης. Αναλυτικότερα, με την χρήση τεχνολογιών επεξεργασίας εικόνας θα μπορούσε να εξακριβωθεί ο χρόνος κατά τον οποίο ο παίκτης επεξεργάζεται τα επιμέρους συστατικά ενός γρίφου ώστε με τη συμβολή της μηχανικής μάθησης να αναγνωρίζουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια την αιτία καθυστέρησης ολοκλήρωσης του παιχνιδιού. Παράλληλα, με τη χρήση τεχνικών επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (natural language processing - NLP) είναι δυνατή η παραγωγή εξατομικευμένων βοηθειών για τον χρήστη ανάλογα με το ακριβές σημείο του παιχνιδιού το οποίο δυσκολεύεται να επιλύσει.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- V. M. F. Acabado, G. P. B. Burgos, J. D. L. Caro, R. A. B. Juayong, M. E. R. Aguila (2023). *Gamified Upper-Limb Rehabilitation Program for Elderly Participants Using a Real-Time Motion Tracking System*. In: A. Krouska, C. Troussas, J. Caro (eds) *Novel & Intelligent Digital Systems: Proceedings of the 2nd International Conference (NiDS 2022)*. NiDS 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 556. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17601-2_20.
- C. Acar, E. Haktanır, G. T. Temur, A. Beskese (2024), *Sustainable stationary hydrogen storage application selection with interval-valued intuitionistic fuzzy AHP*, *International Journal of Hydrogen Energy*, V49, Part D, pp. 619-634, ISSN 0360-3199, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.10.081>.
- G. An, Z. Zhong, S. Yang, L. Yang, C. Jin, J. Du, X. Yin (2024), *EASS: An automatic steering system for agricultural wheeled vehicles using fuzzy control*, *Computers and Electronics in Agriculture*, V217, 108544, ISSN 0168-1699, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108544>.
- K. Chrysafiadi, C. Troussas, M. Virvou (2020), *Combination of fuzzy and cognitive theories for adaptive e-assessment*, *Expert Systems with Applications*, V161, 113614, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113614>.
- E. S. Forster (1945). *Riddles and Problems from the Greek Anthology*. Greece and Rome, V14, pp. 42-47 doi:10.1017/S0017383500008780.
- Y. M. Geremew, W.-J. S. Huang, K. Hung (2024) *Fuzzy-Set Qualitative Comparative Analysis as a Mixed-Method and Analysis Technique: A Comprehensive Systematic Review*, *Journal of Travel Research*, V63, I1, pp. 3-26 <https://doi.org/10.1177/00472875231168619>.
- I. Ghasemian Sahebi, S. P. Toufighi, M. Azzavi, B. Masoomi, M. H. Maleki (2024), *Fuzzy ISM–DEMATEL modeling for the sustainable development hindrances in the renewable energy supply chain*, *International Journal of Energy Sector Management*, V18, No. 1, pp. 43-70. <https://doi.org/10.1108/IJESM-05-2022-0024>
- F. C. Jong, M. M. Ahmed (2024) *Novel GIS-based fuzzy TOPSIS and filtration algorithms for extra-large scale optimal solar energy sites identification*, *Solar Energy*, V268, 112274, ISSN 0038-092X, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.112274>.
- A. Krouska, C. Troussas, C. Sgouropoulou (2019), *Fuzzy Logic for Refining the Evaluation of Learners' Performance in Online Engineering Education*. *European Journal of Engineering and Technology Research*. V4, no. 6, pp. 50–56. DOI: <https://doi.org/10.24018/ejeng.2019.4.6.1369>.
- A. Krouska, C. Troussas, A. Voulodimos, C. Sgouropoulou (2022), *A 2-tier fuzzy control system for grade adjustment based on students' social interactions*, *Expert Systems with Applications*, V203, 117503, ISSN 0957-4174, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117503>.
- E. H. Mamdani (1974). *Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant*. *Proceedings of the Institution of Electrical Engineers*. V121, I12, pp. 1585–1588. doi:10.1049/PIEE.1974.0328.
- P. N. Marinos (1969). *Fuzzy Logic and its Application to Switching Systems*. *IEEE Transactions on Computers*, V18, no. 4, pp. 343-348, doi: 10.1109/T-C.1969.222662.

- G. Muhammad, M. Akram (2024) *Fuzzy fractional epidemiological model for Middle East respiratory syndrome coronavirus on complex heterogeneous network using Caputo derivative*, Information Sciences, V659, 120046, ISSN 0020-0255, <https://doi.org/10.1016/j.ins.2023.120046>.
- J. Musengya (2017). Common pilot channel power control for 3G cellular networks traffic load balancing based on fuzzy logic control. Master's Thesis. Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology.
- V. Novák, I. Perfilieva, J. Močkoř (1999). *Mathematical Principles of Fuzzy Logic*. Springer New York, NY <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5217-8> ISBN 978-0-7923-8595-0.
- C. Papakostas, C. Troussas, A. Krouska, C. Sgouropoulou (2022) *Personalization of the Learning Path within an Augmented Reality Spatial Ability Training Application Based on Fuzzy Weights*. Sensors, V22,7059. <https://doi.org/10.3390/s22187059>.
- C. Papakostas, C. Troussas, A. Krouska, C. Sgouropoulou (2023) *Modeling the Knowledge of Users in an Augmented Reality-Based Learning Environment Using Fuzzy Logic*. In: A. Krouska, C. Troussas, J. Caro (eds) *Novel & Intelligent Digital Systems: Proceedings of the 2nd International Conference (NiDS 2022)*. NiDS 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 556. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17601-2_12.
- M. Z. U. Rahman, M. A. Akbar, V. Leiva, C. Martin-Barreiro, M. Imran, M. T. Riaz, C. Castro (2024). *An IoT-fuzzy intelligent approach for holistic management of COVID-19 patients*. Heliyon, V10, e22454, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22454> .
- M. Rajasekar, K. S. Kumar, S. Saravanan, P. Kumar, M. Sridharan, S. R (2023), *Copyright Protection Algorithm of Digital and Artistic Products based on Fuzzy Clustering*, 2023 Second International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon), Singapore, 2023, pp. 169-173, doi: 10.1109/SmartTechCon57526.2023.10391831.
- P. Strousopoulos, C. Papakostas, C. Troussas, A. Krouska, P. Mylonas, C. Sgouropoulou (2023). *SculptMate: Personalizing cultural heritage experience using fuzzy weights*. In UMAP '23 Adjunct: Adjunct Proceedings of the 31st ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization (UMAP '23 Adjunct), June 26–29, 2023, Limassol, Cyprus. ACM, New York, NY, USA, 11 pages. <https://doi.org/10.1145/3563359.3596667>.
- A. Taylor (1948). *The Literary Riddle before 1600*. University of California Press, Berkeley, CA, pp. 12–13.
- C. Troussas, K. Chrysafiadi, M. Virvou (2018) *Machine learning and fuzzy logic techniques for personalized tutoring of foreign languages*. In: Penstein Rosé, C., et al. (eds.) *AIED 2018*. LNCS (LNAI), V10948, pp. 358–362. Springer, Cham (2018). https://doi.org/10.1007/978-3-319-93846-2_67.
- C. Troussas, K. Chrysafiadi, M. Virvou (2019) *An intelligent adaptive fuzzy-based inference system for computer-assisted language learning*. Expert Syst. Appl. V127. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.03.003>.

- C. Troussas, A. Krouska, C. Sgouropoulou (2020a). *Collaboration and fuzzy-modeled personalization for mobile game-based learning in higher education*. Comput. Educ. V144, 103698, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103698>.
- C. Troussas, A. Krouska, C. Sgouropoulou, I. Voyiatzis (2020b). *Ensemble Learning Using Fuzzy Weights to Improve Learning Style Identification for Adapted Instructional Routines*. Entropy 2020, V22, 735. <https://doi.org/10.3390/e22070735>.
- C. Troussas, A. Krouska, C. Sgouropoulou (2021) *A User-centric System for Improving Human-Computer Interaction through Fuzzy Logic-based Assistive Messages*. In Proceedings of the 17th International Conference on Web Information Systems and Technologies - WEBIST. ISBN 978-989-758-536-4. ISSN 2184-3252, SciTePress, pp. 365-370. DOI: 10.5220/0010702800003058.
- C. Troussas, A. Krouska, P. Mylonas, C. Sgouropoulou (2023a). *Personalized Learner Assistance Through Dynamic Adaptation of Chatbot Using Fuzzy Logic Knowledge Modeling*. *18th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation & Personalization (SMAP 2023)*, Limassol, Cyprus, pp. 1-5, doi: 10.1109/SMAP59435.2023.10255169.
- C. Troussas, C. Papakostas, C. Sgouropoulou (2023b) “*Enhancing Users’ Interactions in Mobile Augmented Reality Systems Through Fuzzy Logic-Based Modelling of Computer Skills*”. In Proceedings of the 19th International Conference on Web Information Systems and Technologies - WEBIST. ISBN 978-989-758-672-9. ISSN 2184-3252, SciTePress, pp. 381-390. DOI: 10.5220/0012204300003584.
- A. Veldkamp, L. van de Grint, M.-C. P.J. Knippels, W. R. van Joolingen (2020). *Escape education: A systematic review on escape rooms in education*, Educational Research Review, V31, <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100364>.
- L. Wen, (2023) *Design of Tourism Information Management System Based on Fuzzy Clustering Algorithm*, In 2023 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Autonomous Robot Systems (AIARS), Bristol, United Kingdom, pp. 145-149, doi: 10.1109/AIARS59518.2023.00036.
- M. Wiemker, E. Elumir, A. Clare (2015) *Escape Room Games: "Can you transform an unpleasant situation into a pleasant one?"* Game based learning, pp. 55-68.
- A. G. Woodside, S.-Y. Hsu, R. Marshall (2011) *General theory of cultures' consequences on international tourism behavior*, Journal of Business Research, V64, I8, pp 785-799, ISSN 0148-2963, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2010.10.008>.
- M. Woźniak, J. Szczotka, A. Sikora, A. Zielonka (2024), *Fuzzy logic type-2 intelligent moisture control system*, Expert Systems with Applications, V238, Part A, 121581, ISSN 0957-4174, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121581>
- Z. Xia, W. Xue, J. Zhai, T. Zhou, C. Su (2024), *A Temporal Multi-view Fuzzy Classifier for Fusion Identification on Epileptic Brain Network*, in IEEE Transactions on Fuzzy Systems, doi: 10.1109/TFUZZ.2024.3363623.
- L. A. Zadeh (1965). *Fuzzy sets*, Information and Control, V8, I3, pp. 338-353, ISSN 0019-9958, [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X).

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

<https://worldofspectrum.org/software?id=0005998> accessed on February 6th, 2024.

<https://theescapegame.com/blog/the-history-of-escape-rooms/> accessed on February 6th, 2024.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Unity_\(game_engine\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Unity_(game_engine)) accessed on February 6th, 2024.

[https://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp?action=search&newsearch=true&matchBoolean=true&queryText=\(%22Publication%20Title%22:fuzzy\)](https://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp?action=search&newsearch=true&matchBoolean=true&queryText=(%22Publication%20Title%22:fuzzy)) accessed on February 25th, 2024.

<https://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp?newsearch=true&queryText=fuzzy%20logic> accessed on February 25th, 2024.

https://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp?queryText=fuzzy%20logic&highlight=true&returnFacets=ALL&returnType=SEARCH&matchPubs=true&ranges=2024_2024_Year accessed on February 25th, 2024.

<https://www.oecd.org/agriculture/topics/water-and-agriculture/> Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ), accessed on February 25th, 2024.