



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Πρόταση συστήματος προσαρμοστικής παιχνιδοποίησης με χρήση ενισχυτικής μάθησης και παιχνιδοποιημένης εξαγωγής τύπου χρήστη Hexad

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΙΩΑΝΝΗ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΥ

Επιβλέπων: Στέφανος Κόλλιας

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπουσα: Παρασκευή Τζούβελη

Μέλος ΕΔΙΠ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2023



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Πρόταση συστήματος προσαρμοστικής παιχνιδοποίησης με χρήση ενισχυτικής μάθησης και παιχνιδοποιημένης εξαγωγής τύπου χρήστη Hexad

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΙΩΑΝΝΗ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΥ

Επιβλέπων: Στέφανος Κόλλιας

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπουσα: Παρασκευή Τζούβελη

Μέλος ΕΔΙΠ Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 6^η Σεπτεμβρίου 2023.

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....
Στέφανος Κόλλιας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Γιώργος Στάμου
Καθηγητής

.....
Αθανάσιος Βουλόδημος
Καθηγητής

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2023

Copyright © – All rights reserved. Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος.
Ιωάννης Νικολόπουλος, 2023.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Το περιεχόμενο αυτής της εργασίας δεν απηχεί απαραίτητα τις απόψεις του Τμήματος, του Επιβλέποντα, ή της επιτροπής που την ενέκρινε.

ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ενυπογράφως ότι είμαι αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, για την ολοκλήρωση της οποίας κάθε βοήθεια είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται λεπτομερώς στην εργασία αυτή. Έχω αναφέρει πλήρως και με σαφείς αναφορές, όλες τις πηγές χρήσης δεδομένων, απόψεων, θέσεων και προτάσεων, ιδεών και λεκτικών αναφορών, είτε κατά κυριολεξία είτε βάσει επιστημονικής παράφρασης. Αναλαμβάνω την προσωπική και ατομική ευθύνη ότι σε περίπτωση αποτυχίας στην υλοποίηση των ανωτέρω δηλωθέντων στοιχείων, είμαι υπόλογος έναντι λογοκλοπής, γεγονός που σημαίνει αποτυχία στην Πτυχιακή μου Εργασία και κατά συνέπεια αποτυχία απόκτησης του Τίτλου Σπουδών, πέραν των λοιπών συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων. Δηλώνω, συνεπώς, ότι αυτή η Πτυχιακή Εργασία προετοιμάστηκε και ολοκληρώθηκε από εμένα προσωπικά και αποκλειστικά και ότι, αναλαμβάνω πλήρως όλες τις συνέπειες του νόμου στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής άλλης πνευματικής ιδιοκτησίας.

(Υπογραφή)

.....
Ιωάννης Νικολόπουλος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Περίληψη

Η παιχνιδοποίηση αποτελεί πλέον δημοφιλή προσέγγιση παρακίνησης χρηστών στις σύγχρονες εφαρμογές, μιας και μπορεί να προσαρμοστεί στα χαρακτηριστικά του χρήστη, όπως ο τύπος χρήστη Hexad, για να είναι πιο αποτελεσματική. Η εξαγωγή αυτών των χαρακτηριστικών του χρήστη μέσω μακροσκελών ερωτηματολογίων ενδέχεται να τον δυσχεραίνει, καθιστώντας το να εγκαταλείψει την εφαρμογή, καθιστώντας έτσι αναγκαία τη χρήση διαφορετικών προσεγγίσεων για αυτό το σκοπό. Επιπλέον, παρόλο που έχουν χρησιμοποιηθεί και δοκιμαστεί στις έρευνες παιχνιδοποίησης διάφορες τεχνικές μηχανικής μάθησης, παρατηρείται σπάνια η χρήση ενισχυτικής μάθησης, ώστε να αξιολογηθεί η δυνατότητα αξιοποίησής τους. Στην παρούσα διπλωματική εργασία σχεδιάσαμε ένα σύστημα που βασίζεται στην παιχνιδοποίηση για την εξαγωγή του προφίλ Hexad του χρήστη και ένα παραμετροποιήσιμο σύστημα ενισχυτικής μάθησης που χρησιμοποιεί το προφίλ αυτό για να προσαρμόσει τα στοιχεία παιχνιδοποίησης που προτείνονται στο χρήστη και να παρακολουθεί την εξέλιξη του προφίλ του σε βάθος χρόνου. Πρωτότυπα των συστημάτων υλοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας το πλαίσιο Flutter και τις συμβάσεις της βιβλιοθήκης Gymnasium (πρώην OpenAI Gym) αντίστοιχα. Το σύστημα ενισχυτικής μάθησης δοκιμάστηκε προκαταρκτικά ως προς την ακρίβειά του και την παρακολούθηση προφίλ με προσομοίωση των απαντήσεων του χρήστη. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το σύστημα λειτουργεί ικανοποιητικά σε διάφορες περιπτώσεις χρήσης και ότι η ακρίβεια του συστήματος είναι υψηλή όταν το σύστημα παρακολουθεί ικανοποιητικά το προφίλ του χρήστη. Προτείνουμε συνεπώς τη δοκιμή των παραπάνω συστημάτων σε παιχνιδοποιημένες εφαρμογές για την περαιτέρω αξιολόγησή τους.

Λέξεις Κλειδιά

Παιχνιδοποίηση, Προσαρμοστική παιχνιδοποίηση, Μηχανική μάθηση, Ενισχυτική μάθηση, Τύπος χρήστη Hexad

Abstract

Gamification has become a widely used user motivation approach in modern apps, since it can adapt to the user's characteristics, such as the Hexad user type, to achieve better performance. The extraction of such characteristics from the user using long-winded questionnaires could dissatisfy users, causing them to stop using the app, thus creating the need to approach this process differently. Moreover, despite various machine learning techniques being employed and tested in gamification research, reinforcement learning has seen little use in order to assess its usefulness. Thus, in this diploma thesis we designed a gamified system to extract the user's Hexad profile and also a customizable adaptive gamification reinforcement learning system that uses the user's profile to change the gamification elements shown to the user and to observe the changes the user's profile undergoes over time. Prototypes of the designed systems were created using the Flutter framework and the design conventions of the Gymnasium library (formerly OpenAI Gym) respectively. The reinforcement learning system underwent preliminary tests regarding its accuracy and profile tracking using user answer simulation. Results indicate that the system functions satisfactorily in various use cases and that its accuracy is high when the system tracks the user's Hexad profile closely. Therefore, we recommend testing both systems in gamified applications in order to further evaluate them.

Keywords

Gamification, Adaptive gamification, Machine learning, Reinforcement learning, Hexad user type

στον παππού μου
όλα καλά

Ευχαριστίες

Θα ήθελα καταρχήν να ευχαριστήσω τους καθηγητές κ. Στέφανο Κόλλια και κ. Αθανάσιο Βουλόδημο για την επίβλεψη αυτής της διπλωματικής εργασίας και για τη δυνατότητα να την εκπονήσω στο εργαστήριο Τεχνητής Νοημοσύνης και Συστημάτων Μάθησης του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ευχαριστώ την συνεπιβλέπουσα κ. Παρασκευή Τζούβελη για τη συνεργασία που είχαμε. Η υπομονή της, το ενδιαφέρον που έδειξε και η ευρηματική καθοδήγησή της ήταν όλα κομβικά για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστώ επίσης την οικογένειά μου, που με στήριξαν με λόγια και με πράξεις σε όλη την πορεία των σπουδών μου, με τις χαρές και τις λύπες της, και δεν σταμάτησαν να πιστεύουν σε εμένα. Τέλος, ευχαριστώ τους φίλους μου, που είναι παρόντες ο καθένας με το δικό του ξεχωριστό τρόπο.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2023

Ιωάννης Νικολόπουλος

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract	7
Ευχαριστίες	11
1 Εισαγωγή	21
1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής	22
1.2 Οργάνωση του τόμου	23
I Θεωρητικό Μέρος	25
2 Θεωρητικό υπόβαθρο	27
2.1 Παιχνιδοποίηση	27
2.1.1 Ορισμός και εφαρμογές	27
2.1.2 Προσαρμοστική παιχνιδοποίηση	27
2.2 Τύποι χρηστών-παικτών	28
2.3 Μηχανική Μάθηση	30
2.3.1 Ενισχυτική Μάθηση	31
2.4 Μηχανική Μάθηση και Παιχνιδοποίηση	31
3 Περιγραφή θέματος και σχετικές έρευνες	33
3.1 Παιχνιδοποιημένη εξαγωγή τύπου χρήστη	33
3.2 Προσαρμοστική παιχνιδοποίηση με ενισχυτική μάθηση	34
II Πρακτικό Μέρος	37
4 Ανάλυση και σχεδίαση	39
4.1 Σχεδίαση παιχνιδοποιημένου ερωτηματολογίου	39
4.1.1 Aesthetics & Relationship	39
4.1.2 Dynamics & Conversation	41
4.1.3 Mechanics, Conversation & Appearance	44
4.2 Σχεδίαση συστήματος προσαρμοστικής παιχνιδοποίησης με ενισχυτική μάθηση	44
4.2.1 Ενέργειες, καταστάσεις και ανταμοιβές συστήματος	45
4.2.2 Λειτουργίες περιβάλλοντος	47
4.2.3 Σχεδιασμός Δραστών	49

4.2.4 Προσομοίωση απαντήσεων χρήστη	50
5 Υλοποίηση	53
5.1 Hexad Mountain: Υλοποίηση παιχνιδοποιημένης εξαγωγής τύπου χρήστη . .	53
5.1.1 Οθόνη εφαρμογής	53
5.1.2 Λειτουργία και υπολογισμός αποτελέσματος	54
5.1.3 Εικόνες και κινούμενα γραφικά	55
5.2 Υλοποίηση συστήματος προσαρμογής παιχνιδοποίησης με ενισχυτική μάθηση	57
5.2.1 Υλοποίηση Περιβάλλοντος	58
5.2.2 Υλοποίηση Δραστών	59
5.2.3 Επιλογή διαθέσιμων στοιχείων παιχνιδοποίησης και βαρών	60
5.2.4 Παραδείγματα λειτουργίας του συστήματος	61
6 Προκαταρκτικές Δοκιμές	69
6.1 Μετρικές Αξιολόγησης	69
6.2 Πείραμα 1: Απόδοση με χαμηλή επανεκπαίδευση	71
6.3 Πείραμα 2: Αποδοτική παρακολούθηση προφίλ χρήστη	72
6.4 Πείραμα 3: Επίδραση της αβεβαιότητας στην παρακολούθηση του προφίλ χρήστη και την ακρίβεια	74
III Επίλογος	77
7 Επίλογος	79
7.1 Συμπεράσματα	79
7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις	80
Παραρτήματα	83
Α΄ Σενάρια πρώτου τμήματος	85
Β΄ Σετ στοιχείων παιχνιδοποίησης δεύτερου τμήματος	93
Βιβλιογραφία	98
Συντομογραφίες - Αρκτικόλεξα - Ακρωνύμια	99
Απόδοση ξενόγλωσσων όρων	101
Ευρετήριο ελληνικών όρων	103
Ευρετήριο ξενόγλωσσων όρων	105

Κατάλογος Σχημάτων

3.1	Block Diagram των μερών της εργασίας	33
3.2	Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας εξαγωγής προφίλ του πρώτου τμήματος.	34
3.3	Block Diagram του συστήματος προσαρμογής παιχνιδοποίησης με ενισχυτική μάθηση του δεύτερου τμήματος της εργασίας	35

Κατάλογος Εικόνων

5.1	Διαμόρφωση της οθόνης στα διάφορα στάδια της εφαρμογής. Από αριστερά προς τα δεξιά: αφήγηση σεναρίου, ερώτηση με χρονόμετρο, power-ups, μετάβαση μεταξύ ερωτήσεων	53
5.2	Οι καταστάσεις του χρονομέτρου. Από πάνω προς τα κάτω: ανενεργό, ενεργό πριν ξεκινήσει η μέτρηση, ενεργό, ενεργό κάτω από τα 5 δευτερόλεπτα, ενεργό κοντά στο 0, ενεργό με το power-up Επέκτασης Χρόνου	56
5.3	Τα στάδια της περιστροφής κατά την αλλαγή εικόνας	57
5.4	Ενημέρωση της οθόνης μετάβασης	57
5.5	Παράδειγμα 1: Αποτελέσματα των πρώτων 200 ενεργειών ανά τύπο στοιχείου	61
5.6	Παράδειγμα 1: Συνολικό αποτέλεσμα	62
5.7	Παράδειγμα 1: Ακρίβεια δραστών	63
5.8	Παράδειγμα 2: Αποτελέσματα των πρώτων 200 ενεργειών ανά τύπο στοιχείου	63
5.9	Παράδειγμα 2: Συνολικό αποτέλεσμα	64
5.10	Παράδειγμα 2: Ακρίβεια δραστών	64
5.11	Παράδειγμα 2: Απόλυτη διαφορά του προφίλ χρήστη όπως μετράται από το σύστημα Προσαρμοσμένου Προφίλ με το προφίλ που χρησιμοποιείται στην προσομοίωση απαντήσεων.	65
5.12	Παράδειγμα 3: Αποτελέσματα των πρώτων 200 ενεργειών ανά τύπο στοιχείου	66
5.13	Παράδειγμα 3: Συνολικό αποτέλεσμα	66
5.14	Παράδειγμα 3: Ακρίβεια δραστών	67
5.15	Παράδειγμα 3: Απόλυτη διαφορά του προφίλ χρήστη όπως μετράται από το σύστημα Προσαρμοσμένου Προφίλ με το προφίλ που χρησιμοποιείται στην προσομοίωση απαντήσεων.	67
6.1	Χρόνος επανεκπαίδευσης δραστών	70
6.2	Αποτελέσματα πειράματος 1: Ακρίβεια δραστών	71
6.3	Αποτελέσματα πειράματος 1: Απώλεια Ανταμοιβής	72
6.4	Αποτελέσματα πειράματος 2: Μέση τιμή και διασπορά Απόκλισης Προφίλ Hexad	74
6.5	Αποτελέσματα πειράματος 3: Μέση τιμή και διασπορά Απόκλισης Προφίλ Hexad	75
6.6	Αποτελέσματα πειράματος 3: Ακρίβεια ενεργειών	76

Κατάλογος Πινάκων

4.1	Παράδειγμα αποτελέσματος του ερωτηματολογίου	41
4.2	Σενάρια και τύποι χρήστη ερωτήσεων	43
4.3	Πιθανότητες θετικής απάντησης ανά τιμή τύπου	51
5.1	Power-ups και το κόστος τους σε πόντους	57
6.1	Πείραμα 2: Ρυθμίσεις διαστημάτων και τιμών αύξησης και μείωσης προς δοκιμή	73
A'.1	Πλήρης λίστα σεναρίων και επιλογών	85
A'.2	Συνοδευτικές εικόνες σεναρίων	89
A'.3	Πιθανοί δευτερεύοντες τύποι επιλογών σεναρίων	91
B'.1	Σετ m βαρών στοιχείων παιχνιδοποίησης	94
B'.2	Σετ c βαρών στοιχείων παιχνιδοποίησης	94

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Οι διάφορες εφαρμογές κινητών, φορητών και φορετών συσκευών, διαδικτυακές εφαρμογές και εφαρμογές ηλεκτρονικών υπολογιστών αποτελούν πλέον κομμάτι της ανθρώπινης καθημερινότητας. Κάθε μια από αυτές, είτε αφορά την ψυχαγωγία, την υγεία, την κοινωνικοποίηση ή την εκπαίδευση, ζητούν την προσοχή μας ή μας παρακινούν με διάφορες τεχνικές. Μια από αυτές, η οποία έκανε την εμφάνισή της στις εφαρμογές στις αρχές του 21ου αιώνα και από το 2010 έχει προκαλέσει ερευνητικό ενδιαφέρον [1] είναι η παιχνιδοποίηση (gamification) . Πρόκειται συγκεκριμένα για τη χρήση στοιχείων παιχνιδιών ως κίνητρο για τους χρήστες σε εφαρμογές που οι ίδιες δεν αποτελούν παιχνίδια [2]. Η παιχνιδοποίηση σαν τεχνική είναι αρκετά παλιότερη από ό,τι ίσως φαίνεται από την εμφάνισή της στις σύγχρονες εφαρμογές [3]. Ωστόσο, η αυξανόμενη αποδοχή της τεχνολογίας έχει δημιουργήσει ευνοϊκές περιστάσεις για εφαρμογές παιχνιδοποίησης, η οποία γίνεται αντιληπτή σε συστήματα που την περιλαμβάνουν ως χρήσιμη αλλά και ευχάριστη ταυτόχρονα, σε αντίθεση με άλλα συστήματα [4].

Οι πρώτες έρευνες στο πεδίο της παιχνιδοποίησης επιβεβαίωσαν την παρακινητική δύναμη που μπορεί να προσφέρει, παρουσιάζοντας επί το πλείστον θετικά βραχυχρόνια αποτελέσματα [1]. Κατά την ωρίμανση του πεδίου έγινε αντιληπτό ότι δεν υπάρχει μοναδική βέλτιστη προσέγγιση παιχνιδοποίησης για όλους τους χρήστες, μιας και τα χαρακτηριστικά των χρηστών είχαν επίδραση στα αποτελέσματα. Έτσι ξεκίνησε να ερευνάται η προσαρμοστική ή προσωποποιημένη παιχνιδοποίηση, με σκοπό την κατάλληλη αλλαγή του συστήματος παιχνιδοποίησης ώστε να ταιριάζει στα χαρακτηριστικά του χρήστη [5]. Για το σκοπό αυτό διερευνήθηκαν διάφορα χαρακτηριστικά των χρηστών, όπως η ηλικία, το φύλο και οι σχετικές με την εφαρμογή ικανότητες, και δημιουργήθηκαν τυπολογίες που τους κατηγοριοποιούσαν με βάση παρακινητικά, νευρολογικά, μαθησιακά και άλλα κριτήρια. Τα αποτελέσματα της προσαρμογής της παιχνιδοποίησης φαίνονται να είναι θετικά [6], αλλά αποτελεί ακόμα αντικείμενο έρευνας το αν επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με την απλή παιχνιδοποίηση.

Προκειμένου όμως να εφαρμοστεί και να διερευνηθεί περαιτέρω η προσαρμογή της παιχνιδοποίησης, είναι απαραίτητη η εξαγωγή ή συλλογή των απαραίτητων χαρακτηριστικών των χρηστών. Τα δημογραφικά ή παρόμοια χαρακτηριστικά τους ίσως είναι εύκολο να ληφθούν, αλλά κάποιος τύπος του χρήστη συνήθως απαιτεί τη χρονοβόρα απάντηση σε ερωτηματολόγιο για τον υπολογισμό του, κάτι που μπορεί να αποθαρρύνει έναν χρήστη. Δημιουργείται συνεπώς ανάγκη για ισορροπία, ανάμεσα στα πιθανά ωφέλη της προσαρμοστικής παιχνιδο-

ποίησης με την πιθανότητα δυσαρέσκειας του χρήστη κατά την συλλογή των απαραίτητων στοιχείων. Συνεπώς, υπάρχει ανάγκη για δημιουργικές λύσεις, όχι μόνο για την προσαρμογή την ίδια, αλλά και για τα δεδομένα που απαιτεί.

Ένα άλλο πεδίο που ταυτόχρονα με την παιχνιδοποίηση βρίσκεται σε περίοδο μεγάλης ανάπτυξης και σε μεγάλη ανάγκη για συγκεκριμένα δεδομένα είναι αυτό της μηχανικής μάθησης. Η δυνατότητα των συστημάτων με μηχανική μάθηση να βελτιώνονται χρησιμοποιώντας μεγάλο όγκο κατάλληλα επεξεργασμένων δεδομένων έχει οδηγήσει σε πολλές εφαρμογές και νέες μεθόδους ανάλυσης σε πολλά πεδία [7]. Ένα από αυτά είναι και το πεδίο της παιχνιδοποίησης, όπου τεχνικές μηχανικής μάθησης βοηθούν στην καλύτερη προσαρμογή των συστημάτων και τη βελτίωση της λειτουργίας τους. Ωστόσο, ενώ έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες τεχνικές μηχανικής μάθησης, δεν έχει διερευνηθεί αρκετά το πώς η ενισχυτική μάθηση μπορεί να συνεισφέρει στο πεδίο της παιχνιδοποίησης [8].

1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής

Δεδομένων των παραπάνω ζητημάτων, θεωρήσαμε χρήσιμη την πρωτοτυποποίηση δύο συστημάτων. Στο ένα θα υπολογίζεται με χρήση παιχνιδοποίησης ο τύπος χρήστη που είναι απαραίτητος για την προσαρμογή της παιχνιδοποίησης. Στο δεύτερο θα χρησιμοποιείται το αποτέλεσμα του πρώτου για προσαρμογή της παιχνιδοποίησης με χρήση ενισχυτικής μάθησης, προτείνοντας το καταλληλότερο στοιχείο παιχνιδοποίησης που πρέπει να εμφανιστεί στο χρήστη. Τα δύο συστήματα αυτά αποτελούν τα δύο τμήματα της εργασίας, των οποίων ο σχεδιασμός και η υλοποίηση περιγράφεται εν παραλλήλω στις αντίστοιχες ενότητες. Στόχος και για τα δύο συστήματα αποτελεί, όσο είναι δυνατόν, το να είναι γενικής χρήσης ή παραμετροποιήσιμα, έτσι ώστε να μπορούν να προσαρμοστούν σε διάφορες περιπτώσεις χρήσης. Επιπλέον, έχουμε θέσει τους παρακάτω επιμέρους στόχους για τα δύο τμήματα της εργασίας:

- **Σύστημα παιχνιδοποιημένης εξαγωγής τύπου χρήστη:** πέρα από την εξαγωγή του επιλεγμένου τύπου χρήστη, σκοπός του συστήματος είναι η διατήρηση της προσοχής και του ενδιαφέροντος του χρήστη μέσω της παιχνιδοποίησης. Όσο είναι δυνατόν, η εξαγωγή του τύπου χρήστη θα πρέπει να γίνεται συντομότερα από τη συμπλήρωση του αντίστοιχου ερωτηματολογίου.
- **Σύστημα προσαρμογής της παιχνιδοποίησης με ενισχυτική μάθηση:** οι στόχοι του δεύτερου συστήματος είναι, πέρα από την ίδια την προσαρμογή, η παρακολούθηση των αλλαγών του τύπου χρήστη σε βάθος χρόνου, η αλλαγή της προσαρμογής ανάλογα με τις απαντήσεις του χρήστη στα εμφανιζόμενα στοιχεία. Επιπλέον, σκοπεύουμε το σύστημα να εκφράζει κάποια από τα φαινόμενα που έχουν παρατηρηθεί σε έρευνες του πεδίου της παιχνιδοποίησης.

Κοινός στόχος για την χρήση των δύο τμημάτων είναι η ένταξή τους σε εφαρμογές που περιλαμβάνουν στοιχεία παιχνιδοποίησης για την προσαρμογή της και τη βελτίωση της παρακινητικής της δύναμης. Για παράδειγμα, θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν σε μια υποθετική εφαρμογή μαζικών ανοικτών διαδικτυακών μαθημάτων (Massive Open Online

Courses, MOOCs) με στοιχεία παιχνιδοποίησης, προκειμένου να υπολογίζει το προφίλ του χρήστη και να προσαρμόζει τα στοιχεία παιχνιδοποίησης που βλέπει μετά την ολοκλήρωση ενός μαθήματος.

1.2 Οργάνωση του τόμου

Η παρούσα εργασία περιλαμβάνει πέντε κεφάλαια: τα Κεφάλαια 2 και 3 αποτελούν το Θεωρητικό μέρος της και τα Κεφάλαια 4, 5 και 6 το Πρακτικό μέρος. Το Κεφάλαιο 2 περιέχει το θεωρητικό υπόβαθρο της εργασίας, όπου περιγράφονται η παιχνιδοποίηση, οι τύποι παίκτη-χρήστη, η μηχανική μάθηση και η ενισχυτική μάθηση και αναφέρονται περιπτώσεις συνδυαστικής χρήσης τους. Στο Κεφάλαιο 3 δίνεται ο σκοπός των δύο τμημάτων της εργασίας, οι σχετικές με αυτόν έρευνες καθώς και διαγράμματα της δομής και της λειτουργίας των τμημάτων. Το Πρακτικό μέρος ξεκινά με το Κεφάλαιο 4, όπου αναλύεται η διαδικασία σχεδιασμού των τμημάτων και οι αποφάσεις που ελήφθησαν στα διάφορα στάδιά του. Έπειτα στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η υλοποίηση των δύο τμημάτων, ως εφαρμογή κινητής συσκευής και μοντέλο ενισχυτικής μάθησης αντίστοιχα, μαζί με ορισμένα παραδείγματα λειτουργίας του δεύτερου τμήματος. Τέλος, στο Κεφάλαιο 6 περιγράφονται οι προκαταρκτικές δοκιμές που έγιναν για το σύστημα του δεύτερου τμήματος της εργασίας, μαζί με τις μετρικές που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτά, και παρουσιάζονται τα αποτελέσματά τους.

Μέρος I

Θεωρητικό Μέρος

Κεφάλαιο 2

Θεωρητικό υπόβαθρο

2.1 Παιχνιδοποίηση

2.1.1 Ορισμός και εφαρμογές

Ως παιχνιδοποίηση (gamification) έχει οριστεί η χρήση στοιχείων σχεδίασης παιχνιδιών, αλλά όχι παίξιμο παιχνιδιού, σε περιβάλλοντα πέρα από παιχνίδια[2]. Σε αντίθεση με τα κανονικά παιχνίδια, κύριος σκοπός της παιχνιδοποίησης δεν είναι η ψυχαγωγία αλλά η παρακίνηση του χρήστη, η αύξηση της αφοσίωσής του και η αλλαγή της συμπεριφοράς του[4]. Αξίζει επίσης να γίνει η διάκριση ανάμεσα στην παιχνιδοποίηση και την παιχνιδιακή σχεδίαση (gameful design), η οποία περιλαμβάνει και το παίξιμο παιχνιδιού [2].

Ενώ οι πρώτες εφαρμογές που περιείχαν στοιχεία παιχνιδοποίησης είχαν ήδη εμφανιστεί μέχρι το 2010, το ερευνητικό ενδιαφέρον για την παιχνιδοποίηση και τα αποτελέσματα της χρήσης της σε διάφορους τομείς αυξήθηκε από το 2010 και έπειτα[1, 9]. Το ενδιαφέρον αυτό αφορά σε μεγάλο βαθμό τους τομείς της εκπαίδευσης και της υγείας[9], αλλά περιλαμβάνει επίσης τομείς όπως, μεταξύ άλλων, το εργασιακό περιβάλλον[10] και τον πληθοπορισμό (crowdsourcing)[11].

Η παιχνιδοποίηση φαίνεται να έχει θετικά ή κυρίως θετικά συμπεριφορικά και ψυχολογικά αποτελέσματα στα πρώτα χρόνια ερευνών πάνω στο θέμα, οι οποίες ωστόσο είχαν πολλούς περιορισμούς όπως μικρά δείγματα συμμετεχόντων[1]. Στις πιο πρόσφατες ανασκοπήσεις τα αποτελέσματα παραμένουν επί το πλείστον θετικά ή εν μέρει θετικά, σημειώνονται ωστόσο και ουδέτερα ή αρνητικά αποτελέσματα, η διερεύνηση των οποίων αποτελεί έναν από τους μελλοντικούς ερευνητικούς στόχους του πεδίου[9, 12].

2.1.2 Προσαρμοστική παιχνιδοποίηση

Από τα πρώτα χρόνια ερευνών γύρω από την παιχνιδοποίηση, είχε αναγνωριστεί η σημασία ορισμένων εξωτερικών παραγόντων για την αποτελεσματικότητα ενός συστήματος παιχνιδοποίησης, όπως ο τομέας και το περιβάλλον που εφαρμόζεται αλλά και κάποια χαρακτηριστικά του χρήστη[1]. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι η παρακινητική δύναμη της παιχνιδοποίησης τείνει να φθίνει με την πάροδο του χρόνου[13], ενδεχομένως καθώς οι ανάγκες των χρηστών αλλάζουν και τα στοιχεία παιχνιδοποίησης παύουν να τους παρακινούν[12, 5]. Δημιουργήθηκε συνεπώς ενδιαφέρον γύρω από την προσαρμογή της παιχνιδοποίησης με βάση τα διάφορα χαρακτηριστικά των χρηστών με σκοπό τη βελτίωση της παρακίνησης και

την καλύτερη ικανοποίηση των αναγκών τους. Ξεκίνησε έτσι το ερευνητικό πεδίο της προσαρμοστικής παιχνιδοποίησης (adaptive gamification) [5].

Διάφορα χαρακτηριστικά χρηστών έχουν διερευνηθεί σε έρευνες ως προς την αποτελεσματικότητα της χρήσης τους για προσαρμογή της παιχνιδοποίησης. Αυτά που έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενέστερα είναι οι τύποι χρήστη ή παίκτη (user/player types, οι προτιμώμενοι τρόποι εκμάθησης (learning style) καθώς και διάφορα μέτρα συμπεριφοράς και ικανότητας [14]. Μετρήσεις σχετικά με τα επιλεγμένα χαρακτηριστικά συνήθως είτε αποτελούν κάποιες από τις εισόδους του συστήματος είτε μετρούνται κατά τη λειτουργία του ή ζητούνται από το χρήστη.

Με βάση κάποια από τα παραπάνω μετρήσιμα χαρακτηριστικά, ορίζεται κατά το σχεδιασμό του συστήματος προσαρμοστικής παιχνιδοποίησης ποιες αλλαγές θα προκύπτουν για τις διάφορες πιθανές περιπτώσεις. Ενδεικτικά αναφέρουμε μερικές προσεγγίσεις προσαρμογής:

- Εξατομίκευση στοιχείων παιχνιδοποίησης με αλλαγή των χαρακτηριστικών τους ώστε να ταιριάζουν καλύτερα στο χρήστη, π.χ. αλλαγή της δυσκολίας των προκλήσεων που δέχεται [15]
- Επιλογή στοιχείων παιχνιδοποίησης προς εμφάνιση από ένα σύνολο υλοποιημένων στοιχείων, π.χ. εμφάνιση ενός στοιχείου μετά από μια εκπαιδευτική ενότητα [16]
- Παρουσίαση κατάλληλων κινήτρων για αλληλεπίδραση με άλλους χρήστες, π.χ. ανταμοιβές όταν δίνονται συμβουλές σε άλλους χρήστες σε μια συνομιλία [17]

Είναι σημαντικό να σημειωθεί η σημασία της ύπαρξης συσχετίσεων ανάμεσα στην παρακινητική δύναμη στοιχείων παιχνιδοποίησης και τα χαρακτηριστικά προσαρμογής για την επιτυχία του συστήματος. Η διερεύνηση αυτών των σχέσεων είναι ένα πολύ σημαντικό σημείο ερευνητικού ενδιαφέροντος για το πεδίο μιας και έχουν σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό της παιχνιδοποίησης [12].

Τα αποτελέσματα της χρήσης προσαρμοστικής παιχνιδοποίησης δεν είναι ξεκάθαρα και παραμένουν ανάμεικτα, παρά τις θετικές ενδείξεις από διάφορες έρευνες [6]. Ενδεικτικά, σε εφαρμογές προσαρμοστικής παιχνιδοποίησης στο πεδίο της εκπαίδευσης, υπάρχουν έρευνες που καταλήγουν στο η προσαρμογή τείνει να επιδρά θετικά, αλλά υπάρχουν περιπτώσεις που η αντί-προσαρμογή (χρήση της χειρότερης επιλογής βάσει του συστήματος προσαρμογής) επίσης είχε θετικά αποτελέσματα [6, 18]. Επιπλέον, δεν έχει διερευνηθεί αν τα προσαρμοσμένα συστήματα είναι πιο αποτελεσματικά από μη προσαρμοσμένα [12], ενώ συχνά επισημαίνεται η ανάγκη για έρευνες μεγαλύτερης διάρκειας [6].

2.2 Τύποι χρηστών-παικτών

Καθώς οι τομείς των ηλεκτρονικών παιχνιδιών και της παιχνιδοποίησης εξελίσσονταν τις τελευταίες δεκαετίες, δημιουργήθηκαν διάφορες τυπολογίες χρηστών-παικτών με σκοπό να κατηγοριοποιηθούν τα κίνητρα και οι συμπεριφορές τους με βάση υπάρχουσες ψυχολογικές και συμπεριφορικές θεωρίες. Όπως αναφέραμε παραπάνω, χρησιμοποιούνται πια εκτενώς για την προσαρμογή της παιχνιδοποίησης. Παρακάτω αναφέρουμε ορισμένες από τις τυπολογίες που χρησιμοποιούνται στην έρευνα ή έχουν ιστορική σημασία.

Ταξινόμια του Bartle

Επινοημένη από τον Richard Bartle [19], αποτελεί μια από τις πρώτες τυπολογίες χρηστών. Βασίζεται σε έρευνες και παρατηρήσεις παικτών ενός συγκεκριμένου τύπου παιχνιδιών, τα Μπουντρούμια Πολλών Παικτών (Multi-User Dungeons, MUDs). Ο διαχωρισμός τους γίνεται σε δύο άξονες: αν θέλουν να Δρουν ή να Αλληλεπιδρούν (Act/Interact), και αν αυτό το κάνουν με άλλους Παίκτες ή με τον Κόσμο του παιχνιδιού (Players/World). Προκύπτουν έτσι τέσσερις κατηγορίες παικτών: Achievers, που δρουν στον κόσμο, Explorers, που αλληλεπιδρούν με τον κόσμο, Socializers, που αλληλεπιδρούν με άλλους παίκτες, και Killers, που δρουν σε άλλους παίκτες. Λόγω του ότι δημιουργήθηκε συγκεκριμένα για τα MUDs, η χρήση αυτής της τυπολογίας στην παιχνιδοποίηση δεν είναι εκτενής.

BrainHex

Προτάθηκε από τους Lennart E. Nacke, Chris Bateman και Regan L. Mandryk [20], ως προσωρινό μοντέλο ικανοποίησης χρηστών για περαιτέρω μελέτη, προσθέτοντας νευροβιολογικές παρατηρήσεις από έρευνες τους στις υπάρχουσες έρευνες παικτών. Διαχωρίζει τους παίκτες σε 7 αρχέτυπα εμπειρίας χρήστη που συνδέονται με τους νευροβιολογικούς μηχανισμούς που αναφέρουν: Seekers, Survivors, Daredevils, Masterminds, Conquerors, Socializers και Achievers. Παρά την δοκιμαστική φύση του, το μοντέλο BrainHex έχει χρησιμοποιηθεί και για προσαρμοστική παιχνιδοποίηση σε υπάρχουσες έρευνες [6]. Ωστόσο, πρόσφατες αξιολογήσεις έχουν δείξει ότι ενδέχεται να μην είναι κατάλληλη τυπολογία για παιχνιδοποίηση, λόγω απουσίας ουσιαστικής συσχέτισης με στοιχεία παιχνιδοποίησης [21] και χαμηλής αξιοπιστίας των ψυχομετρικών ιδιοτήτων της σε τρεις από τους επτά τύπους [22].

Hexad

Δημιουργήθηκε από τον Andrzej Marczewski ειδικά για το σκοπό της παιχνιδοποίησης με βάση τη συμπεριφορική και παρακινητική Θεωρία Αυτοδιάθεσης (Self-Determination Theory, SDT)[23]. Καθώς η SDT χωρίζει τα ανθρώπινα κίνητρα σε εξωγενή και ενδογενή, οι έξι κατηγορίες χρήστη που περιλαμβάνει η θεωρία μπορούν επίσης να διαχωριστούν αντίστοιχα. Οι Socializers έχουν ως κίνητρο τη συγγένεια (relatedness), οι Free Spirits την αυτονομία (autonomy) και οι Achievers την ικανότητα (competence), που αποτελούν τα τρία βασικά ενδογενή κίνητρα με βάση τη SDT [24]. Οι Philanthropists παρακινούνται από την αίσθηση του σκοπού και του νοήματος (purpose, meaning) που ενώ δεν είναι ενδογενές κίνητρο, είναι σημαντικός παράγοντας της εσωτερίκευσης κινήτρων [25]. Τα εξωτερικά κίνητρα, όπως βραβεία και πόντοι, παρακινούν κυρίως τους Players. Ο τελευταίος τύπος, οι Disruptors, έχουν ως κίνητρο την αλλαγή (change), θετική ή αρνητική, δεν βασίζονται στη SDT αλλά σε παρατηρήσεις αντίστοιχων συμπεριφορών σε διαδικτυακά συστήματα αλληλεπίδρασης. Κάποιοι από τους παραπάνω τύπους επικαλύπτονται εν μέρει μεταξύ τους ως προς όσα τους παρακινούν, αλλά διαφέρουν στο στόχο πίσω από τα ενδιαφέροντά τους.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με αυτήν την τυπολογία, τα άτομα δεν χαρακτηρίζονται από ένα μόνο τύπο. Αναγνωρίζονται (ένας ή περισσότεροι, συνήθως δύο) επικρατούντες

τύποι που παρακινούν περισσότερο το κάθε άτομο, αλλά συνήθως τα άτομα παρακινούνται σε κάποιο βαθμό και από κίνητρα από τους υπόλοιπους τύπους.

Η τυπολογία Hexad επικυρώθηκε αρχικά από τους Tondello κ.α. (μεταξύ τους και ο Marczewski) [26] και αργότερα από αρκετές άλλες έρευνες σε διάφορες γλώσσες, καθιερώνοντας ένα ερωτηματολόγιο 24 ερωτήσεων ως τη βασική μέθοδο εξαγωγής του τύπου. Η τυπολογία Hexad έχει χρησιμοποιηθεί για προσαρμογή της παιχνιδοποίησης και έχουν προταθεί και διερευνηθεί συσχετίσεις των τύπων Ηεζαδ με διάφορα στοιχεία παιχνιδοποίησης [27]. Στις έρευνες επικύρωσης της τυπολογίας, έχουν αναγνωριστεί διάφορα προβλήματα της, που αφορούν κυρίως τον τύπο Disruptor καθώς και τις ομοιότητες μεταξύ των τύπων Achiever-Player και Philanthropist-Socializer [26].

2.3 Μηχανική Μάθηση

Η μηχανική μάθηση (Machine Learning, ML) έχει οριστεί με διάφορους τρόπους: ως η χρήση υπολογιστικών συστημάτων για την κατασκευή μοντέλων και προτύπων από σύνολα δεδομένων [28], ως ο ‘αυτοματοποιημένος εντοπισμός σημαντικών μοτίβων στα δεδομένα’ [29] αλλά και ως η ανάπτυξη αλγορίθμων που βελτιώνουν την επίδοση συστημάτων επίλυσης προβλημάτων μέσω εκπαίδευσης με κατάλληλο πλήθος παραδειγμάτων [30]. Από τα κοινά στοιχεία των παραπάνω ορισμών, μπορούμε να πούμε ότι η μηχανική μάθηση αφορά την ανάπτυξη τεχνικών, με τη μορφή υπολογιστικών αλγορίθμων, που δημιουργούν πραγματοποιήσιμη πληροφορία χρησιμοποιώντας κατάλληλα δεδομένα, και επιπλέον βελτιώνουν τη λειτουργία τους όπως ένας νοήμων δράστης.

Ανάλογα με το πρόβλημα προς επίλυση μπορεί να χρησιμοποιούνται διαφορετικές τεχνικές μηχανικής μάθησης, οι οποίες οργανώνονται στα παρακάτω είδη:

- **Επιβλεπόμενη Μάθηση:** βασίζεται στη δημιουργία μοντέλου χρησιμοποιώντας τα χαρακτηριστικά των δεδομένων με σκοπό την πρόβλεψη μιας μεταβλητής εξόδου ή στόχο, χαρακτηρίζοντάς το έτσι ως μοντέλο πρόβλεψης. Η κατηγορία παίρνει την ονομασία της από τη διαδικασία εκμάθησης του μοντέλου, κατά την οποία παρέχεται σε αυτό ένα υποσύνολο των δεδομένων με γνωστή την επιθυμητή έξοδο.
- **Μη Επιβλεπόμενη Μάθηση:** αντίθετα με την επιβλεπόμενη μάθηση, το σύστημα ανακαλύπτει σχέσεις και ομοιότητες μεταξύ των δεδομένων χωρίς επιπλέον υποδείξεις, δημιουργώντας πληροφορία για αυτά μέσω της σύνοψης και ομαδοποίησής τους. Ως αποτέλεσμα αυτού, τα μοντέλα και πρότυπα που προκύπτουν από αυτήν την κατηγορία τεχνικών χαρακτηρίζονται ως περιγραφικά.
- **Ενισχυτική Μάθηση:** αφορά μοντέλα ενός συστήματος δράστη-περιβάλλοντος, όπου οι ενέργειες του δράστη προκαλούν αλλαγές στην κατάσταση του περιβάλλοντος και επιφέρουν ανταμοιβές που σχετίζονται με κάποιο στόχο, με σκοπό την εύρεση του βέλτιστου τρόπου επιλογής ενεργειών.

Ως πεδίο της Τεχνητής Νοημοσύνης, η Μηχανική Μάθηση εμφανίζει μεγάλη ανάπτυξη από τα τέλη του 20ού αιώνα μέχρι σήμερα [28], με πολλές εφαρμογές σε πεδία όπως την όραση υπολογιστών, την επεξεργασία φυσικής γλώσσας, τη ρομποτική και άλλα [7].

2.3.1 Ενισχυτική Μάθηση

Όπως αναφέραμε παραπάνω, τα μοντέλα της Ενισχυτικής Μάθησης (Reinforcement Learning, RL) εφαρμόζονται σε συστήματα δράστη-περιβάλλοντος. Ο δράστης εκτελεί ενέργειες που έχουν ως αποτέλεσμα μια ανταμοιβή και την αλλαγή της κατάστασης του περιβάλλοντος, αν αυτό είναι δυναμικό. Στην περίπτωση του δυναμικού περιβάλλοντος, ενδέχεται οι ανταμοιβές των ενεργειών να αλλάζουν ανάλογα με την κατάσταση του περιβάλλοντος. Σκοπός του δράστη συνεπώς γίνεται η εκτίμηση των ανταμοιβών και της κατάστασης του περιβάλλοντος και έπειτα η εύρεση του βέλτιστου τρόπου επιλογής ενεργειών.

Οι παραπάνω στόχοι μπορούν να συμπυκνωθούν στις δύο έννοιες που χαρακτηρίζουν την Ενισχυτική Μάθηση, αυτές της εξερεύνησης (exploration) και της εκμετάλλευσης (exploitation). Η εξερεύνηση αφορά την δοκιμή των ενεργειών στο περιβάλλον με σκοπό τη συλλογή πληροφοριών για τις ανταμοιβές και τις καταστάσεις. Η εκμετάλλευση από την άλλη πρόκειται για τη χρήση των συγκεντρωμένων πληροφοριών για την επιλογή της βέλτιστης ενέργειας σε οποιαδήποτε κατάσταση. Έτσι, προκύπτει το δίλημμα της ισορροπίας μεταξύ εξερεύνησης και εκμετάλλευσης, ώστε οι επιλογές του δράστη να είναι καλά πληροφορημένες χωρίς όμως να καθυστερήσει πολύ η επιλογή των βέλτιστων ενεργειών.

Μια από τις συχνότερες περιπτώσεις χρήσης ενισχυτικής μάθησης είναι οι Μαρκοβιανές διαδικασίες αποφάσεων (Markov Decision Processes, (MDP)) [30], οι οποίες βασίζονται στις εξής υποθέσεις:

- ο δράστης αλληλεπιδρά με το περιβάλλον σε διακριτές χρονικές στιγμές,
- το περιβάλλον βρίσκεται σε μια κατάσταση από πεπερασμένο πλήθος δυνατών καταστάσεων,
- διατίθεται συγκεκριμένο πλήθος ενεργειών προς επιλογή από το δράστη,
- ο δράστης λαμβάνει ανταμοιβή για κάθε ενέργεια και το περιβάλλον μεταβαίνει σε νέα κατάσταση, αμφότερα με βάση την τρέχουσα κατάσταση και την επιλεγμένη ενέργεια.

Αν η μετάβαση μεταξύ καταστάσεων δεν είναι ντετερμινιστική, τότε και η διαδικασία αποφάσεων χαρακτηρίζεται ως μη ντετερμινιστική. Επιπλέον, ανάλογα με το αν οι σειρά ενεργειών της διαδικασίας έχει πεπερασμένο στόχο ή συνεχίζεται επ' άπειρον, μπορεί να χαρακτηριστεί ως επεισοδιακή ή συνεχής αντίστοιχα. Η μέθοδος επιλογής ενεργειών ανάλογα με την κατάσταση του περιβάλλοντος ονομάζεται πολιτική (policy) και η βελτιστοποίησή της αποτελεί το βασικό στόχο της ανάλυσης των Μαρκοβιανών διεργασιών αποφάσεων.

2.4 Μηχανική Μάθηση και Παιχνιδοποίηση

Παρά τη διαφορά στην παλαιότητα των πεδίων της μηχανικής μάθησης και της παιχνιδοποίησης, έχει προκύψει σημαντικό ερευνητικό ενδιαφέρον στο συνδυασμό τους, εστιάζοντας τόσο στην χρήση τεχνικών μηχανικής μάθησης προς όφελος της παιχνιδοποίησης αλλά και στη χρήση παιχνιδοποίησης για τις ανάγκες της μηχανικής μάθησης [8].

Από την πλευρά της χρήσης μηχανικής μάθησης για την Παιχνιδοποίηση, στόχος της χρήσης φαίνεται να είναι η βελτίωση της επίδρασης της παιχνιδοποίησης και η καλύτερη

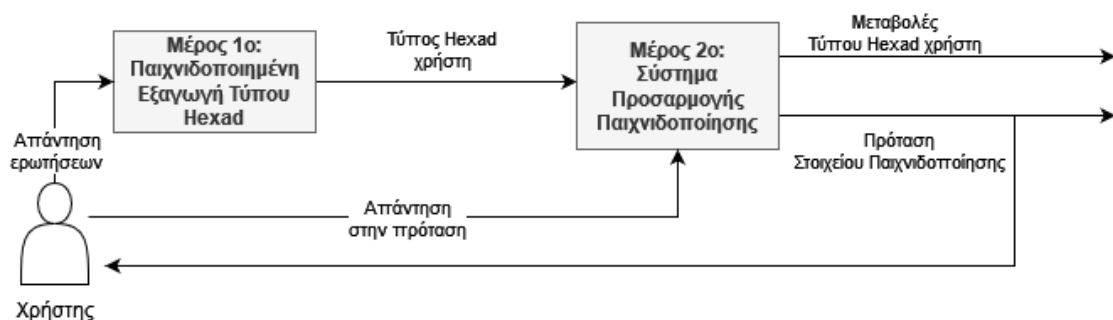
προσαρμογή της στους χρήστες. Για παράδειγμα, οι Κωνσταντακόπουλος κ.α. [31] χρησιμοποίησαν Βαθιά Μάθηση, μια τεχνική ενισχυτικής μάθησης με χρήση νευρωνικών δικτύων, για την προσαρμογή της παιχνιδοποίησης ενός συστήματος οικιακής κατανάλωσης ενέργειας με σκοπό την αλλαγή των ενεργειακών συνηθειών των ενοίκων. Παρομοίως, έχουν χρησιμοποιηθεί τεχνικές επιβλεπόμενης και μη επιβλεπόμενης μάθησης για την πρόβλεψη της επίδοσης του χρήστη και μετέπειτα προσαρμογή της παιχνιδοποίησης [32, 33]. Επιπλέον, έχουν χρησιμοποιηθεί αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης στα πλαίσια εκπαιδευτικών παιχνιδοποιημένων εφαρμογών με σκοπό την πρόβλεψη της επίδοσης των μαθητών [34, 35] και την υποβοήθηση της μαθησιακής διαδικασίας [36].

Προς την αντίθετη κατεύθυνση, η Παιχνιδοποίηση έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως για τη συλλογή και χαρακτηρισμό δεδομένων προς ανάλυση σε εφαρμογές μηχανικής μάθησης. Η ανάγκη χαρακτηρισμού των δεδομένων σε τεχνικές επιβλεπόμενης μάθησης, για παράδειγμα, μπορεί να καλυφθεί παιχνιδοποιώντας της διαδικασία χαρακτηρισμού τους [37]. Η συλλογή των δεδομένων επίσης δύναται να παιχνιδοποιηθεί με τη χρήση αντίστοιχων εφαρμογών [38, 39], αποκτώντας πιθανώς πρόσβαση ακόμα και σε ιδιοτικές πληροφορίες του χρήστη [40]. Η παιχνιδοποίηση έχει επίσης χρησιμοποιηθεί για την εκπαίδευση μαθητών στη δημιουργία μοντέλων μηχανικής μάθησης, όπως έγινε στην έρευνα των Σακυλκυεακυλ-συκ κ.α. [41].

Κεφάλαιο 3

Περιγραφή θέματος και σχετικές έρευνες

Το θέμα της εργασίας μπορεί να χωριστεί σε δύο τμήματα. Το πρώτο τμήμα αφορά την εξαγωγή του τύπου χρήστη με χρήση παιχνοδοποιημένης εφαρμογής και το δεύτερο την προσαρμογή της παιχνοδοποίησης μέσω ενός συστήματος ενισχυτικής μάθησης. Το αποτέλεσμα του πρώτου τμήματος χρησιμοποιείται στο δεύτερο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1. Παρακάτω αναλύουμε περαιτέρω τα δύο τμήματα.



Σχήμα 3.1: Block Diagram των μερών της εργασίας

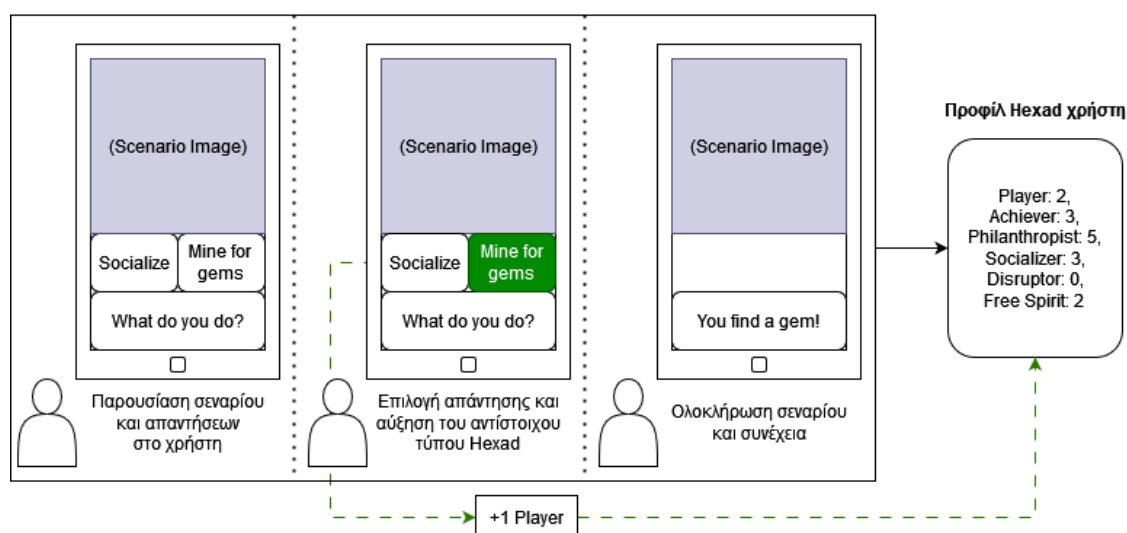
3.1 Παιχνοδοποιημένη εξαγωγή τύπου χρήστη

Όπως αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα, τα δεδομένα σχετικά με τον τύπο χρήστη παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες ως προς το τι τον παρακινεί καλύτερα και συνεπώς αποτελούν λογική βάση για την προσαρμογή της παιχνοδοποίησης κάποιας εφαρμογής. Συνεπώς, είναι αναγκαίο ένα σύστημα προσαρμοστικής παιχνοδοποίησης να υπολογίζει ή να δέχεται ως είσοδο τον τύπο του χρήστη.

Πρόσφατες έρευνες όπως αυτή των Rodriguez κ.α.[16] έχουν προτείνει συστήματα που προσεγγίζουν τον τύπο του χρήστη κατά τη λειτουργία του συστήματος, ξεκινώντας από μια πρώτη μέτρηση του τύπου χρήστη η οποία γίνεται με ερωτηματολόγιο πριν την χρήση της εφαρμογής. Ωστόσο, δεν θεωρούμε θεμιτό να αποθαρρύνουμε το χρήστη αναγκάζοντάς τον να απαντήσει ένα εκτενές ερωτηματολόγιο αμέσως μόλις χρησιμοποιήσει την εφαρμογή, μιας και τα πρώτα λεπτά αλληλεπίδρασής του με αυτή είναι σημαντικά για το αν θα συνεχίσει να χρησιμοποιεί την εφαρμογή ή όχι [3]. Επιπλέον, θεωρούμε ότι μπορούμε να διευκολύνουμε τη διαδικασία απάντησης του ερωτηματολογίου παιχνοδοιώντας το σε κάποιο βαθμό,

όπως δείχνουν αντίστοιχες έρευνες για ερωτηματολόγια τύπου προσωπικότητας [42]. Ενδέχεται αυτό να έχει επιπτώσεις στην ποιότητα των απαντήσεων που θα προκύπτουν από το παιχνιδιοποιημένο ερωτηματολόγιο [43], όμως έρευνες με αντίστοιχες προσεγγίσεις για εξαγωγή τύπου χρήστη δείχνουν ότι τα αποτελέσματα προσεγγίζουν ικανοποιητικά αυτά των συμβατικών ερωτηματολογίων [44].

Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω, θεωρούμε σκόπιμο να σχεδιάσουμε και να υλοποιήσουμε ένα γενικής χρήσης παιχνιδιοποιημένο ερωτηματολόγιο εξαγωγής του τύπου Hexad του χρήστη, το οποίο θα ακολουθεί το onboarding μιας εφαρμογής. Η διαδικασία εξαγωγής του τύπου αποδίδεται σχηματικά στο Σχήμα 3.2. Τα αποτελέσματά του θα χρησιμοποιήσουμε έπειτα στο σύστημα προσαρμοστικής παιχνιδιοποίησης του δεύτερου τμήματος.



Σχήμα 3.2: Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας εξαγωγής προφίλ του πρώτου τμήματος.

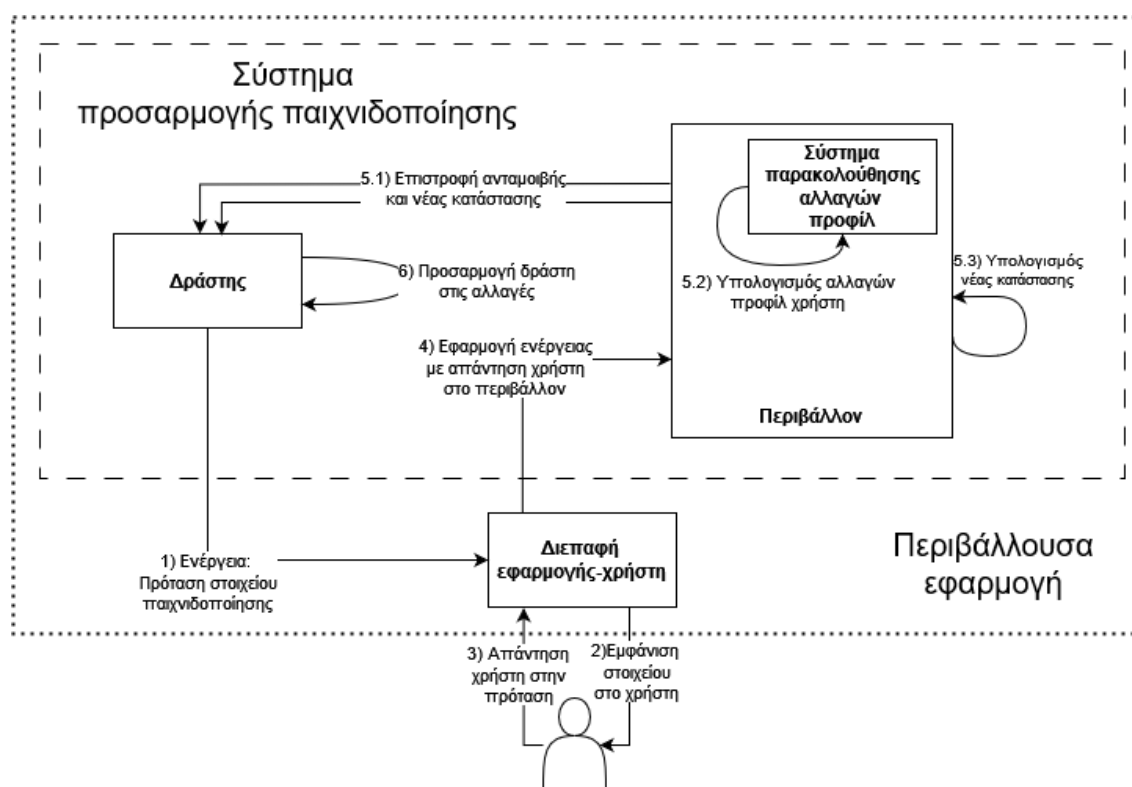
3.2 Προσαρμοστική παιχνιδιοποίηση με ενισχυτική μάθηση

Για το δεύτερο τμήμα της εργασίας, αναζητήσαμε τρόπους να χρησιμοποιήσουμε το αποτέλεσμα του πρώτου τμήματος με μεθόδους μηχανικής μάθησης με σκοπό την προσαρμογή της παιχνιδιοποίησης. Ενώ συναντήσαμε αρκετές έρευνες που βασίζονταν σε μεθόδους ομαδοποίησης και ταξινόμησης για τον ίδιο σκοπό [8], η έλλειψη επαρκών διαθέσιμων σετ δεδομένων τύπου χρήστη Hexad μας αποθάρρυνε από τη χρήση αντίστοιχων μεθόδων. Επιπλέον, η γενικής χρήσης φύση του συστήματος δεν επέτρεπε την χρήση δεδομένων χρήσης από συγκεκριμένα είδη εφαρμογών, αποτρέποντας περαιτέρω τη χρήση των παραπάνω μεθόδων.

Αποφασίσαμε συνεπώς να δοκιμάσουμε μεθόδους ενισχυτικής μάθησης μιας και δεν απαιτούν πλήθος δεδομένων. Θεωρήσαμε ότι ένα σύστημα ενισχυτικής μάθησης θα μπορεί να προσαρμοστεί στα διάφορα περιβάλλοντα και είδη εφαρμογών που περιλαμβάνουν παιχνιδιοποίηση, ταιριάζοντας έτσι στο γενικής χρήσης χαρακτήρα του πρώτου μέρους. Επιπλέον, παρατηρήσαμε ότι σε έρευνες προσαρμοστικής παιχνιδιοποίησης είχαν χρησιμοποιηθεί αριθμητικές μέθοδοι υπολογισμού της παρακινητικής δύναμης στοιχείων παιχνιδιοποίησης

με βάση το προφίλ Hexad του χρήστη [16], οι οποίες ενδεχομένως ταίριαζαν στον υπολογισμό των ανταμοιβών σε ένα σύστημα ενισχυτικής μάθησης.

Υποθέσαμε επίσης ότι η χρήση ενισχυτικής μάθησης θα μας επέτρεπε να κωδικοποιήσουμε στο πλαίσιο "περιβάλλον-δράστης" ορισμένα από τα φαινόμενα που εμπειρικά έχουν παρατηρηθεί σε εφαρμογές παιχνιδοποίησης. Συγκεκριμένα, προέκυπτε η δυνατότητα να συμπεριλάβουμε την αλλαγή του προφίλ Hexad του χρήστη βάσει των προτιμήσεών του και τη μείωση της παρακινητικής δύναμης των στοιχείων παιχνιδοποίησης σε βάθος χρόνου, τα οποία περιγράψαμε στην προηγούμενη ενότητα. Θεωρήσαμε ότι εμπεριέχοντας τα παραπάνω ενισχύουμε την αποτελεσματικότητα του συστήματος κατά τη χρήση του.



Σχήμα 3.3: Block Diagram του συστήματος προσαρμογής παιχνιδοποίησης με ενισχυτική μάθηση του δεύτερου τμήματος της εργασίας

Σκοπός του δεύτερου τμήματος της εργασίας έγινε έτσι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός συστήματος προσαρμογής παιχνιδοποίησης βασισμένο στην ενισχυτική μάθηση, το οποίο χρησιμοποιεί τα αποτελέσματα του πρώτου τμήματος και εκφράζει φαινόμενα που έχουν παρατηρηθεί στην προσαρμοστική παιχνιδοποίηση. Το Block Diagram του συστήματος παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.3. Το σύστημα θα πρέπει να κατευθύνει το χρήστη, μέσω συστάσεων, σε στοιχεία παιχνιδοποίησης της εφαρμογής που το περιέχει, και να προσαρμόζει με βάση τις απαντήσεις του χρήστη τις συστάσεις που κάνει.

Μέρος 

Πρακτικό Μέρος

Κεφάλαιο 4

Ανάλυση και σχεδίαση

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η διαδικασία σχεδιασμού των δύο τμημάτων της εργασίας. Για το τμήμα της παιχνιδοποιημένης εξαγωγής του προφίλ Hexad περιγράφουμε το πλαίσιο σχεδίασης που επιλέξαμε και τις αποφάσεις που λάβαμε. Για το σύστημα προσαρμοστικής παιχνιδοποίησης με ενισχύτική μάθηση περιγράφουμε τις σχεδιαστικές αποφάσεις που λάβαμε για τα διάφορα τμήματα του συστήματος.

4.1 Σχεδίαση παιχνιδοποιημένου ερωτηματολογίου

Για την σχεδίαση του συστήματος παιχνιδοποιημένης εξαγωγής του τύπου χρήστη Hexad ακολουθήσαμε, όπως προτείνεται από τους Tondello κ.α. [44], το πλαίσιο σχεδιασμού παιχνιδοποίησης για ερωτηματολόγια που πρότειναν και επικύρωσαν οι Harms κ.α. [45, 46]. Το πλαίσιο αυτό συνδυάζει το πλαίσιο σχεδιασμού παιχνιδιών και παιχνιδοποίησης MDA (Mechanics, Dynamics, Aesthetics) με την θεωρία των τριών επιπέδων σχεδίασης φορμών (Relationship, Conversation, Appearance) και προτείνει τέσσερα στάδια για τη σχεδίαση της παιχνιδοποίησης. Τρία από τα στάδια περιλαμβάνουν σχεδιαστικές αποφάσεις, ενώ το τέταρτο αφορά την υλοποίηση και αξιολόγησή τους με επαναληπτική πρωτοτυποποίηση. Για να κατανοήσουμε καλύτερα τα δύο πλαίσια, βασιστήκαμε στις αναλύσεις των Hunicke, LeBlanc και Zubek [47] για το πλαίσιο MDA και των Jarrett και Gaffney [48] για τα τρία επίπεδα σχεδίασης φορμών. Παρακάτω αναλύουμε τις αποφάσεις που λάβαμε στα τρία πρώτα στάδια.

4.1.1 Aesthetics & Relationship

Πρώτο βήμα με βάση το πλαίσιο σχεδιασμού είναι ο καθορισμός του επιπέδου Σχέσης (Relationship layer) του χρήστη με την παιχνιδοποιημένη εφαρμογή και έπειτα ο καθορισμός των στόχων της Αισθητικής (Aesthetics) της παιχνιδοποίησης. Ως Αισθητική ορίζεται η συναισθηματική αντίδραση που επιθυμούμε να εγείρεται στο χρήστη κατά τη χρήση της εφαρμογής. Το επίπεδο Σχέσης αντίστοιχα αφορά το ποιος απαντά το παιχνιδοποιημένο ερωτηματολόγιο και ποιες πληροφορίες του ζητούνται.

Στο επίπεδο Σχέσης, καθορίσαμε αρχικά τα παρακάτω:

- **Ποιοι καλούνται να απαντήσουν;** Περιμένουμε όσοι απαντούν να είναι χρήστες που έχουν ολοκληρώσει τη διαδικασία εισαγωγής (onboarding) μιας mobile εφαρμογής. Δεδομένης της γενικής χρήσης φύση της εφαρμογής, δεν μπορούμε να ορίσουμε

συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των χρηστών που θα απαντήσουν. Μπορούμε ωστόσο να υποθέσουμε ότι θα υπάρχουν χρήστες με ισχυρά ενδογενή κίνητρα καθώς και χρήστες με εξωγενή κίνητρα που θα χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή. Λαμβάνουμε και τις δύο κατηγορίες χρηστών υπόψιν κατά το σχεδιασμό, αλλά επιλέγουμε να προσφέρουμε περισσότερα κίνητρα στη δεύτερη κατηγορία.

- **Ποιες πληροφορίες ζητάμε και γιατί;** Θα ζητήσουμε από το χρήστη να απαντήσει με ειλικρίνεια σε μερικές ερωτήσεις ώστε να καταλήξουμε στους τύπους χρήστη Hexad που τον παρακινούν. Η εφαρμογή χρειάζεται αυτούς τους τύπους χρήστη για την καλύτερη προσαρμογή της παιχνιδοποίησης ώστε να τον παρακινεί καλύτερα. Ο χρήστης ωστόσο δεν είναι υποχρεωμένος να απαντήσει. Στην περίπτωση αυτή, η προσαρμογή θα γίνεται χρησιμοποιώντας ένα προκαθορισμένο ομοιόμορφο προφίλ Hexad με τον ίδιο βαθμό σε όλους τους τύπους.

Από τα παραπάνω καταλήγουμε στους εξής στόχους της Αισθητικής της παιχνιδοποίησης που θέλουμε να εφαρμόσουμε:

- **Ειλικρίνεια και προσωπική έκφραση:** Προκειμένου η προσαρμογή της παιχνιδοποίησης να είναι όσο το δυνατόν καλύτερη, χρειάζεται να ενθαρρύνουμε τους χρήστες να είναι ειλικρινείς στις απαντήσεις τους χωρίς να τις υπεραναλύουν.
- **Σύντομη διάρκεια:** δεδομένου ότι το ερωτηματολόγιο ακολουθεί το onboarding της εφαρμογής, θέλουμε να είναι σύντομο προκειμένου να μην κουράσει τους χρήστες.
- **Έμφαση στο στόχο του χρήστη:** Θεωρούμε επιθυμητό να συνδέσουμε τα κίνητρα του χρήστη με το ερωτηματολόγιο για τη βελτίωση των απαντήσεων αλλά και την παρακίνηση του χρήστη.

Με βάση τα παραπάνω, επιλέξαμε ως κύριες βάσεις της Αισθητικής για το ερωτηματολόγιο την Πίεση Χρόνου (Time Pressure) και την Αφήγηση (Narrative), και ως δευτερεύουσα βάση την Έκφραση (Expression). Ως έμπνευση για το πώς υλοποιήσαμε το συνδυασμό των παραπάνω είχαμε διάφορα παιχνίδια Περιπέτειας (Adventure, Choose your Own Adventure κλπ), λόγω της παρόμοιας αισθητικής. Για να δώσουμε έμφαση στην αίσθηση του ταξιδιού προς κάποιο στόχο, αποφασίσαμε η Αφήγηση να έχει ως πλαίσιο την ανάβαση ενός βουνού, με τον τύπο χρήστη Hexad να είναι ο στόχος στην κορυφή του.

Επιπλέον, είναι σημαντικό να γνωστοποιήσουμε στο χρήστη κατά την εισαγωγή του ερωτηματολογίου τα παρακάτω, για να επηρεάσουμε θετικά τις απαντήσεις του:

- **Δεν κρίνεται ο χρήστης:** Πρέπει να είναι ξεκάθαρο ότι το ερωτηματολόγιο αποσκοπεί αποκλειστικά στο να καθορίσει το τύπο Hexad του χρήστη, ο οποίος αφορά κυρίως το πώς παρακινείται ο χρήστης. Έτσι προσπαθούμε να μειώσουμε το πιθανό κοινωνικό κόστος που ίσως αποδώσει ο χρήστης στο ερωτηματολόγιο.
- **Ο σκοπός του ερωτηματολογίου είναι η προσαρμογή της παιχνιδοποίησης:** πρέπει ο σκοπός να είναι ξεκάθαρος στο χρήστη ώστε να εμπνέει εμπιστοσύνη ή να βασίζεται στην εμπιστοσύνη που έχει ήδη ο χρήστης στο δημιουργό της εφαρμογής που το περιλαμβάνει.

- **Η προσαρμογή της παιχνιδοποίησης θα βοηθήσει το χρήστη:** πρέπει να είναι ξεκάθαρο ότι η απάντηση στο ερωτηματολόγιο είναι προς όφελος του χρήστη.
- **Η απάντηση στο ερωτηματολόγιο είναι προαιρετική:** ακόμα και αν αυτό μειώσει τις πιθανές απαντήσεις, είναι χρήσιμο να δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να σταματήσει την απάντησή του οποιαδήποτε στιγμή και να συνεχίσει αργότερα, ή να μην απαντήσει καθόλου. Στις περιπτώσεις αυτές θα του αποδίδεται το προκαθορισμένο προφίλ που αναφέραμε παραπάνω.

4.1.2 Dynamics & Conversation

Συνεχίζοντας, σχεδιάσαμε τη Δυναμική (Dynamics) που εκφράζει την Αισθητική που περιγράψαμε παραπάνω, σε συνδυασμό με το επίπεδο του Διαλόγου (Conversation layer) του χρήστη με το ερωτηματολόγιο. Η Δυναμική αφορά τις επιμέρους λειτουργίες του συστήματος κατά τη χρήση του, η συμπεριφορά των οποίων συμβάλλει στην Αισθητική της παιχνιδοποίησης. Το επίπεδο του Διαλόγου αφορά τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου και πώς αυτές απαντώνται από το χρήστη. Καθορίσαμε συνεπώς τη μορφή των ερωτήσεων, πώς θα απαντάει ο χρήστης, πώς θα μεταβαίνει από ερώτηση σε ερώτηση και πώς τα παραπάνω θα συμβάλλουν στην δημιουργία της Αισθητικής.

Προκειμένου να μειωθεί ο αριθμός των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου, και εν μέρει και η διάρκειά του, αποφασίσαμε αντί για τις 24 ερωτήσεις του καθιερωμένου ερωτηματολογίου Hexad να δημιουργήσουμε δυαδικές ερωτήσεις, μια για κάθε ζευγάρι τύπων χρήστη, ακολουθώντας το παράδειγμα των Altmeyer κ.α. [44] και των Triantoro κ.α. [42]. Έτσι καταλήξαμε σε 15 δυαδικές ερωτήσεις, τις οποίες διαμορφώσαμε ως σενάρια στα οποία ο χρήστης καλείται να διαλέξει ανάμεσα σε δύο επιλογές που αντιστοιχούν σε δύο τύπους χρήστη Hexad. Οι επιλογές δεν περιλαμβάνουν στην περιγραφή τους τον τύπο χρήστη που αφορούν. Ανάλογα με την επιλογή του χρήστη σε μια ερώτηση, αυξάνεται η τιμή του αντιστοιχού τύπου στο αποτέλεσμα του συστήματος, το οποίο περιλαμβάνει για κάθε τύπο Hexad μια ακέραια τιμή στο εύρος $[0, 5]$ που αντικατοπτρίζουν πόσο παρακινείται ο χρήστης από στοιχεία αυτού του τύπου, όπως φαίνεται στο παράδειγμα του πίνακα 4.1.

Τύπος	Τιμή
Achiever	1
Philanthropist	2
Socializer	4
Free Spirit	2
Disruptor	5
Player	1

Πίνακας 4.1: Παράδειγμα αποτελέσματος του ερωτηματολογίου

Προκειμένου να ενισχύσουμε την Αφήγηση της ανάβασης ενός βουνού, τα σενάρια των ερωτήσεων έχουν αντίστοιχα συμφραζόμενα. Στον πίνακα 4.2 περιγράφουμε συνοπτικά το σενάριο της κάθε ερώτησης καθώς και τον τύπο που αφορούν. Στο Παράρτημα Α βρίσκονται οι τελικές μορφές όλων των σεναρίων που χρησιμοποιήθηκαν.

Η ροή των απαντήσεων έχει ως εξής:

1. **Εμφάνιση σεναρίου ερώτησης:** το σενάριο της ερώτησης εμφανίζεται πρόταση-πρόταση στο χρήστη μέσω ενός πλαισίου διαλόγου, μαζί με μια σχετική εικόνα. Ο χρήστης μεταβαίνει από πρόταση σε πρόταση πατώντας στο πλαίσιο διαλόγου.
2. **Εμφάνιση επιλογών:** μόλις εμφανιστεί η τελευταία πρόταση του σεναρίου, που είναι πάντα ερώτηση, εμφανίζονται στο χρήστη οι δύο επιλογές και διαλέγει μια εκ των δύο.
3. **Επίλογος ερώτησης:** εμφανίζονται μερικές προτάσεις, ανάλογα με την επιλογή του χρήστη, ως επίλογος του σεναρίου, δείχνοντας την έκβαση της επιλογής.
4. **Μετάβαση στην επόμενη ερώτηση:** η εικόνα της ερώτησης αντικαθίσταται από μια μεταβατική εικόνα πριν εμφανιστεί η επόμενη ερώτηση. Η μετάβαση μεταξύ των ερωτήσεων περιλαμβάνει μια οπτικοποίηση της προόδου του χρήστη στην απάντηση του ερωτηματολογίου, ώστε να φαίνεται πότε πλησιάζει στην ολοκλήρωσή του.

Προκειμένου οι ερωτήσεις και η παρουσίασή τους να είναι, όσο γίνεται, αμερόληπτες, θα χρειαστεί να εξασφαλίσουμε τα παρακάτω:

- **Τυχαία σειρά εμφάνισης ερωτήσεων:** Η επιλογή της επόμενης ερώτησης προς εμφάνιση γίνεται τυχαία από όσες δεν έχει απαντήσει ο χρήστης.
- **Τυχαία σειρά εμφάνισης απαντήσεων:** Παρομοίως, οι απαντήσεις της κάθε ερώτησης δεν έχουν προκαθορισμένη σειρά εμφάνισης.
- **Ουδέτερη παρουσίαση κατά την αφήγηση:** Η αφήγηση ενδέχεται να επηρεάσει το πώς αντιλαμβάνεται ο χρήστης τις δύο διαθέσιμες απαντήσεις. Πρέπει επομένως να δοθεί προσοχή στην αφήγηση των σεναρίων και την περιγραφή των απαντήσεων, έτσι ώστε να μην δημιουργούνται προκαταλήψεις στις απαντήσεις.

Με σκοπό την υλοποίηση της Πίεσης Χρόνου, επιβάλλαμε χρονικό όριο για την επιλογή απάντησης στις ερωτήσεις. Σε κάθε ερώτηση, υπάρχει χρονικό περιθώριο 10 δευτερολέπτων για να απαντήσει ο χρήστης. Το χρονικό διάστημα αυτό θέλουμε να ξεκινάει μερικά δευτερόλεπτα αφού εμφανιστούν οι επιλογές της ερώτησης, ώστε ο χρήστης να προλάβει να τις διαβάσει και να τις κατανοήσει. Κατά το ενδιάμεσο αυτό διάστημα, δεν θα είναι δυνατή η απάντηση στην ερώτηση, έτσι ώστε να αποφευχθούν βιαστικές απαντήσεις. Αξίζει να σημειωθεί πώς η παραπάνω επιλογή Δυναμικής έρχεται σε σύγκρουση εν μέρει με το επίπεδο του Διαλόγου, μιας και δυσκολεύουμε τους χρήστες να απαντήσουν, παρόλο που έτσι ενθαρρύνουμε τις ειλικρινείς απαντήσεις. Προκειμένου να μην είναι υπερβολική η χρονική πίεση, σχεδιάσαμε να προσφέρονται στους χρήστες τρόποι να επεκτείνουν το χρονικό όριο απάντησης ή να απαντήσουν αργότερα, αν τους τελειώσει ο χρόνος. Οι επιλογές αυτές πήραν τελικά τη μορφή δύο power-up της εφαρμογής, τα οποία περιγράφουμε στη συνέχεια.

Απαντώντας τις ερωτήσεις, ο χρήστης θα ανταμοίβεται με πόντους, τους οποίους θα μπορεί να χρησιμοποιήσει στο παιχνιδιοποιημένο ερωτηματολόγιο για να ενεργοποιήσει συγκεκριμένα power-ups τα οποία περιγράφουμε παρακάτω. Με σκοπό να παρακινήσουμε περαιτέρω τις γρήγορες και ειλικρινείς απαντήσεις, θα προσφέρουμε περισσότερους πόντους στο χρήστη όταν απαντά την ερώτηση ενώ του μένουν 5 ή περισσότερα δευτερόλεπτα να απαντήσει.

Σενάριο	Τύπος 1	Επιλογή 1	Τύπος 2	Επιλογή 2
Βλέπεις ένα πολύτιμο λίθο στο τέλος μιας πολύ δύσκολης ανάβασης	Player	Πάρε τον πολύτιμο λίθο	Achiever	Τιθάσους την δύσκολη ανάβαση
Βρίσκεις ένα ατόφιο εργαλείο ξεχασμένο στο μονοπάτι	Player	Δώστο για κάποια αμοιβή	Philanthropist	Δώρισέ το
Άλλοι ορειβάτες έχουν κατασκήνωσει έξω από ένα μικρό ορυχείο	Player	Σκάψε για πετράδια, πάρε αμοιβή	Socializer	Κοινωνικοποίησού στην κατασκήνωση
Βρήκες ένα διαμάντι και πλησιάζεις σε κατασκήνωση	Player	Πουλήσέ το σε κάποιον	Disruptor	Καυχήσου στους υπόλοιπους
Βρήκες ένα θάμνο με πολλά μούρα	Player	Αντάλλαξέ τα για αμοιβή	Free Spirit	Χρησιμοποίησέ τα για να εξερευνήσεις περισσότερο
Μια ομάδα φτάνει δρόμο μέσα από ένα δύσκολο πέρασμα	Philanthropist	Βοήθησέ τους	Achiever	Κατάκτησε το δύσκολο πέρασμα πριν χαθεί
Ορειβάτες συζητούν για τεχνικές ανάβασης	Philanthropist	Μοιράσου κάποιες που ξέρεις	Disruptor	Καυχάσου για τις ικανότητές σου
Φτάνεις αργά σε μια κατασκήνωση ορειβατών	Philanthropist	Βοήθησε άλλους να επισκευάσουν τα εργαλεία τους	Socializer	Συνασπρέψου με τους άλλους ορειβάτες
Μερικοί ορειβάτες σχεδιάζουν την πορεία τους για παρακάτω	Philanthropist	Βοήθησέ τους	Free Spirit	Χάραξε τη δική σου πορεία
Μερικοί ορειβάτες εξασκούνται κοντά σε μια κατασκήνωση	Socializer	Συνασπρέψου με τους άλλους ορειβάτες	Achiever	Τελιοποίησε το σκαρφάλωμά σου
Άλλοι ορειβάτες ακολουθούν τις οδηγίες μιας πινακίδας για να σκαρφαλώσουν	Socializer	Ανέβα μαζί τους	Disruptor	Είναι πινακίδα, δεν θα σου πει τι να κάνεις
Δημιουργούνται ομάδες από ορειβάτες για την επόμενη αναρρίχηση	Socializer	Μπες σε μια ομάδα	Free Spirit	Εξερεύνησε ανεξάρτητα
Μερικοί ορειβάτες αναγκάζουν τους υπόλοιπους να ολοκληρώσουν μια αναρρίχηση πριν τους αφήσουν να συνεχίσουν	Disruptor	Δεν ορίζουν αυτοί τους κανόνες	Achiever	Δείξε τους ότι μπορείς να ανέβεις
Μερικοί ορειβάτες στη διαδρομή σου διαφωνούν σχετικά με τεχνικές αναρρίχησης	Disruptor	Προκάλεσέ τους	Free Spirit	Άλλαξε διαδρομή, εξερεύνησε αλλού
Η διαδρομή σου καταλήγει σε μια δύσκολη αναρρίχηση	Free Spirit	Εξερεύνησε τριγύρω για άλλο δρόμο	Achiever	Ξεπέρασε το δύσκολο εμπόδιο

Πίνακας 4.2: Σενάρια και τύποι χρήστη ερωτήσεων

Τα power-ups έχουν σκοπό είτε να διευκολύνουν το χρήστη ή να αποτελέσουν παρακινητικά στοιχεία που στοχεύουν σε συγκεκριμένους τύπους Hexad. Η χρήση τους δεν προκαλεί κάποια αλλαγή στα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου. Ωστόσο, επιλέξαμε να τα συμπεριλάβουμε ως επιπλέον στοιχείο παιχνιδιοποίησης, σύμφωνα με την Αισθητική Έκφρασης που θέλουμε να επιτύχουμε. Επιπλέον, μπορούν να αποτελέσουν και αντικείμενο μελλοντικής μελέτης, μιας και το πώς τα χρησιμοποιεί ο χρήστης μπορεί να περιέχει πληροφορίες για το παρακινητικό του προφίλ.

Τα power-ups που θα είναι διαθέσιμα στο χρήστη είναι τα παρακάτω:

- **Επέκταση χρόνου:** χαμηλού κόστους, αυξάνει το χρονικό όριο, δίνοντας στο χρήστη περισσότερο χρόνο να απαντήσει.
- **Επανάληψη:** μέτριου κόστους, ενεργοποιείται όταν ο χρήστης δεν προλάβει να απαντήσει σε κάποια ερώτηση. Επιστρέφει την ερώτηση στις μη απαντημένες, προκειμένου ο χρήστης να την απαντήσει αργότερα, και εμφανίζει μια νέα ερώτηση.
- **Επίδειξη:** πολύ υψηλού κόστους, δίνει κάποια ανταμοιβή στην κύρια εφαρμογή του χρήστη αν το ενεργοποιήσει. Αφορά χρήστες τύπου Player, Achiever.
- **Αντιμετάθεση απαντήσεων:** πολύ χαμηλού κόστους, αλλάζει τη θέση των δύο απαντήσεων της ερώτησης όπως εμφανίζονται στην οθόνη. Αφορά χρήστες τύπου Disruptor.
- **Αποστολή Βοήθειας:** μέτριου κόστους, εμφανίζει ένα μήνυμα στο χρήστη, ενημερώνοντάς τον ότι στάλθηκε ένα power-up Επανάληψη σε κάποιον άλλο χρήστη. Δεν απαιτεί επικοινωνία μεταξύ συσκευών: όλοι οι χρήστες δέχονται μια Βοήθεια τυχαία όταν δεν έχουν ενεργή Επανάληψη κατά την απάντηση του ερωτηματολογίου.

4.1.3 Mechanics, Conversation & Appearance

Τέλος, έπρεπε να καθορίσουμε τους Μηχανισμούς (Mechanics) του παιχνιδιοποιημένου ερωτηματολογίου, καθώς και τη σχέση τους με τα επίπεδα του Διαλόγου και του Παρουσιαστικού (Appearance layer). Οι Μηχανισμοί αποτελούν την υλοποίηση της Δυναμικής που σχεδιάσαμε παραπάνω σε επίπεδο συγκεκριμένων ενεργειών και λειτουργιών που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο χρήστης. Το επίπεδο του Διαλόγου αφορά, όπως και παραπάνω, τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου, ενώ το επίπεδο του Παρουσιαστικού σχετίζεται με την εμφάνιση του ερωτηματολογίου και πώς αυτή επηρεάζει την ευχρηστία του. Μιας και αυτό το στάδιο αφορά περισσότερο την υλοποίηση του παιχνιδιοποιημένου ερωτηματολογίου σε σχέση με τα προηγούμενα, το μεγαλύτερο τμήμα του, που αφορά τους Μηχανισμούς, καλύπτεται στο επόμενο κεφάλαιο αυτής της εργασίας.

Δεδομένης της ύπαρξης του χρονικού ορίου απάντησης στις ερωτήσεις, είναι σημαντικό να είναι κάπου εμφανής ο υπολειπόμενος χρόνος της τρέχουσας ερώτησης. Για αυτόν τον σκοπό, η υλοποίηση θα πρέπει να περιλαμβάνει σε ξεκάθαρο σημείο ένα χρονόμετρο για το χρόνο αυτό, που να συνοδεύεται από κάποια οπτική ένδειξη ή και ακουστική ειδοποίηση. Η παραπάνω ένδειξη θα πρέπει να είναι ορατά ανενεργή όταν δεν γίνεται απάντηση κάποιας ερώτησης και να φαίνεται ξεκάθαρα τότε ενεργοποιείται.

Η παρουσίαση του σεναρίου καθώς και η τοποθέτηση των απαντήσεων είναι επίσης σημαντική. Δεδομένου ότι ο χρήστης προχωράει τις προτάσεις του σεναρίου μιας ερώτησης πατώντας πάνω στο πλαίσιο διαλόγου που περιλαμβάνει το κείμενο, θα πρέπει οι απαντήσεις να βρίσκονται κοντά σε αυτό αλλά να μην είναι ορατές μέχρι να ζητηθεί η απάντηση του χρήστη. Για να αποτρέψουμε την παράλειψη κάποιου τμήματος του σεναρίου από λάθος, θα πρέπει τα πατήματα στο πλαίσιο διαλόγου να μην επιτρέπουν την μετάβαση στο επόμενο τμήμα αμέσως μετά την εμφάνιση του κειμένου, αλλά να παρεμβάλλεται ένα διάστημα ασφαλείας.

Ως προς τη γενικότερη εμφάνιση του ερωτηματολογίου, στόχος είναι να είναι όσο απλούστερη γίνεται, έτσι ώστε να μην αποσπά την προσοχή του χρήστη από τις ερωτήσεις και να χρησιμοποιεί, όσο είναι δυνατόν, αντίστοιχους χρωματικούς συνδυασμούς με την βασική εφαρμογή.

4.2 Σχεδίαση συστήματος προσαρμοστικής παιχνιδιοποίησης με ενισχυτική μάθηση

Προκειμένου να σχεδιάσουμε το σύστημα προσαρμοστικής παιχνιδιοποίησης, έπρεπε αρχικά να περιγράψουμε τη διαδικασία πρότασης στοιχείων παιχνιδιοποίησης στο χρήστη ως Μαρκοβιανή διαδικασία αποφάσεων, ώστε έπειτα να δημιουργήσουμε το αντίστοιχο περιβάλλον και δράστες ενισχυτικής μάθησης. Παρακάτω περιγράφουμε τις σχεδιαστικές επιλογές που αφορούν τις καταστάσεις, ανταμοιβές και ενέργειες του συστήματος, τις λεπτομέρειες σχεδίασης του περιβάλλοντος και των δραστών, καθώς και πώς προσομοιώσαμε τις απαντήσεις του χρήστη.

4.2.1 Ενέργειες, καταστάσεις και ανταμοιβές συστήματος

Θεωρήσαμε, αρχικά, ως σύνολο διαθέσιμων ενεργειών (προτάσεων) του δράστη τα στοιχεία παιχνιδιοποίησης που περιλαμβάνει μια εφαρμογή, μαζί με την επιλογή του "Τίποτα" (Nothing), δηλαδή να μην γίνει κάποια πρόταση. Κρίναμε θεμιτή την ύπαρξη αυτής της ενέργειας, προκειμένου να δρα ως κάτω όριο για τις υπόλοιπες ενέργειες: αν δεν υπάρχει κάποια καλύτερη επιλογή σε μια δεδομένη κατάσταση, τότε θεωρήσαμε καλύτερο να μην γίνεται πρόταση και να προχωρά το σύστημα στην επόμενη κατάσταση. Οι χρονικές στιγμές λήψης των αποφάσεων μπορούν να θεωρηθούν διακριτές, κρίνοντας από υπάρχουσες έρευνες σε διάφορα πεδία: σε εκπαιδευτικές εφαρμογές γίνεται εμφάνιση στοιχείων παιχνιδιοποίησης κατά τη διάρκεια μαθημάτων [16, 49] ενώ σε εφαρμογές υγείας είναι δυνατή η εμφάνιση στοιχείων μετά την καταχώρηση μετρήσεων ή ολοκλήρωση δραστηριοτήτων [50].

Ως καταστάσεις του συστήματος επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε τις δύο τελευταίες προτάσεις στοιχείων παιχνιδιοποίησης που έγιναν στο χρήστη, δηλαδή τις δύο τελευταίες ενέργειες του δράστη, π.χ. {Leaderboards, Badges} αν η πιο πρόσφατη πρόταση ήταν το Leaderboards και η αμέσως προηγούμενη το Badges. Συνεπώς η μετάβαση μεταξύ καταστάσεων είναι ντετερμινιστική και εξαρτάται αποκλειστικά από την επιλεγόμενη ενέργεια. Η επιλογή αυτού του διακριτού συνόλου επιτρέπει τη βραχυχρόνια αποφυγή επανάληψης της ίδιας πρότασης προς το χρήστη. Ο αριθμός των καταστάσεων αυξάνεται εκθετικά με τον αριθμό των διαθέσιμων στοιχείων παιχνιδιοποίησης, δεδομένου όμως ότι, τουλάχιστον σε εκπαιδευτικές παιχνιδιοποιημένες εφαρμογές, ο αριθμός στοιχείων παιχνιδιοποίησης συνήθως κυμαίνεται από 2 έως 6 [51], το μέγεθος του χώρου καταστάσεων δεν είναι απαγορευτικό.

Για τον υπολογισμό των ανταμοιβών των ενεργειών (με εξαίρεση το "Τίποτα"), επιλέξαμε η Βασική Ανταμοιβή (Base Reward) BR_{GE} τους να προκύπτει από το εσωτερικό γινόμενο των παρακάτω διανυσμάτων:

$$BR_{GE} = W_{GE} \cdot AHP \quad (4.1)$$

Όπου:

- BR_{GE} : η Βασική Ανταμοιβή που υπολογίζει το περιβάλλον για το στοιχείο παιχνιδιοποίησης GE . Περνάει από επιπλέον υπολογισμούς πριν επιστραφεί στο δράστη.
- W_{GE} : Το διάνυσμα βαρών ως προς τύπους Hexad του στοιχείου παιχνιδιοποίησης GE . Περιλαμβάνει τιμές που εκφράζουν την παρακινητική δύναμη του στοιχείου και τους τύπους Hexad που παρακινεί περισσότερο. Για παράδειγμα, το στοιχείο Badges έχει διάνυσμα βαρών [100, 25, 0, 0, 0, 0], που αντιστοιχεί σε βάρος 100 για τον τύπο Player, 25 για τον τύπο Achiever και 0 για τους υπόλοιπους τύπους. Η διαδικασία καθορισμού των βαρών περιγράφεται στο επόμενο κεφάλαιο της εργασίας. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν και τα βάρη τους βρίσκονται στο Παράρτημα Β.
- AHP : Το προσαρμοσμένο προφίλ Hexad του χρήστη. Προκύπτει από το διάνυσμα του προφίλ Hexad του χρήστη από το πρώτο τμήμα της εργασίας και ένα διάνυσμα προτίμησης που υπολογίζεται κατά τη λειτουργία του συστήματος στο οποίο αποτυπώνονται οι μεταβολές του προφίλ Hexad του χρήστη με την πάροδο του χρόνου. Το διάνυσμα προτίμησης περιγράφεται λεπτομερώς στη λειτουργία του περιβάλλοντος παρακάτω.

Θέλαμε επίσης να συμπεριλάβουμε στις τελικές ανταμοιβές των ενεργειών κάποιες επιπλέον τροποποιήσεις. Πρώτον, να εκφράσουμε το δεύτερο φαινόμενο που αναφέραμε στις προηγούμενες ενότητες, δηλαδή τη μακροχρόνια μείωση της παρακινητικής δύναμης των στοιχείων παιχνιδιοποίησης. Δεύτερον, να επιβάλλουμε μια ποινή επανάληψης, που εξαρτάται από την κατάσταση του περιβάλλοντος, προκειμένου να αποφύγουμε την βραχυχρόνια επανάληψη προτάσεων. Τρίτον, θέλαμε να επιτρέψουμε στο σχεδιαστή της εφαρμογής που περιλαμβάνει το παρόν σύστημα να προσαρμόσει τις ανταμοιβές συγκεκριμένων στοιχείων ή στοιχείων κάποιου τύπου Hexad, έτσι ώστε να αυξομειώσει κατάλληλα την χρήση τους. Συνεπώς, ορίσαμε ότι η τελική ανταμοιβή $R_{GE,S}$ που επιστρέφεται στο δράστη κατά την επιλογή του στοιχείου GE στην κατάσταση S προκύπτει από τη σχέση :

$$R_{GE,S} = (BR_{GE} + M_{GE}) * M_{H(GE)} * F_{GE} - RP_{GE,S} \quad (4.2)$$

Όπου :

- BR_{GE} : η Βασική Ανταμοιβή, όπως περιγράφεται παραπάνω,
- $M_{GE}, M_{H(GE)}$: οι προσαρμογές που ορίζει ο σχεδιαστής για το στοιχείο GE με βασικό τύπο Hexad $H(GE)$. Ο προσθετός M_{GE} προστίθεται στη Βασική Ανταμοιβή και αφορά αποκλειστικά το στοιχείο GE . Ο παράγοντας $M_{H(GE)}$ επιδρά στο άθροισμα και αφορά όλα τα στοιχεία με ίδιο βασικό τύπο. Σε περίπτωση που δεν έχουν οριστεί, τα θεωρούμε ουδέτερα: $M_{GE} = 0, M_{H(GE)} = 1$.
- F_{GE} : η Κόπωση (Fatigue) του στοιχείου παιχνιδιοποίησης, ένας παράγοντας στο εύρος $(0, 1]$ που εκφράζει τη μακροχρόνια μείωση της παρακινητικής δύναμης του στοιχείου GE . Λεπτομέρειες για το σύστημα Κοπώσεως και τη μέθοδο υπολογισμού του παράγοντα βρίσκονται στην επόμενη υποενότητα,
- $RP_{GE,S}$: η Ποινή Επανάληψης (Repetition Penalty) του στοιχείου GE στην κατάσταση S . Αν το στοιχείο δεν περιλαμβάνεται στην S , η ποινή είναι 0, διαφορετικά αυξάνεται βάσει της θέσης του στοιχείου στην S και το αν εμφανίζεται πάνω από μια φορά. Συγκεκριμένα, για κατάσταση $S = \{S_1, S_2\}$, όπου S_1 η πιο πρόσφατη πρόταση :

$$RP_{GE,S} = \begin{cases} 0, & \text{αν } GE \notin S \\ P_1, & \text{αν } GE = S_1 \\ P_2, & \text{αν } GE = S_2 \\ P_1 + P_2, & \text{αν } GE = S_1 = S_2 \end{cases} \quad (4.3)$$

Οι ποινές P_1, P_2 είναι παραμετροποιήσιμες, έτσι ώστε να ορίζονται ανάλογα με την εφαρμογή. Προτείνεται ωστόσο η P_1 να είναι ίση με τη μέγιστη Βασική Ανταμοιβή του συστήματος και η P_2 να είναι μικρότερη της P_1 .

Στην περίπτωση του "Τίποτα", η ανταμοιβή υπολογίζεται διαφορετικά, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η λειτουργία του ως κάτω φράγμα για τις υπόλοιπες επιλογές :

$$R_{Nothing,S} = BR_{Nothing} - RP_{Nothing,S} \quad (4.4)$$

Όπου :

- $BR_{Nothing}$: η Βασική Ανταμοιβή του "Τίποτα". Παραμένει σταθερή κατά τη λειτουργία του συστήματος, δεν επηρεάζεται από το σύστημα Κοπώσεως ή από το προφίλ Hexad του χρήστη.
- $RP_{Nothing,S}$: Ποινή Επανάληψης, όπως περιγράφεται παραπάνω, προκειμένου να αποφευχθούν συνεχόμενες χρήσεις της ενέργειας.

Έχοντας καθορίσει τις ενέργειες, καταστάσεις και τρόπο υπολογισμού των ανταμοιβών, προχωρήσαμε στο σχεδιασμό του περιβάλλοντος του συστήματος, το οποίο υλοποιεί τις λειτουργίες που απαιτούνται για τους παραπάνω υπολογισμούς.

4.2.2 Λειτουργίες περιβάλλοντος

Σύμφωνα με τον παραπάνω σχεδιασμό, το περιβάλλον θα πρέπει να παρακολουθεί τις αλλαγές του προφίλ Hexad του χρήστη και να προσομοιώνει τη μείωση της παρακινητικής δύναμης των στοιχείων παιχνιδοποίησης. Αυτά επιτυγχάνονται με τα συστήματα Προσαρμοσμένου Προφίλ Hexad και το σύστημα Κοπώσεως αντίστοιχα, τα οποία περιγράφουμε στη συνέχεια.

Προσαρμοσμένο Προφίλ Hexad

Προκειμένου το περιβάλλον να παρακολουθεί τις αλλαγές του προφίλ Hexad του χρήστη, περιλαμβάνει ένα διάνυσμα Προτίμησης (Hexad Preference). Όταν ο χρήστης απαντά σε μια πρόταση του συστήματος, που αφορά ένα στοιχείο παιχνιδοποίησης GE τύπου Hexad $H(GE)$, τότε αλλάζει η αντίστοιχη τιμή για τον τύπο $H(GE)$ στο διάνυσμα Προτίμησης. Θετικές απαντήσεις αυξάνουν την τιμή, δείχνοντας ότι ο χρήστης επιθυμεί να συνεχίσει να αλληλεπιδρά με στοιχεία παιχνιδοποίησης αντίστοιχα του GE και συνεπώς ενισχύει την κλίση του προς τον τύπο $H(GE)$. Αρνητικές απαντήσεις αντίθετως μειώνουν την αντίστοιχη τιμή στο διάνυσμα. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα ουδέτερης απάντησης από το χρήστη, η οποία δεν μεταβάλλει το διάνυσμα Προτίμησης. Αυτή η επιλογή, πέρα από το ότι προσφέρει επιπλέον έλεγχο στο χρήστη, βοηθάει στην εκπαίδευση των δραστών του συστήματος, όπως αναφέρουμε στην αντίστοιχη υποενότητα.

Σημειώνεται ότι, προκειμένου να μην αυξηθεί ένας επικρατών τύπος πολύ πέρα από τους υπόλοιπους, δεν γίνεται αύξηση του τύπου με τη μέγιστη τιμή στο διάνυσμα AHP .

Το διάνυσμα Προσαρμοσμένου Προφίλ Hexad (Adjusted Hexad Profile) AHP προκύπτει πολλαπλασιάζοντας στοιχείο προς στοιχείο το διάνυσμα Προτίμησης με το διάνυσμα προφίλ Hexad χρήστη HP , όπως αυτό υπολογίζεται από το πρώτο τμήμα της εργασίας:

$$AHP_i = HP_i * Pr_i, \quad 1 \leq i \leq 6 \quad (4.5)$$

Οι αλλαγές του προφίλ που μας ενδιαφέρουν περισσότερο να παρατηρήσουμε αφορούν τους επικρατούντες τύπους του χρήστη. Οι τύποι αυτοί περιμένουμε να βρίσκονται στους τρεις πρώτους στα αποτελέσματα του προηγούμενου τμήματος, επομένως περιμένουμε να έχουν τιμή 3,4 ή 5 στο διάνυσμα HP . Συνεπώς, θα πρέπει το εύρος των τιμών του διανύσματος

Προτίμησης να είναι τέτοιο ώστε να επιτρέπει την μείωση ενός τύπου κάτω από το 3 αλλά και την αύξηση κάποιου πάνω από το 5, ώστε να γίνονται εμφανείς αυτές οι αλλαγές. Καταλήξαμε έτσι στο εύρος $[0.74, 1.67]$ ως ελάχιστο πεδίο τιμών για το διάνυσμα Προτίμησης, το οποίο επεκτείναμε στο $[0.5, 1.75]$ κατά την εφαρμογή ώστε να είναι πιο ευδιάκριτες οι μεταβολές.

Ο ρυθμός αύξησης και μείωσης των τιμών του διανύσματος Προτίμησης είναι επίσης σημαντικός, και κρίναμε ότι δεν πρέπει να είναι ομοιόμορφος σε όλο το εύρος των τιμών. Για παράδειγμα, το να αυξάνονται οι τιμές πιο γρήγορα από ότι μειώνονται στο διάστημα $[0.5, 1]$ και το αντίστροφο στο $[1, 1.75]$ είναι χρήσιμο ώστε να κυμαίνονται πάντα γύρω από τις αρχικές τιμές του προφίλ του χρήστη. Αντιθέτως, το να μειώνονται πιο γρήγορα από ότι αυξάνονται στο $[0.5, 1]$ και να αυξομειώνονται με τον ίδιο ρυθμό στο διάστημα $[1, 1.75]$ βοηθάει στο να μειωθούν γρήγορα οι μη επικρατούντες τύποι και να παραμένουν υψηλά οι επικρατούντες.

Εφόσον καταλήξαμε σε διάφορα επιχειρήματα για πάνω από ένα προφίλ μεταβολών των τιμών, καταλήξαμε ότι είναι χρήσιμο τα διαστήματα και οι ρυθμοί μεταβολής εντός τους να είναι πλήρως παραμετροποιήσιμα στην υλοποίηση του συστήματος, ώστε να καθοριστούν οι κατάλληλες τιμές πειραματικά. Ωστόσο, επιλέξαμε ως προεπιλεγμένη ρύθμιση των μεταβολών την γρήγορη αύξηση στο $[0.5, 1]$, ομοιόμορφη αυξομείωση στο $[1, 1.4]$ και γρηγορότερη μείωση στο $[1.4, 1.75]$.

Επιπλέον, μέσω του διανύσματος Προτίμησης, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη και στο σχεδιαστή της εφαρμογής να απενεργοποιήσει προτάσεις στοιχείων ενός συγκεκριμένου τύπου, θέτοντας την αντίστοιχη τιμή στο 0.

Κόπωση Στοιχείων Παιχνιδοποίησης

Προκειμένου να προσομοιωθεί η σταδιακή μείωση της παρακινητικής δύναμης των στοιχείων παιχνιδοποίησης, το περιβάλλον συνδέει κάθε στοιχείο με ένα παράγοντα Κοπώσεως. Ο παράγοντας επηρεάζει την ανταμοιβή του στοιχείου όπως φαίνεται στην σχέση 4.2, και αρχική τιμή του είναι η μονάδα. Κάθε φορά που προτείνεται το στοιχείο GE και η απάντηση του χρήστη δεν είναι ουδέτερη, ο αντίστοιχος παράγοντας Κοπώσεως F_{GE} μειώνεται κατά F_- , μειώνοντας αντίστοιχα την ανταμοιβή του στοιχείου. Μόλις ο παράγοντας φτάσει μια ελάχιστη τιμή F_{min} , δεν μειώνεται περαιτέρω. Επιπλέον, κάθε φορά που ένα στοιχείο δεν προτείνεται, ο παράγοντας Κοπώσεώς του αυξάνεται κατά F_+ , χωρίς όμως να ξεπερνάει τη μονάδα. Για να προκύπτει όντως σταδιακή μείωση του παράγοντα, θα πρέπει $F_- > 2F_+$, δεδομένης της αποφυγής βραχυχρόνιας επανάληψης. Όπως και στο σύστημα Προσαρμοσμένου Προφίλ, η τιμή του F_{min} και ο λόγος $\frac{F_+}{F_-}$ είναι παραμετροποιήσιμα ώστε να δοκιμαστούν και να προκύψουν πειραματικά.

Ωστόσο, χρειάστηκε να θέσουμε τιμές σε αυτά ώστε να υλοποιήσουμε και να δοκιμάσουμε το σύστημα. Η ελάχιστη τιμή F_{min} τέθηκε αυθαίρετα στο 0.1. Για να ορίσουμε τα F_- και F_+ , κάναμε ορισμένες παραδοχές. Αρχικά, ότι τρεις προτάσεις του συστήματος αντιστοιχούν σε μια μέρα χρήσης της εφαρμογής. Έπειτα, πως η παρακινητική δύναμη ενός στοιχείου ελαχιστοποιείται μέσα σε ένα μήνα χρήσης, δεδομένου ότι σε αυτό το σημείο οι μακροχρόνιες έρευνες παρουσιάζουν ανάμεικτα αποτελέσματα[6]. Συνεπώς θα πρέπει να φτάνει το ελάχιστο έπειτα από 30 περίπου προτάσεις του στοιχείου. Τέλος, θεωρήσαμε ότι η παρακινητική

δύναμη αναπληρώνεται με τον υποτριπλάσιο ρυθμό από ότι εξαντλείται. Έτσι καταλήξαμε στις προκαθορισμένες τιμές:

$$F_+ = \frac{1 - F_{min}}{90} \quad \text{και} \quad F_- = \frac{1 - F_{min}}{30} + 2F_+ \quad (4.6)$$

4.2.3 Σχεδιασμός Δραστών

Επιλέξαμε οι δράστες που υλοποιήσαμε να χρησιμοποιούν τον αλγόριθμο Q-Learning, μιας και η ευκολία υλοποίησής του θα επιτάχυνε την υλοποίηση και δοκιμή των δραστών. Παρακάτω περιγράφουμε τις λειτουργίες που είναι καινές μεταξύ των διαφορετικών δραστών που σχεδιάσαμε, και έπειτα αναλύουμε τις διαφορές μεταξύ τους.

Αρχικά οι δράστες εκπαιδεύονται στο περιβάλλον εκτελώντας ενέργειες με ουδέτερες απαντήσεις, έτσι ώστε να μην προκαλέσουν αλλαγές στο Προσαρμοσμένο Προφίλ ή στις Κοπώσεις των στοιχείων. Η μόνη αλλαγή που προκαλείται στο περιβάλλον αφορά την κατάστασή του, την οποία επαναφέρουμε στην αρχική (η οποία είναι πάντα η κατάσταση {”Τίποτα”, ”Τίποτα”}) μετά την ολοκλήρωση της εκπαίδευσης, οπότε ο δράστης είναι έτοιμος να προτείνει στοιχεία. Κατά την εκπαίδευση, η τιμές του Q-Table των δραστών ανανεώνονται σύμφωνα με μια εξίσωση Bellman:

$$Q'(S, GE) = (1 - \beta) * Q(S, GE) + \beta * (R_{GE,S} + \gamma * \max_{GE'}(Q(GE', S')))) \quad (4.7)$$

Όπου:

- $Q'(S, GE)$: η νέα τιμή του Q-Table για την ενέργεια GE στην κατάσταση S
- β : ο ρυθμός εκπαίδευσης (learning rate) του δράστη
- $R_{GE,S}$: η ανταμοιβή της ενέργειας GE στην κατάσταση S
- γ : παράγοντας έκπτωσης (discount factor) του δράστη
- $\max_{GE'}(Q(GE', S'))$: η μέγιστη ανταμοιβή στην επόμενη κατάσταση S'

Δεδομένου ότι μετά από κάθε πρόταση στο χρήστη που δεν δέχεται ουδέτερη απάντηση αλλάζουν σημαντικά οι ανταμοιβές κάποιων στοιχείων, κρίναμε ωφέλιμο το να γίνεται μια σύντομη επανεκπαίδευση (retraining) μετά από κάθε ενέργεια του δράστη έτσι ώστε να βελτιώνονται οι επόμενες του προτάσεις. Όπως και η βασική εκπαίδευση, έτσι και η επανεκπαίδευση γίνεται χρησιμοποιώντας ουδέτερες απαντήσεις και επαναφέρει το περιβάλλον στην προϋπάρχουσα κατάστασή του μόλις ολοκληρωθεί.

Παρακάτω αναλύονται τα τέσσερα είδη δράστη που επιλέξαμε να δοκιμάσουμε.

Βασικός Δράστης (Basic)

Ο απλούστερος δυνατός δράστης ενισχυτικής μάθησης. Εκπαιδεύεται επιλέγοντας τυχαία ενέργειες από όλες τις δυνατές και δρα επιλέγοντας την ενέργεια με τη μεγαλύτερη τιμή Q για τη δεδομένη κατάσταση.

Δράστης Έψιλον (Epsilon)

Ο καθιερωμένος ε-άπληστος δράστης. Επιλέγει την βέλτιστη ενέργεια με βάση τις τιμές Q με πιθανότητα $1 - \varepsilon$, αλλιώς επιλέγει μια τυχαία ενέργεια με πιθανότητα ε . Προκειμένου να αποφευχθούν οι βραχυπρόθεσμες επαναλήψεις κατά την τυχαία επιλογή, μπορούμε προαιρετικά να επιβάλλουμε να μην επιλέξει ενέργεια που περιλαμβάνεται στην τρέχουσα κατάσταση. Η πιθανότητα ε ξεκινάει από 1 και μειώνεται μέχρι μια τελική τιμή ε_{min} κατά την εκπαίδευση με σκοπό την βελτίωση της εξερεύνησης. Η πιθανότητα αυτή αυξάνεται κατά την επανεκπένδυση για να μειωθεί πάλι μέχρι την ε_{min} για τον ίδιο λόγο.

Δράστης Best of X (BoX)

Παραλλαγή του δράστη *Epsilon*. Εκπαιδεύεται εντελώς τυχαία, παρόμοια με τον *Basic*. Επιλέγει τη βέλτιστη ενέργεια με βάση τις τιμές Q με πιθανότητα $1 - \varepsilon$, διαφορετικά επιλέγει τυχαία μια από τις X καλύτερες επιλογές στην τρέχουσα κατάσταση. Σε αντίθεση με τον *Epsilon*, η πιθανότητα ε δεν αυξομειώνεται.

Δράστης με Επίγνωση Κοπώσεως (Fatigue-Aware)

Βελτίωση του δράστη *Epsilon* ώστε να συμπεριλαμβάνει την Κόπωση κατά τον υπολογισμό των τιμών Q . Διαβάζει τις τιμές Κοπώσεως των στοιχείων που προτείνονται από το περιβάλλον έτσι ώστε να υπολογίσει τα F_- , F_+ . Στη συνέχεια προσομοιώνει τις μεταβολές της Κοπώσεως των στοιχείων, και τις περιλαμβάνει στον υπολογισμό των νέων τιμών Q κατά τον υπολογισμό της μέγιστης ανταμοιβής της επόμενης κατάστασης. Συγκεκριμένα, στον τύπο 4.7, ο όρος $Q(GE', S')$ αντικαθίσταται από τη σχέση:

$$\hat{R}(GE', S') = Q(GE', S') * \hat{F}GE \quad (4.8)$$

Όπου $\hat{F}(GE)$ η προσέγγιση της Κοπώσεως του στοιχείου GE που έχει υπολογίσει ο δράστης.

4.2.4 Προσομοίωση απαντήσεων χρήστη

Προκειμένου να δοκιμάσουμε το σύστημα προσαρμογής της παιχνιδοποίησης χωρίς πραγματικούς χρήστες, σχεδιάσαμε ένα σύστημα προσομοίωσης απαντήσεων χρήστη ως προς το προφίλ Hexad. Δεδομένου ότι οι χρήστες τείνουν να αλληλεπιδρούν συχνότερα με στοιχεία παιχνιδοποίησης που αντιστοιχούν στους επικρατούντες τύπους τους [44], εκφράσαμε την πιθανότητα να απαντήσει θετικά ένας χρήστης σε μια πρόταση ενός στοιχείου συγκεκριμένου τύπου Hexad συναρτήσει της τιμής του αντίστοιχου τύπου στο προφίλ Hexad του χρήστη (όπως αυτό προκύπτει από το πρώτο τμήμα της εργασίας). Συγκεκριμένα, για ένα χρήστη με προφίλ HP και για στοιχείο GE με τύπο $H(GE)$ η πιθανότητα προκύπτει ως το πηλίκο $\frac{HP_{H(GE)}}{D}$, όπου $D \geq 5$ ανάλογα με την επιθυμητή μέγιστη πιθανότητα θετικής απάντησης. Ως προκαθορισμένη ρύθμιση για την προσομοίωση απαντήσεων, επιλέξαμε $D = 5.55$ έτσι ώστε οι πιθανότητες να διαμορφώνονται σύμφωνα με τον πίνακα 4.3.

Επιπλέον, θεωρήσαμε λογικό να υπάρχει το ενδεχόμενο ο χρήστης να απαντήσει τυχαία στην πρόταση, το οποίο εκφράσαμε ως ένα ποσοστό αβεβαιότητας u . Με πιθανότητα u η

Τιμή τύπου	Πιθανότητα θετικής απάντησης
0.5	9.01%
1	18.02%
2	36.04%
3	54.05%
4	72.07%
5	90.09%

Πίνακας 4.3: Πιθανότητες θετικής απάντησης ανά τιμή τύπου

απάντηση που επιστρέφεται είναι τυχαία θετική, αρνητική ή ουδέτερη, διαφορετικά είναι θετική με την πιθανότητα που αναφέραμε παραπάνω.

Επίσης, δεδομένου ότι ο τύπος του χρήστη μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου [52], σχεδιάσαμε δύο διαφορετικές μεθόδους μεταβολής του προφίλ Hexad του χρήστη:

- **Τυχαία αυξομείωση:** αύξηση ή μείωση της τιμής ενός από τους επικρατούντες τύπους,
- **Εναλλαγή τιμών:** αλλαγή των τιμών μεταξύ δύο επικρατούντων τύπων.

Οι μεταβολές αυτές συμβαίνουν τυχαία. Η πιθανότητα να συμβούν αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου και επανέρχεται σε μια αρχική τιμή όταν συμβεί.

Για να είναι οι απαντήσεις που προκύπτουν όσο γίνεται αναπαράξιμες κατά τη δοκιμή του συστήματος, θέσαμε σαν απαραίτητη προϋπόθεση της υλοποίησης να δέχεται παράμετρο καθορισμού της γεννήτριας τυχαίων αριθμών του συστήματος. Επιπλέον, για λόγους ευκρίνειας των αποτελεσμάτων, γίνεται ξεκάθαρο στην έξοδο του συστήματος το πότε επιλέχθηκε τυχαία απάντηση (λόγω αβεβαιότητας) ή έγινε αλλαγή στο προφίλ του χρήστη.

Κεφάλαιο 5

Υλοποίηση

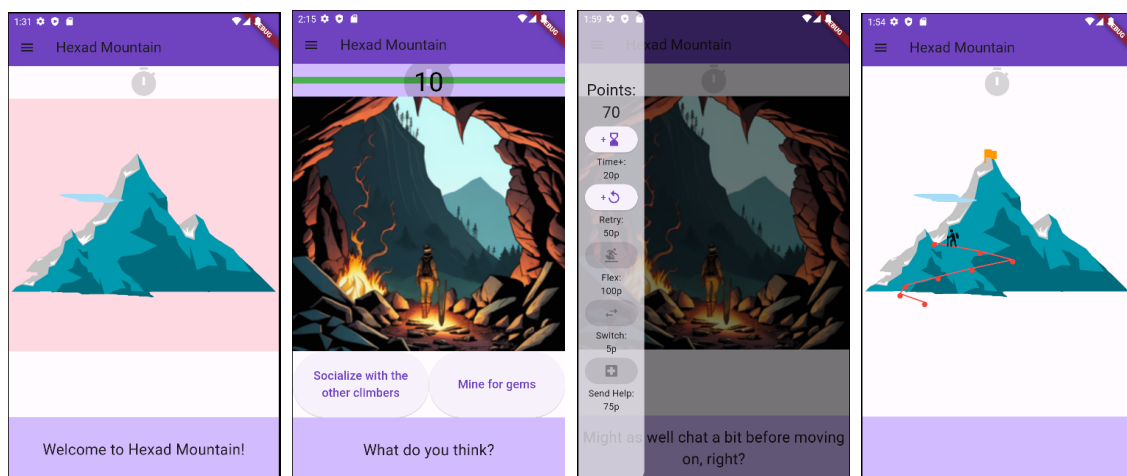
Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η υλοποίηση των δύο τμημάτων της εργασίας, με βάση τη μελέτη που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Παρουσιάζονται τα πλαίσια και τα προγραμματιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και η τελική δομή και οι λειτουργίες των συστημάτων που σχεδιάστηκαν.

5.1 Hexad Mountain: Υλοποίηση παιχνιδοποιημένης εξαγωγής τύπου χρήση

Το πρώτο τμήμα της εργασίας υλοποιήθηκε ως εφαρμογή Android χρησιμοποιώντας το πλαίσιο Flutter, ένα ανοιχτού κώδικα πλαίσιο ανάπτυξης εφαρμογών βασισμένο στη γλώσσα προγραμματισμού Dart. Παρακάτω αναλύεται η διαμόρφωση της οθόνης της εφαρμογής, η μέθοδος υπολογισμού του αποτελέσματος καθώς και λεπτομέρειες για τις εικόνες και τα κινούμενα γραφικά της εφαρμογής.

5.1.1 Οθόνη εφαρμογής

Η διαμόρφωση της οθόνης σε διάφορα στάδια της εφαρμογής φαίνεται στην Εικόνα 5.1.



Εικόνα 5.1: Διαμόρφωση της οθόνης στα διάφορα στάδια της εφαρμογής. Από αριστερά προς τα δεξιά: αφήγηση σεναρίου, ερώτηση με χρονόμετρο, power-ups, μετάβαση μεταξύ ερωτήσεων

Στο κάτω μέρος της οθόνης βρίσκεται το πλαίσιο διαλόγου, όπου εμφανίζεται το κείμενο του εκάστοτε σεναρίου. Πάνω από το πλαίσιο διαλόγου υπάρχει δεσμευμένος χώρος για τις επιλογές των ερωτήσεων, οι οποίες εμφανίζονται η μία δίπλα στην άλλη. Πάνω από τις ερωτήσεις βρίσκεται ο χώρος της εικόνας του σεναρίου, που καταλαμβάνει και το μεγαλύτερο τμήμα της οθόνης. Στον ίδιο χώρο εμφανίζεται ανάμεσα στις ερωτήσεις η οθόνη μετάβασης. Ακριβώς πάνω από την εικόνα υπάρχει ειδικός χώρος για το χρονόμετρο της ερώτησης. Τέλος, στην κορυφή της οθόνης βρίσκεται το κουμπί ανάπτυξης του πλευρικού μενού των `power-ups`, δίπλα από το όνομα της εφαρμογής.

5.1.2 Λειτουργία και υπολογισμός αποτελέσματος

Δημιουργήσαμε αρχικά τις κλάσεις `Scenario` και `Option` προκειμένου να κωδικοποιήσουμε τα σενάρια που σχεδιάσαμε. Η λειτουργία της εφαρμογής βασίζεται στη διαδοχική τυχαία επιλογή και εμφάνιση των σεναρίων χρησιμοποιώντας τις παραπάνω κλάσεις. Συγκεκριμένα, τα μέλη των κλάσεων έχουν ως εξής:

- `Scenario`:
 - `introDialog`: λίστα από συμβολοσειρές που αποτελούν τις προτάσεις της εισαγωγικής αφήγησης του σεναρίου. Συνήθως περιλαμβάνει 5-8 προτάσεις των περίπου 10 λέξεων.
 - `options`: λίστα δύο `Option` που αποτελούν τις διαθέσιμες επιλογές της ερώτησης.
 - `imageName`: το όνομα του αρχείου που περιλαμβάνει την εικόνα που συνοδεύει το σενάριο.
- `Option`:
 - `optionText`: το κείμενο της επιλογής, όπως εμφανίζεται στο πλήκτρο κατά την ερώτηση.
 - `optionSelectDialog`: λίστα από συμβολοσειρές με το κείμενο που εμφανίζεται μετά την επιλογή του `Option`, περίπου 2-4 προτάσεις των 10 λέξεων το πολύ.
 - `primaryType`: ο τύπος `Hexad` που αντιστοιχεί στην επιλογή.
 - `primaryTypeLoad`: το βάρος (ως αριθμός κινητής υποδιαστολής) κατά το οποίο αυξάνεται ο τύπος `primaryType` κατά την επιλογή του `Option`. Η προκαθορισμένη τιμή του βάρους όλων των επιλογών είναι 1.0, ωστόσο είναι δυνατή η παραμετροποίησή του.
 - `secondaryTypeLoads`: δευτερεύουσα αντιστοίχιση τύπων `Hexad` με βάρη. Παρομοίως με το `primaryType`, προστίθενται στο αποτέλεσμα κατά την επιλογή του `Option`. Στα σενάρια που χρησιμοποιήθηκαν δεν συμπεριλαμβάνονται δευτερεύοντα βάρη, ωστόσο υλοποιήθηκε η δυνατότητα να καθοριστούν για μελλοντικές χρήσεις.

Τα σενάρια περιέχονται στη λίστα `allScenarios`, από όπου επιλέγονται τυχαία και αφαιρούνται κατά τη λειτουργία της εφαρμογής. Επιπλέον, υπάρχουν τα `introScenario` και

outroScenario, τα οποία χρησιμοποιούνται κατά την έναρξη και την ολοκλήρωση του ερωτηματολογίου. Το introScenario συγκεκριμένα αποτελεί την εισαγωγή του ερωτηματολογίου και περιλαμβάνει τις γνωστοποιήσεις προς το χρήστη που περιγράψαμε στην ενότητα 4.1.1 και επεξηγήσεις των power-ups.

Μετά το εισαγωγικό σενάριο, η ροή απάντησης των ερωτήσεων από το χρήστη έχει ως εξής:

- Ένα τυχαίο σενάριο επιλέγεται, αφαιρείται από τη λίστα και το introDialog εμφανίζεται στο πλαίσιο διαλόγου του. Η εικόνα imageName εμφανίζεται στον αντίστοιχο χώρο.
- Μόλις εμφανιστεί η τελευταία συμβολοσειρά, εμφανίζονται οι δύο επιλογές (με το optionText της κάθε μιας) και μετά από 3 δευτερόλεπτα ξεκινά η αντίστροφη μέτρηση των 10 δευτερολέπτων (ή 20 αν ο χρήστης έχει ενεργοποιήσει το αντίστοιχο power-up)
- Μόλις ο χρήστης επιλέξει μια από τις δύο απαντήσεις, το primaryTypeLoad του επιλεγμένου option προστίθεται στον τύπο primaryType του αποτελέσματος και εμφανίζεται το αντίστοιχο optionSelectDialog. Ο χρήστης λαμβάνει 10 πόντους αν απάντησε πριν το χρονόμετρο πέσει κάτω από τα 5 δευτερόλεπτα, αλλιώς λαμβάνει 5 πόντους
- Μόλις ολοκληρωθεί το optionSelectDialog, το πλαίσιο διαλόγου αδειάζει, εμφανίζεται η οθόνη μετάβασης και επιλέγεται το επόμενο σενάριο προς εμφάνιση.
- Αν δεν υπάρχει άλλο σενάριο, εμφανίζεται το outroScenario και έπειτα τα αποτελέσματα της εφαρμογής.

Σημειώνουμε ότι ο χρήστης μπορεί να ενεργοποιήσει ένα power-up οποιαδήποτε στιγμή, πατώντας στο κουμπί που ανοίγει το αντίστοιχο πλευρικό μενού. Εξαιρέση αποτελεί το power-up ‘Αντιμετάθεση απαντήσεων’ που ενεργοποιείται μόνο όταν είναι ορατές οι επιλογές μιας ερώτησης, έτσι ώστε να γίνεται εμφανές το αποτέλεσμα της χρήσης του.

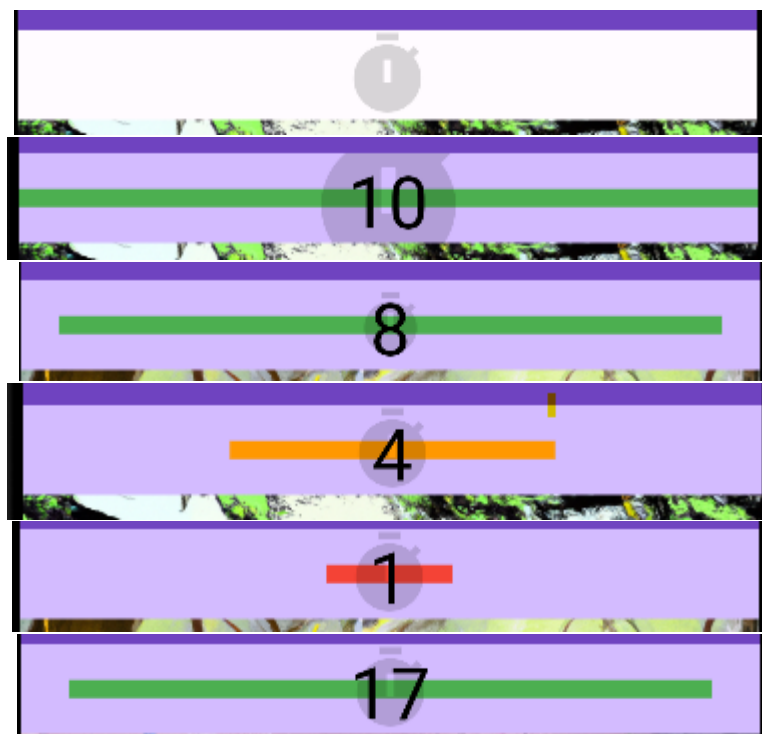
Στο τέλος της λειτουργίας της εφαρμογής, η μεταβλητή hexadResults περιλαμβάνει μια αντιστοίχιση τύπων Hexad και αριθμών κινητής υποδιαστολής, που αποτελούν το αποτέλεσμα του ερωτηματολογίου.

5.1.3 Εικόνες και κινούμενα γραφικά

Η εφαρμογή περιλαμβάνει εικόνες και κινούμενα γραφικά για τους σκοπούς της παιχνιδοποίησης και την επίτευξη της γενικότερης Αισθητικής που ορίσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Αναλύουμε ορισμένα από αυτά παρακάτω.

Προκειμένου η κατάσταση του χρονικού ορίου απάντησης μιας ερώτησης να είναι πάντα ξεκάθαρη, η εμφάνιση του χρονόμετρου στην κορυφή της οθόνης περνάει από διάφορα στάδια που αντικατοπτρίζουν τον υπολειπόμενο χρόνο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.2. Όσο δεν έχει γίνει κάποια ερώτηση στο χρήστη, το χρονόμετρο παραμένει ανενεργό και αποτελείται αποκλειστικά από ένα σύμβολο χρονόμετρου. Μόλις εμφανιστεί μια ερώτηση στο χρήστη, το εικονίδιο μεγεθύνεται και εμφανίζεται ένας αριθμός πάνω του και μια γραμμή εκατέρωθέν του τα οποία δείχνουν πόσος χρόνος απομένει. Μόλις ξεκινήσει η αντίστροφη μέτρηση, η γραμμή ξεκινά να μικραίνει, αλλάζοντας χρώματα από πράσινο σε πορτοκαλί και

σε κόκκινο καθώς ο χρόνος τελειώνει, και ο αριθμός δείχνει τα δευτερόλεπτα που απομένουν. Σε περίπτωση που ο χρήστης ενεργοποιήσει ή είχε ενεργοποιήσει ήδη μια Επέκταση Χρόνου, ο αριθμός και η γραμμή αποκτούν το αντίστοιχο μέγεθος.

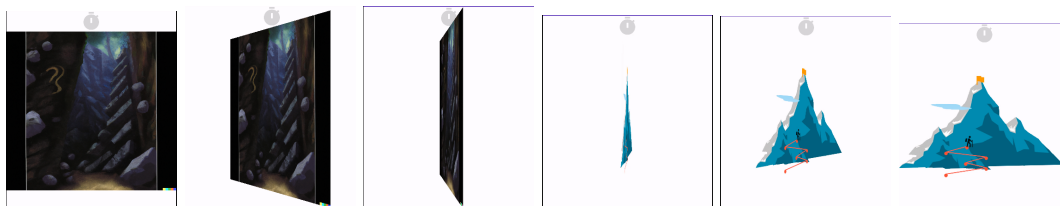


Εικόνα 5.2: Οι καταστάσεις του χρονομέτρου. Από πάνω προς τα κάτω: ανενεργό, ενεργό πριν ξεκινήσει η μέτρηση, ενεργό, ενεργό κάτω από τα 5 δευτερόλεπτα, ενεργό κοντά στο 0, ενεργό με το power-up Επέκτασης Χρόνου

Όπως αναφέραμε παραπάνω, κάθε σενάριο συνοδεύεται από μια εικόνα που εμφανίζεται μαζί του στην οθόνη, προκειμένου να εμβαθύνεται η συγκέντρωση του χρήστη και να ενισχύεται η Αισθητική της Αφήγησης που ορίσαμε για την εφαρμογή. Οι εικόνες δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας τους AI Art Generators DALL·E και Hotpot, και περιέχονται στον πίνακα [Α.2](#) στο Παράρτημα Α.

Κατά την ολοκλήρωση ενός σεναρίου, εμφανίζεται στη θέση της εικόνας του η οθόνη μετάβασης πριν εμφανιστεί η εικόνα του επόμενου σεναρίου. Κατά την αλλαγή μεταξύ εικόνας και οθόνης μετάβασης, η εικόνα περιστρέφεται γύρω από τον κατακόρυφο άξονά της, δίνοντας την αίσθηση κάρτας που γυρίζει πλευρά, αποκαλύπτοντας την οθόνη μετάβασης στην άλλη της πλευρά. Ένα παράδειγμα της αλλαγής αυτής φαίνεται στην Εικόνα [5.3](#). Με τον ίδιο τρόπο γίνεται η αλλαγή από την οθόνη μετάβασης στην εικόνα της επόμενης ερώτησης.

Η οθόνη μετάβασης, που υλοποιεί την οπτικοποίηση της προόδου του χρήστη, επίσης περιλαμβάνει κινούμενα γραφικά, η κίνηση των οποίων συμβαίνει όσο η οθόνη είναι ορατή μεταξύ ερωτήσεων. Η οθόνη αρχικά περιλαμβάνει ένα εικονίδιο ορειβάτη στη βάση ενός βουνού, πάνω σε μια κόκκινη κουκκίδα, και μια σημαία στην κορυφή του βουνού. Κάθε φορά που ο χρήστης απαντά σε μια ερώτηση, προστίθεται μια κουκκίδα ψηλότερα στο βουνό, με σταθερή κατακόρυφη μετατόπιση και τυχαία οριζόντια μετατόπιση προς τα αριστερά ή



Εικόνα 5.3: Τα στάδια της περιστροφής κατά την αλληλαγή εικόνας

δεξιά. Γίνεται κατάλληλη επεξεργασία της οριζόντιας μετατόπισης ώστε η νέα κουκκίδα να βρίσκεται πάντα εντός του βουνού της εικόνας. Έπειτα χαράσσεται μια γραμμή από την προηγούμενη κουκκίδα στην τελευταία και το εικονίδιο ορειβάτη μετακινείται στην τελευταία κουκκίδα. Η διαδικασία αυτή φαίνεται στην Εικόνα 5.4. Όταν ο χρήστης απαντήσει στην τελευταία ερώτηση, το εικονίδιο ορειβάτη φτάνει στη σημαία.



Εικόνα 5.4: Ενημέρωση της οδώνης μετάβασης

Τα power-ups, που βρίσκονται σε πλευρικό μενού που αναπτύσσεται όταν πατιέται το αντίστοιχο κουμπί, περιλαμβάνουν τα αντίστοιχα εικονίδια ώστε να είναι διακριτά μεταξύ τους. Στο πλευρικό μενού αναγράφονται και οι πόντοι που έχει ο χρήστης. Κάθε φορά που ο χρήστης απαντάει μια ερώτηση και μένουν πάνω από 5 δευτερόλεπτα στο χρονόμετρο παίρνει 10 πόντους, διαφορετικά παίρνει 5 ή 0 αν ο χρόνος εξαντληθεί. Το κόστος των power-ups σε πόντους αναγράφεται στον Πίνακα 5.1. Κατά την ενεργοποίηση της Επίδειξης και της Αποστολής Βοήθειας, εμφανίζεται ένα σύντομο μήνυμα με τη μορφή snackbar (μικρό πλαίσιο διαλόγου στο κάτω μέρος της οθόνης) που επιβεβαιώνει την ενεργοποίηση.

Power-Up	Κόστος (πόντοι)
Επέκταση Χρόνου (Time+)	20
Επανάληψη (Retry)	50
Επίδειξη (Flex)	100
Αντιμετάθεση Απαντήσεων (Switch)	5
Αποστολή Βοήθειας (Send Help)	75

Πίνακας 5.1: Power-ups και το κόστος τους σε πόντους

5.2 Υλοποίηση συστήματος προσαρμογής παιχνιδοποίησης με ενισχυτική μάθηση

Επιλέξαμε η υλοποίηση του συστήματος να γίνει ακολουθώντας τις συμβάσεις του βιβλιοθήκης ανοιχτού κώδικα Gymnasium (ενεργό παρακλάδι του πλέον ανενεργού OpenAI Gym), που περιλαμβάνει περιβάλλοντα για εκπαίδευση δραστών ενισχυτικής μάθησης σε γλώσσα

προγραμματισμού Python. Παρακάτω περιγράφουμε την υλοποίηση του περιβάλλοντος και των δραστών και παρουσιάζουμε παραδείγματα της λειτουργίας του συστήματος.

5.2.1 Υλοποίηση Περιβάλλοντος

Η υλοποίηση του περιβάλλοντος έγινε δημιουργώντας τη `GamificationPreferenceEnv`, υποκλάση της κλάσης περιβάλλοντος ενισχυτικής μάθησης `Gymnasium.env`. Η αρχική κλάση του `Gymnasium` ορίζει τις μεθόδους που πρέπει να υλοποιηθούν για τη λειτουργία του περιβάλλοντος, τις οποίες, μαζί με την μέθοδο αρχικοποίησης της υποκλάσης, αναλύουμε στη συνέχεια:

- `__init__`: δημιουργεί ένα στιγμιότυπο της κλάσης `GamificationPreferenceEnv` βάσει παραμέτρων για τα συστήματα που περιλαμβάνει. Συγκεκριμένα, πέρα από το προφίλ `Hexad` του χρήστη και τα διαθέσιμα στοιχεία παιχνιδοποίησης, δέχεται ως παραμέτρους τις προσαρμογές του σχεδιαστή, τις δύο τιμές της Ποινής Επανάληψης, τα ποσά αύξησης και μείωσης του συστήματος Κοπώσεως, τη σταθερή ανταμοιβή της επιλογής "Τίποτα", το εύρος τιμών του διανύσματος Προτίμησης και τα ποσά αύξησης και μείωσης της Προτίμησης στα επιμέρους διαστήματα των τιμών του διανύσματος, και τέλος το `seed` της γεννήτριας τυχαίων αριθμών. Το περιβάλλον αρχικοποιείται χρησιμοποιώντας τα παραπάνω.
- `reset`: επαναφέρει το περιβάλλον και τα συστήματα Κοπώσεως και Προσαρμοσμένου Προφίλ `Hexad` στην αρχική τους κατάσταση. Επιστρέφει ως έξοδο την κατάσταση του περιβάλλοντος και τις αρχικές πληροφορίες. Σημειώνεται ότι σύμφωνα με το `Gymnasium`, η μέθοδος `reset` πρέπει να κληθεί τουλάχιστον μια φορά μετά την αρχικοποίηση του περιβάλλοντος πρώτου κληθούν οι υπόλοιπες μέθοδοι.
- `step`: Δέχεται ως είσοδο την ενέργεια που θα εκτελεστεί στο περιβάλλον και επιστρέφει τη νέα κατάσταση του περιβάλλοντος, την ανταμοιβή της ενέργειας και τις νέες πληροφορίες. Προκειμένου να συμπεριλάβουμε και την απάντηση του χρήστη, υπερφορτώνουμε τη μέθοδο που ορίζει το `Gymnasium`, η οποία δέχεται συγκεκριμένο αριθμό παραμέτρων, προσθέτοντας την απάντηση ως παράμετρο.

Επιπλέον απαιτούνται οι μέθοδοι `render` και `close`, που οπτικοποιούν το περιβάλλον ή το τερματίζουν αντίστοιχα, οι οποίες στο παρόν περιβάλλον δεν ήταν απαραίτητες και συνεπώς δεν υλοποιήθηκαν.

Δημιουργήσαμε επίσης τη μέθοδο `get_best_action` προκειμένου να εξάγουμε πληροφορίες από το περιβάλλον για τις επιλογές των δραστών. Συγκεκριμένα, η μέθοδος υπολογίζει τις ανταμοιβές όλων των διαθέσιμων ενεργειών στην τρέχουσα κατάσταση και επιστρέφει τη μέγιστη ανταμοιβή και την ενέργεια που την επιφέρει. Έχοντας αυτές τις πληροφορίες, μπορούμε να υπολογίσουμε διάφορες μετρικές για τους δράστες, όπως την ακρίβειά τους και την διαφορά τους από τη βέλτιστη ανταμοιβή, ώστε να τους αξιολογήσουμε, όπως κάνουμε στο επόμενο Κεφάλαιο.

Προκειμένου να πετύχουμε την παραμετροποιησιμότητα του ρυθμού μεταβολής του διανύσματος Προτίμησης που επιλέξαμε κατά το σχεδιασμό, διαμορφώσαμε το περιβάλλον έτσι

ώστε να δέχεται στην αρχικοποίησή του τρεις μονοδιάστατους πίνακες ίδιου μεγέθους που καθορίζουν τη συμπεριφορά των τιμών του διανύσματος. Ο πρώτος πίνακας, `pref_ranges` καθορίζει το συνολικό εύρος τιμών, αλλά και τα όρια των επιμέρους εύρων. Για παράδειγμα, ο πίνακας `[0.1, 1.0, 1.3, 1.7]` θέτει ως ελάχιστη τιμή το 0.1, μέγιστη το 1.7 και θέτει επιμέρους διαστήματα `[0.1, 1.0)`, `[1.0, 1.3)` και `[1.3, 1.7]`. Οι δύο τελευταίοι πίνακες, `pref_increase` και `pref_decrease`, περιέχουν το πόσο αυξάνονται ή μειώνονται οι τιμές στο αντίστοιχο εύρος. Συνεχίζοντας το προηγούμενο παράδειγμα, οι πίνακες αύξησης `[0.2, 0.1, 0.05]` και μείωσης `[0.1, 0.2, 0.05]` δείχνουν ότι στο εύρος `[0.1, 1.0)` με θετική απάντηση μια τιμή αυξάνεται κατά 0.2 ενώ με αρνητική απάντηση μειώνεται κατά 0.1, ομοίως στο `[1.0, 1.3)` αυξάνεται κατά 0.1 και μειώνεται κατά 0.2, και αντίστοιχα στο `[1.3, 1.7]` αυξάνεται και μειώνεται κατά 0.05.

5.2.2 Υλοποίηση Δραστών

Οι δράστες επίσης υλοποιήθηκαν στη γλώσσα προγραμματισμού Python, ως υποκλάσεις της αφηρημένης κλάσης `AGAgent`. Αυτή η κλάση περιλαμβάνει τις βασικές μεθόδους που έπρεπε να περιέχουν όλοι οι δράστες, τις οποίες περιγράφουμε παρακάτω:

- `__init__`: δημιουργεί ένα δράστη για ένα δεδομένο περιβάλλον `GamificationPreferenceEnv` σύμφωνα με τις παραμέτρους που λαμβάνει. Αρχικοποιεί το `Q-Table` και το εσωτερικό ιστορικό σφάλματος `error` του δράστη.
- `reset`: Επαναφέρει το `Q-Table` και το ιστορικό σφάλματος, επιστρέφοντας το δράστη στην αρχική του κατάσταση.
- `get_action`: δέχεται ως είσοδο την τρέχουσα κατάσταση του περιβάλλοντος και επιστρέφει την ενέργεια που επιλέγει ο δράστης. Ανάλογα με το δράστη, το αποτέλεσμα ενδέχεται να μην είναι ντετερμινιστικό.
- `get_random_action`: επιστρέφει μια τυχαία ενέργεια από το χώρο ενεργειών του δράστη.
- `update`: δέχεται την τρέχουσα κατάσταση, μια ενέργεια, την ανταμοιβή που επέφερε η ενέργεια στην τρέχουσα κατάσταση και την επόμενη κατάσταση ως εισόδους και ενημερώνει τις αντίστοιχες τιμές στο `Q-Table` του δράστη.
- `train`: δέχεται ως είσοδο ένα περιβάλλον `GamificationPreferenceEnv` και έναν αριθμό επαναλήψεων, και εκπαιδεύει το δράστη στο περιβάλλον αυτό για τόσες επαναλήψεις χρησιμοποιώντας προτάσεις με ουδέτερη απάντηση χρήστη. Επιστρέφει το ιστορικό σφάλματος του δράστη. Προαιρετικά επαναφέρει το περιβάλλον στην κατάσταση που είχε πριν την εκπαίδευση ή επιπλέον μηδενίζει το ιστορικό σφάλματος του δράστη.
- `step_and_update`: χρησιμοποιεί τις παραπάνω μεθόδους για να επιλέξει ενέργεια, δέχεται την απάντηση του χρήστη για την ενέργεια, την εφαρμόζει στο περιβάλλον και ενημερώνει το `Q-Table` του δράστη. Μπορεί προαιρετικά να δεχθεί τον αριθμό επαναλήψεων επανεκπαίδευσης που θα γίνουν μετά την παραπάνω διαδικασία, καθώς και μια παράμετρο που καθορίζει αν η επανεκπαίδευση θα γίνει με τυχαίες ενέργειες (με χρήση του `get_random_action`) ή με τις αναμενόμενες ενέργειες του δράστη (με χρήση της

- `get_action`). Επίσης προαιρετικά δέχεται το ρυθμό εκπαίδευσης που θα χρησιμοποιηθεί κατά την επανεκπαίδευση, σε περίπτωση που κάτι τέτοιο κρίνεται αναγκαίο.

Οι επιμέρους κλάσεις των δραστών υλοποιούν τις παραπάνω μεθόδους, έτσι ώστε να λειτουργούν σύμφωνα με το σχεδιασμό τους. Η βασική διαφορά στις υλοποιήσεις των δραστών, πέρα από τις μεταξύ τους εγγενείς διαφορές, βρίσκεται στο κατά πόσο εκπαιδεύονται επιλέγοντας τυχαίες ενέργειες ή επιλέγοντας βάσει του μοντέλου τους. Συγκεκριμένα, οι δράστες `Basic` και `BoX` δεν μπορούν να εξερευνήσουν αποτελεσματικά χρησιμοποιώντας τη μέθοδο `get_action`, διότι επιλέγουν ενέργειες από τις καλύτερες διαθέσιμες, άρα τους επιβάλλουμε να εκπαιδεύονται τυχαία. Αντιθέτως, οι `Epsilon` και `Fatigue-Aware` μπορούν να εξερευνήσουν μέσω `get_action`, οπότε εκπαιδεύονται επιλέγοντας κανονικά ενέργειες. Προκειμένου ωστόσο να βελτιωθεί η εξερεύνηση των `Epsilon` και `Fatigue-Aware`, η πιθανότητα ε να επιλέξουν τυχαία αυξάνεται πριν την επανεκπαίδευσή τους, μειώνεται κατά τη διάρκειά της και επιστρέφει στο προκαθορισμένο της επίπεδο μόλις ολοκληρωθεί.

5.2.3 Επιλογή διαθέσιμων στοιχείων παιχνιδοποίησης και βαρών

Προκειμένου να δοκιμάσουμε τη λειτουργία του συστήματος, επιλέξαμε δώδεκα στοιχεία παιχνιδοποίησης, δύο για κάθε τύπο `Hexad`, και τα κωδικοποιήσαμε κατάλληλα ώστε να χρησιμοποιηθούν στο σύστημα. Συγκεκριμένα, κάθε ένα από τα επιλεγμένα στοιχεία μετατράπηκε σε ένα στιγμιότυπο της κλάσης `gamification_element`, η οποία περιλαμβάνει τα εξής μέλη:

- `name`: Το όνομα του στοιχείου.
- `hexad_loads`: Τα βάρη του στοιχείου για τους τύπους `Hexad`, όπως χρειάζονται για τον υπολογισμό της Βασικής Ανταμοιβής σύμφωνα με τον τύπο 4.1.
- `primary_type`: Ο βασικός τύπος `Hexad` που αντιστοιχεί στο στοιχείο. Χρησιμοποιείται για την εφαρμογή της προσαρμογής σχεδιαστή σύμφωνα με τη σχέση 4.2.

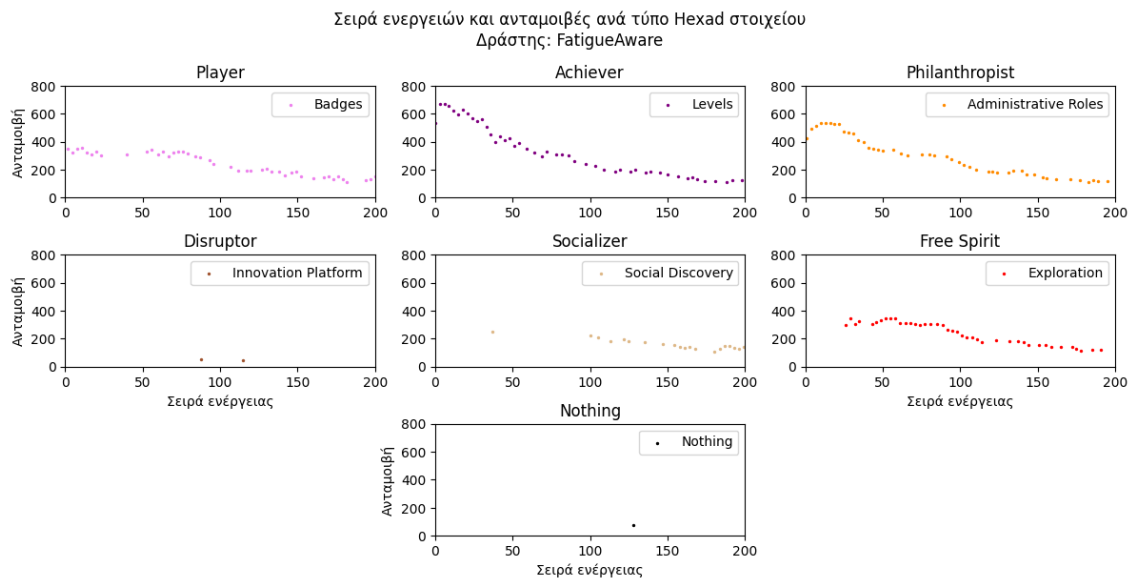
Η επιλογή των στοιχείων έγινε έτσι ώστε να αντιστοιχούν σε κάθε τύπο `Hexad` δύο στοιχεία παιχνιδοποίησης. Σε περίπτωση που υπήρχαν περισσότερες από δύο επιλογές, η επιλογή έγινε με βάση τη συχνότητα χρήσης του στοιχείου σε έρευνες, σύμφωνα με την ανάλυση των Ana Carolina Tomé Klock κ.α. [27].

Για την επιλογή των βαρών ακολουθήσαμε δύο διαφορετικές προσεγγίσεις που οδήγησαν στη δημιουργία δύο σets βαρών για τα επιλεγμένα στοιχεία. Στην πρώτη προσέγγιση, επιλέξαμε το βάρος του βασικού τύπου κάθε στοιχείου να είναι υψηλό, ενώ τα βάρη στους υπόλοιπους τύπους είναι το πολύ υποδιπλάσια του βασικού. Επιπλέον, επιλέξαμε το κάθε στοιχείο να έχει το πολύ τρία μη μηδενικά βάρη, συγκεντρώνοντας έτσι τα βάρη του στοιχείου σε συγκεκριμένους τύπους. Τα βάρη καθορίστηκαν με βάση τους παράγοντες που είχε καθορίσει ο Andrzej Marczewski για τα αντίστοιχα στοιχεία στο σύστημα αντίστροφης ανάλυσης παιχνιδοποίησης [53], μιας και παρουσίαζαν παρόμοια κατανομή με την επιθυμητή. Καταλήξαμε έτσι στο πρώτο εκ των δύο sets βαρών, που ονομάσαμε Σετ Μ. Στην δεύτερη προσέγγιση, επιλέξαμε τα βάρη να είναι περίπου ομοιόμορφα κατανεμημένα στους τύπους

με μη μηδενικά βάρη, το πλήθος των οποίων δεν περιορίσαμε. Ωστόσο, απαιτήσαμε ο βασικός τύπος να έχει το μεγαλύτερο βάρος στο κάθε στοιχείο, όπου αυτό ήταν δυνατό. Επιλέξαμε τα βάρη χρησιμοποιώντας τις συσχετίσεις (correlations) των επιλεγμένων στοιχείων με τους τύπους Hexad, όπως αυτές υπολογίστηκαν από τους Tondello κ.α. [26], δημιουργώντας έτσι το δεύτερο σετ βαρών, που ονομάσαμε Σετ C. Έχουμε συμπεριλάβει και τα δύο σετ στο Παράρτημα B.

5.2.4 Παραδείγματα λειτουργίας του συστήματος

Παρακάτω παραθέτουμε και αναλύουμε τα αποτελέσματα λειτουργίας του συστήματος σε τρία παραδείγματα χρήσης, που παράγονται χρησιμοποιώντας διαφορετικές ρυθμίσεις περιβάλλοντος, δρατών και προσομοίωσης απαντήσεων καθώς και διαφορετικά προφίλ Hexad. Οι ρυθμίσεις αυτές αναφέρονται πριν τα αποτελέσματα σε κάθε περίπτωση. Σε κάθε παράδειγμα εκτελείται μια σειρά 500 ενεργειών από τους δράστες και παρουσιάζεται η σειρά προτάσεων ενός από αυτούς, ξεχωριστά για τα στοιχεία κάθε τύπου Hexad για τις πρώτες 200 προβλέψεις και έπειτα συνολικά για όλες της προβλέψεις. Επιπλέον παρουσιάζεται η ακρίβεια των προβλέψεων όλων των δρατών ως προς τη βέλτιστη επιλογή διαθέσιμη στο περιβάλλον με βάση το προφίλ του χρήστη στο σύστημα Προσαρμοσμένου Προφίλ.

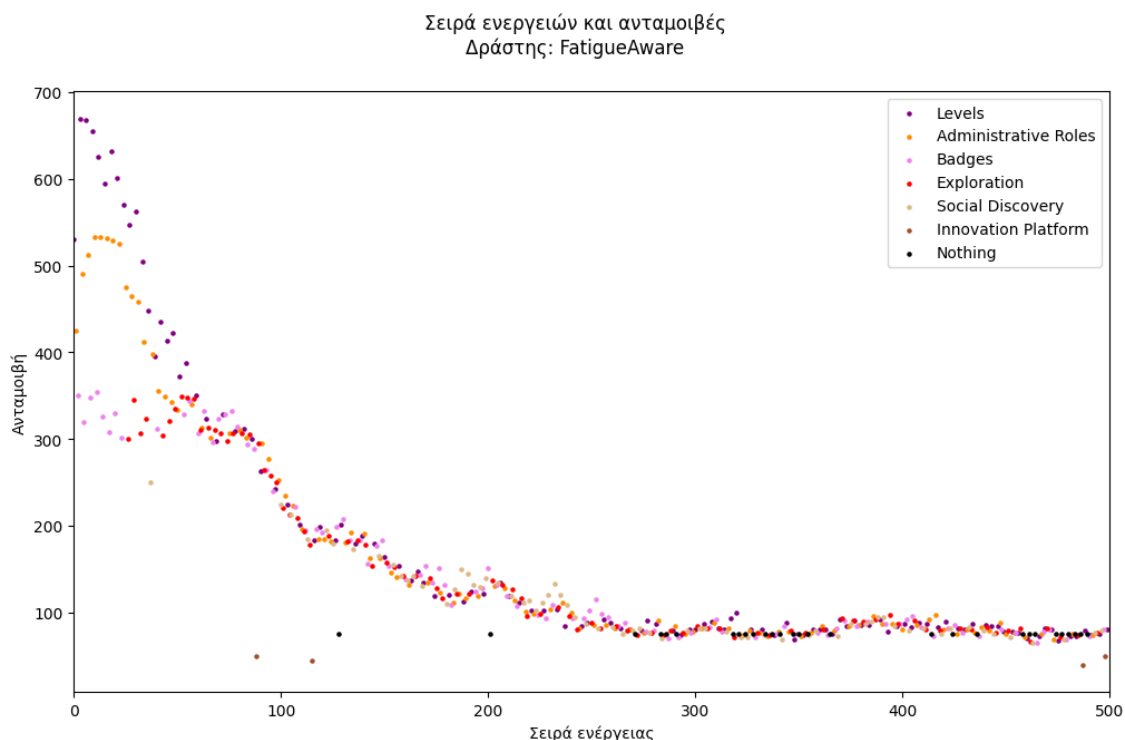


Εικόνα 5.5: Παράδειγμα 1: Αποτελέσματα των πρώτων 200 ενεργειών ανά τύπο στοιχείου

Παράδειγμα 1

Στο πρώτο παράδειγμα, το σύστημα περιλαμβάνει 6 στοιχεία παιχνιδοποίησης από το Σετ M, ένα για κάθε τύπο Hexad. Το περιβάλλον και οι δράστες λειτουργούν με τις προκαθορισμένες ρυθμίσεις για όλα τα συστήματά τους, ενώ οι δράστες εκπαιδεύονται με 10^6 επαναλήψεις και επανεκπαιδεύονται με 4000 επαναλήψεις μετά από κάθε επιλογή. Το προφίλ Hexad χρήστη που χρησιμοποιείται για το περιβάλλον και την προσομοίωση απαντήσεων είναι το (Player:2, Achiever:5, Philanthropist:4, Disruptor:0.5, Socializer:1, Free Spirit:3). Η αβεβαιότητα της προσομοίωσης απαντήσεων έχει τεθεί στο 10%.

Ο δράστης Fatigue-Aware δίνει την σειρά ενεργειών που φαίνεται στις εικόνες 5.6 και 5.5. Η ακρίβεια των δραστών φαίνεται στο σχήμα 5.7.



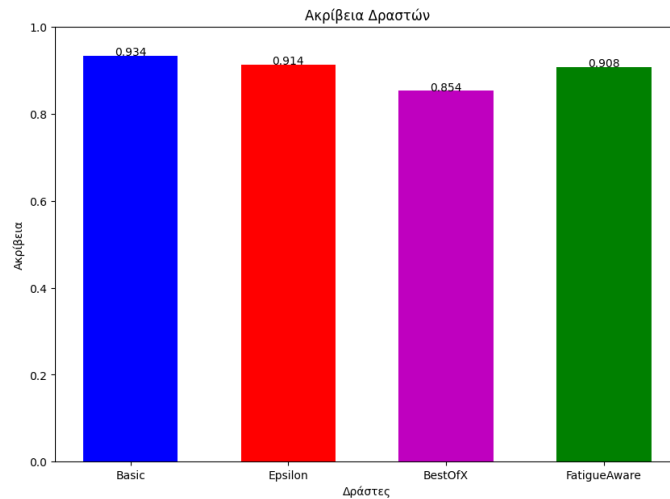
Εικόνα 5.6: Παράδειγμα 1: Συνολικό αποτέλεσμα

Στα αποτελέσματα του παραδείγματος είναι εμφανής η σταδιακή μείωση των ανταμοιβών των στοιχείων από το σύστημα Κοπώσεως καθώς και η απότομη αύξηση ή μείωση των ανταμοιβών των στοιχείων σε διάφορες χρονικές στιγμές από το σύστημα Προσαρμοσμένου Προφίλ Hexad λόγω θετικών ή αρνητικών απαντήσεων. Φαίνεται επίσης η χρήση διαφορετικών στοιχείων παιχνιδοποίησης αφού μειωθούν οι ανταμοιβές των στοιχείων “Levels” και “Administrative Roles” καθώς και η χρήση του “Τίποτα” όταν μειωθούν σημαντικά οι ανταμοιβές όλων των στοιχείων μετά τις 300 ενέργειες. Η εμφάνιση τυχαίων ενεργειών σε διάφορα σημεία, όπως η πρόταση του “Innovation Platform” πριν και μετά την εκατοστή ενέργεια ωφείλεται στην πιθανότητα τυχαίας επιλογής ενέργειας του δράστη Fatigue-Aware.

Παρατηρούμε ότι η ακρίβεια όλων των δραστών είναι υψηλή, πράγμα που ωφείλεται στο μικρό αριθμό στοιχείων παιχνιδοποίησης και το μεγάλο αριθμό επαναλήψεων επανεκπαίδευσης. Η χαμηλότερη επίδοση των Epsilon και Fatigue-Aware σε σχέση με τον Basic ωφείλεται εν μέρει στην πιθανότητα τυχαίας επιλογής ενέργειας, που ανέρχεται στο 10% σε αυτό το παράδειγμα. Το ίδιο ισχύει και για τον BoX, ο οποίος έχει οριστεί με 20% πιθανότητα να διαλέξει από τις 3 βέλτιστες επιλογές.

Παράδειγμα 2

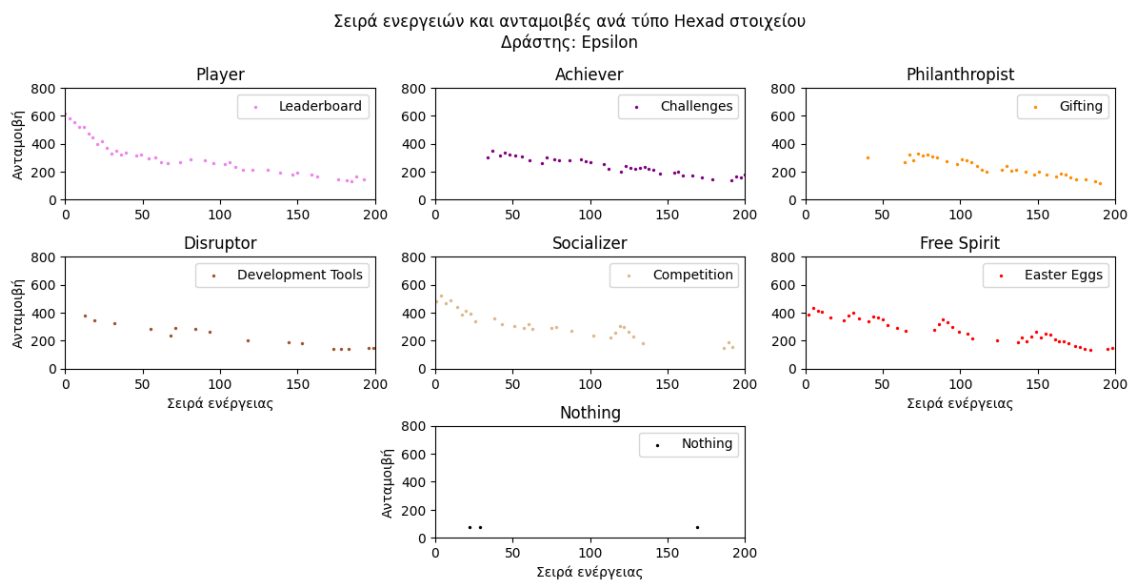
Στο δεύτερο παράδειγμα, το περιβάλλον περιλαμβάνει τις ίδιες ρυθμίσεις, με τη διαφορά ότι χρησιμοποιούνται τα στοιχεία του Σετ M που δεν χρησιμοποιήθηκαν στο πρώτο παράδειγμα. Οι δράστες έχουν την υποδιπλάσια πιθανότητα τυχαίας επιλογής, και οι επα-



Εικόνα 5.7: Παράδειγμα 1: Ακρίβεια δραστών

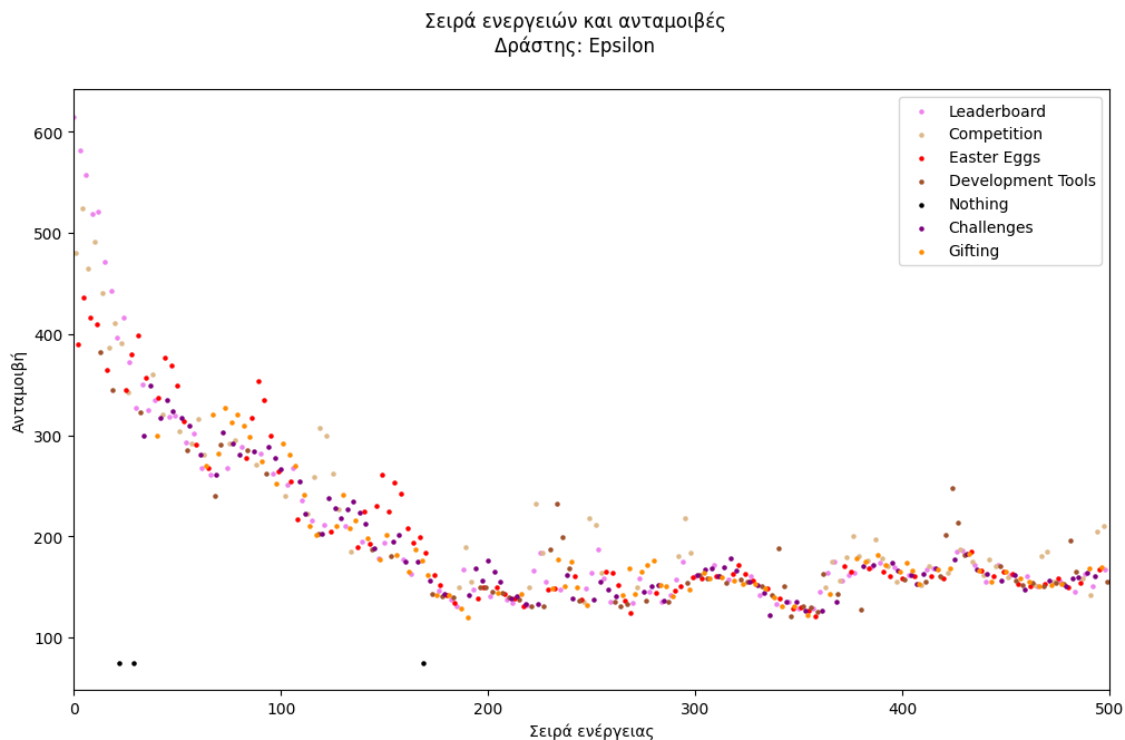
ναλήψεις επανεκπαίδευσής τους μειώθηκαν στις 1000. Το προφίλ που χρησιμοποιείται από το περιβάλλον είναι το προκαθορισμένο προφίλ που αποδίδεται στο χρήστη όταν δεν ολοκληρώνει την παιχνιδοποιημένη εξαγωγή τύπου του πρώτου τμήματος: (Player:3, Achiever:3, Philanthropist:3, Disruptor:3, Socializer:3, Free Spirit:3). Η προσομοίωση απαντήσεων χρησιμοποιεί το προφίλ του παραδείγματος 1, με το ίδιο ποσοστό αβεβαιότητας.

Ο δράστης Epsilon δίνει τις σειρές ενεργειών που φαίνονται στις εικόνες 5.8 και 5.9, και η ακρίβεια των δραστών στην εικόνα 5.10.



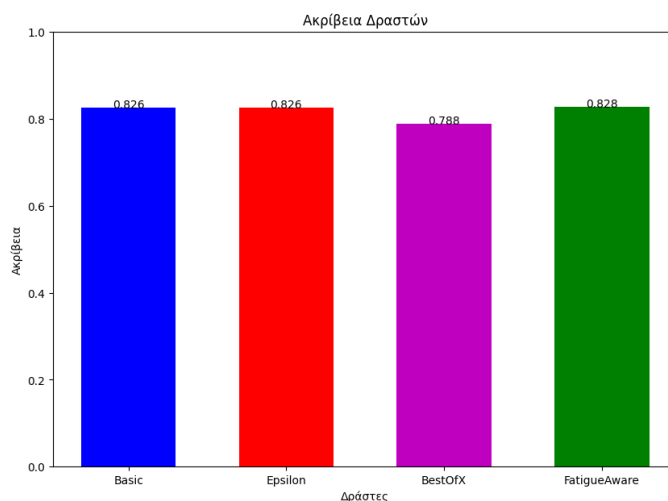
Εικόνα 5.8: Παράδειγμα 2: Αποτελέσματα των πρώτων 200 ενεργειών ανά τύπο στοιχείου

Παρατηρούμε όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα σταδιακή μείωση των ανταμοιβών όλων των στοιχείων παιχνιδοποίησης. Ωστόσο, βλέπουμε ότι αντί να προτείνονται πρώτα στοιχεία που αντιστοιχούν στους υψηλότερους τύπους του χρήστη, προτείνονται στοιχεία που έχουν βάρος σε πολλαπλούς τύπους, όπως το Leaderboard, το Competition και τα Easter Eggs, από τα οποία μόνο το τρίτο δέχεται πιθανότερα θετικές απαντήσεις και διατηρεί υψηλή



Εικόνα 5.9: Παράδειγμα 2: Συνολικό αποτέλεσμα

ανταμοιβή για μεγαλύτερο διάστημα. Τα Challenges και Gifting, που αντιστοιχούν στους άλλους κυρίαχους τύπους του χρήστη δοκιμάζονται αργότερα, αλλά φαίνονται να δέχονται θετικές απαντήσεις που διατηρούν υψηλά τις ανταμοιβές τους.

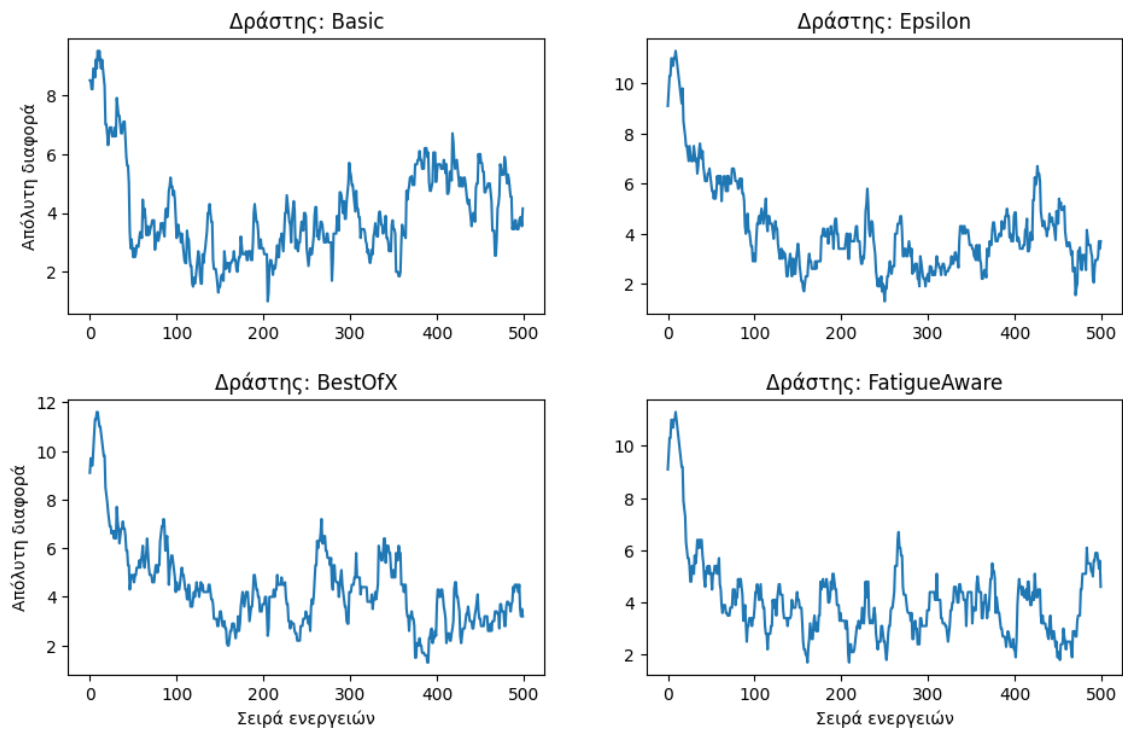


Εικόνα 5.10: Παράδειγμα 2: Ακρίβεια δραστών

Η ακρίβεια του συστήματος είναι υψηλή αλλά μειωμένη, παρά την επίσης μειωμένη τυχαιότητα των δραστών, γεγονός που ενδεχομένως ωφείλεται στη μειωμένη επανεκπαίδευσή τους. Ωστόσο, σε αυτήν την περίπτωση, η ακρίβεια ίσως να μην είναι εξίσου αξιόπιστη μετρική με το πρώτο παράδειγμα, μιας και το περιβάλλον δεν περιλαμβάνει το ακριβές προφίλ Hexad του χρήστη και συνεπώς ενδέχεται οι βέλτιστες ενέργειες που λαμβάνουμε από τη

μέθοδο `get_best_action` να μην ανταποκρίνονται εξίσου καλά στην πραγματικότητα. Μπορούμε ωστόσο να μετρήσουμε την απόκλιση του προφίλ του περιβάλλοντος από το πραγματικό προφίλ του χρήστη, το οποίο σε αυτές τις δοκιμές αποτελείται από το προφίλ στο σύστημα προσομοίωσης ερωτήσεων. Παραθέτουμε συνεπώς στην εικόνα 5.11 το γράφημα της απόλυτης διαφοράς του προφίλ που μετράται από το σύστημα Προσαρμοσμένου Προφίλ σε σχέση με το προφίλ Hexad της προσομοίωσης απαντήσεων, όπου παρατηρούμε ότι η διαφορά τείνει να μειώνεται με την πάροδο των ενεργειών για τους περισσότερους δράστες.

Απόλυτη διαφορά προφίλ Hexad χρήστη - μέτρηση συστήματος Προσαρμοσμένου Προφίλ

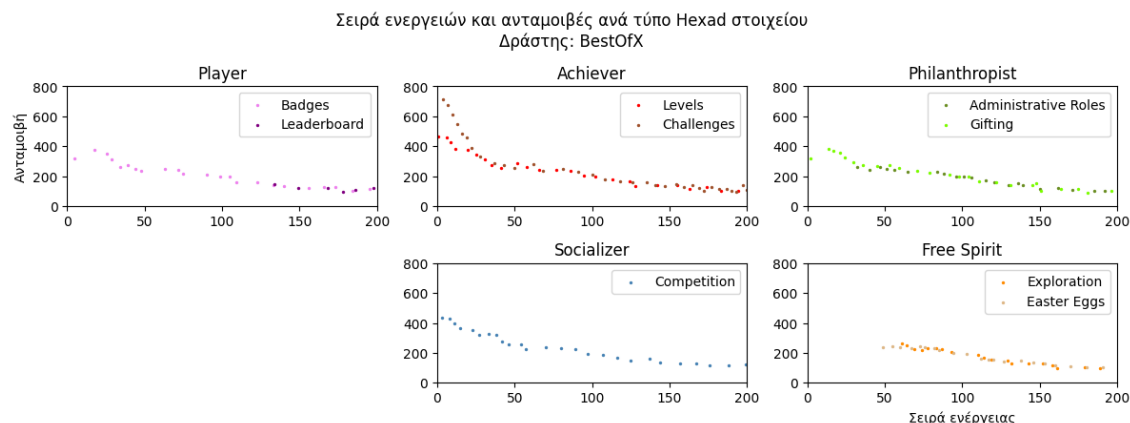


Εικόνα 5.11: Παράδειγμα 2: Απόλυτη διαφορά του προφίλ χρήστη όπως μετράται από το σύστημα Προσαρμοσμένου Προφίλ με το προφίλ που χρησιμοποιείται στην προσομοίωση απαντήσεων.

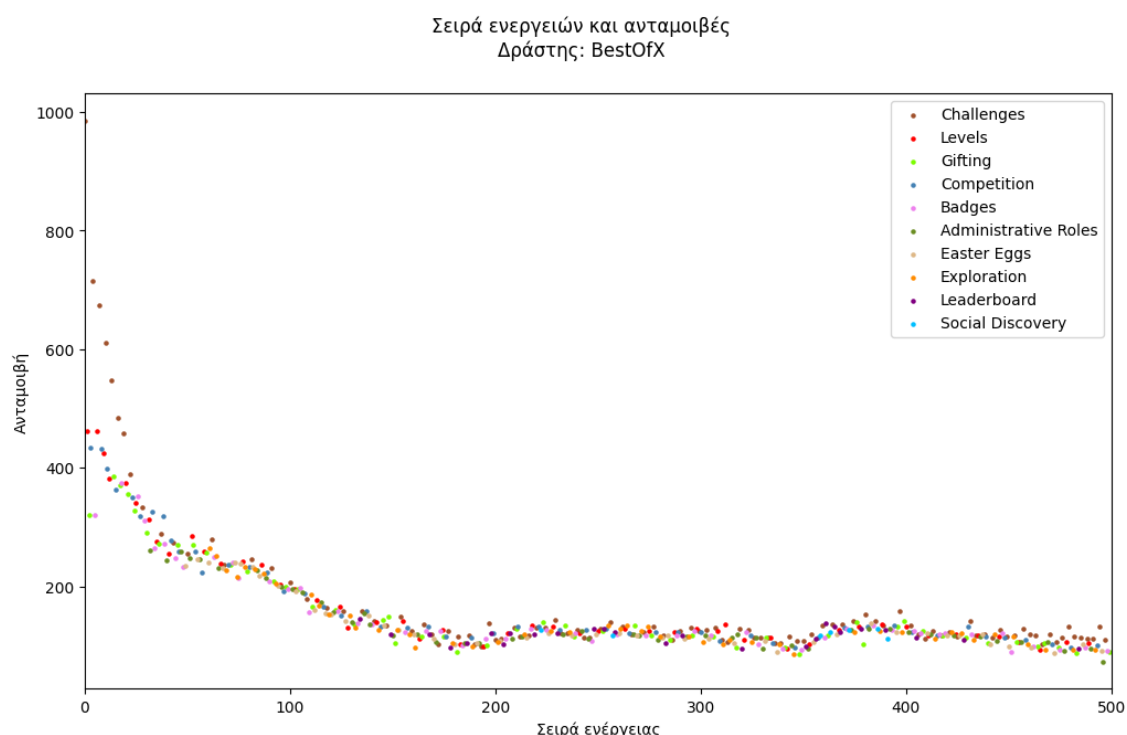
Παράδειγμα 3

Για το τελευταίο παράδειγμα, το περιβάλλον διαμορφώνεται με υψηλότερο ρυθμό μείωσης της Κοπώσεως των στοιχείων. Οι δράστες διατηρούν τη μειωμένη τυχαιότητα του παραδείγματος 2, αλλά οι επαναλήψεις επανεκπαίδευσης έχουν επανέλθει στις 4000. Τα διαθέσιμα στοιχεία παιχνοδοποίησης περιλαμβάνουν και τα 12 στοιχεία του σετ Σετ Μ. Το προφίλ Hexad είναι το ίδιο με το πρώτο παράδειγμα και είναι το ίδιο τόσο στο περιβάλλον όσο και στην προσομοίωση απαντήσεων. Ο δράστης BoX δίνει τις σειρές ενεργειών που φαίνονται στις εικόνες 5.12 και 5.13, και η ακρίβεια των δραστών φαίνεται στην εικόνα 5.14.

Παρατηρούμε ότι, παρά την γρηγορότερη μείωση των ανταμοιβών των στοιχείων, το πλήθος τους τείνει να καθυστερήσει την μείωση αυτή αρκετά ώστε να μην γίνει χρήση του "Τίποτα" από το δράστη. Η ακρίβεια των δραστών είναι ακόμα μικρότερη σε σχέση με το



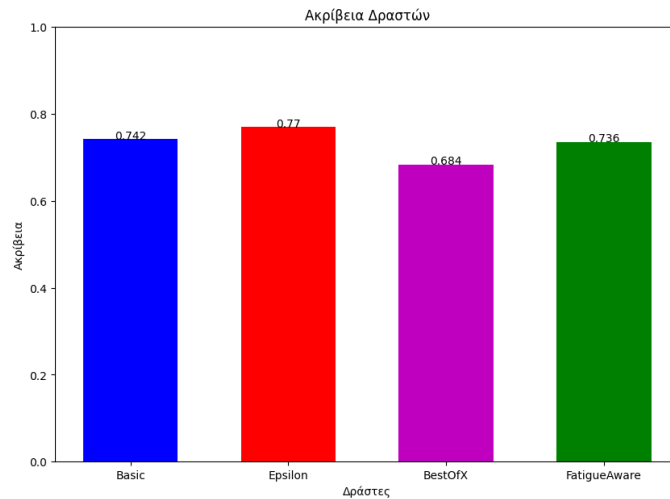
Εικόνα 5.12: Παράδειγμα 3: Αποτελέσματα των πρώτων 200 ενεργειών ανά τύπο στοιχείου



Εικόνα 5.13: Παράδειγμα 3: Συνολικό αποτέλεσμα

προηγούμενο παράδειγμα παρά την αύξηση των επαναλήψεων επανεκπαίδευσης, λόγω του αυξημένου αριθμού διαθέσιμων στοιχείων παιχνιδοποίησης.

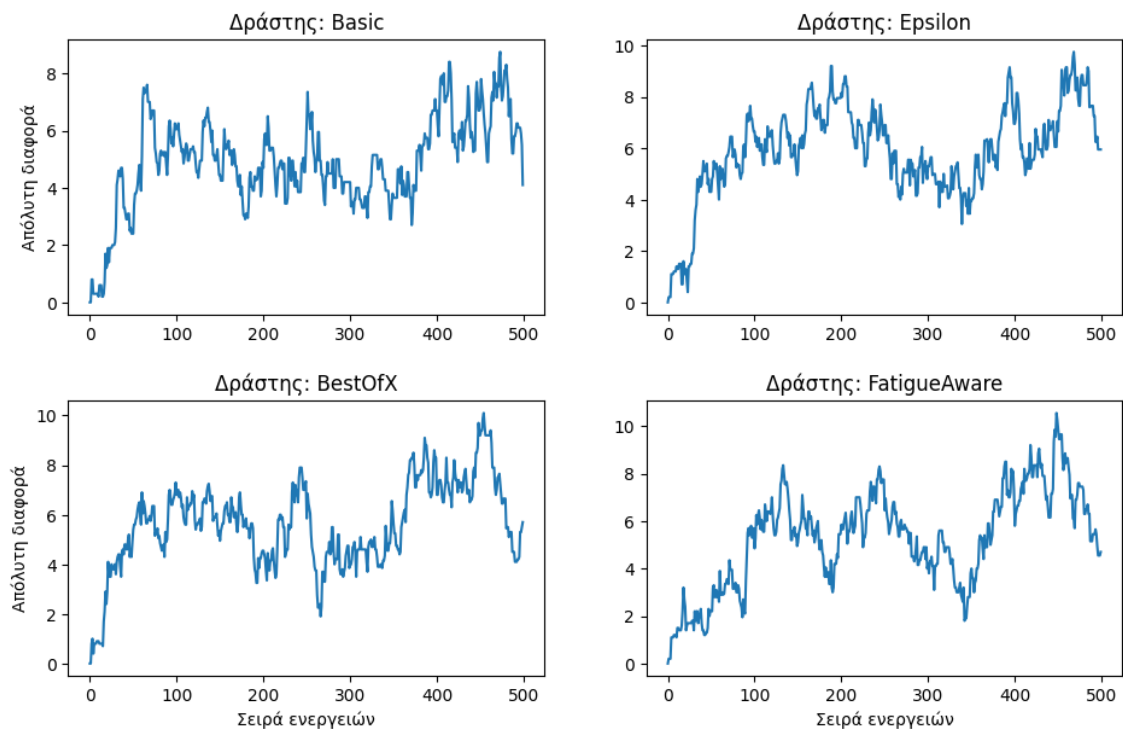
Παρατηρώντας την απόλυτη διαφορά των προφίλ, που φαίνεται στην Εικόνα 5.15, χρησιμοποιώντας πάλι τις προκαθορισμένες ρυθμίσεις για το σύστημα Προσαρμοσμένου Προφίλ η διαφορά τείνει να αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου όταν το προφίλ είναι ορισμένο στο περιβάλλον. Παρά τον περιορισμό αύξησης του τύπου με τη μέγιστη τιμή στο διάνυσμα Προτίμησης, το σύστημα Προσαρμοσμένου Προφίλ φαίνεται να ενισχύει περαιτέρω τους υψηλούς τύπους του χρήστη όταν αυτός δίνει συνεχώς θετικές απαντήσεις στις προτάσεις, όπως ενδέχεται να συμβεί κατά την προσομοίωση απαντήσεων. Συνεπώς, απαιτείται διαφορετική ρύθμιση του συστήματος Προσαρμοσμένου Προφίλ για την παρακολούθηση του προφίλ χρήστη όταν έχει ολοκληρωθεί η εξαγωγή προφίλ Hexad, ή χρειάζεται επανάληψη



Εικόνα 5.14: Παράδειγμα 3: Ακρίβεια δραστήων

της εξαγωγής τύπου Hexad μετά από κάποιο χρονικό διάστημα χρήσης της εφαρμογής για την μείωση της απόστασης των προφίλ.

Απόλυτη διαφορά προφίλ Hexad χρήστη - μέτρηση συστήματος Προσαρμοσμένου Προφίλ



Εικόνα 5.15: Παράδειγμα 3: Απόλυτη διαφορά του προφίλ χρήστη όπως μετράται από το σύστημα Προσαρμοσμένου Προφίλ με το προφίλ που χρησιμοποιείται στην προσομοίωση απαντήσεων.

Προκαταρκτικές Δοκιμές

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται πειραματική δοκιμή του συστήματος προσαρμογής παιχνιδοποίησης με ενισχυτική μάθηση του δεύτερου τμήματος της εργασίας. Αναφέρονται οι μετρικές που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση του συστήματος και παρουσιάζονται τα πειράματα που εκτελέστηκαν και τα αποτελέσματά τους.

6.1 Μετρικές Αξιολόγησης

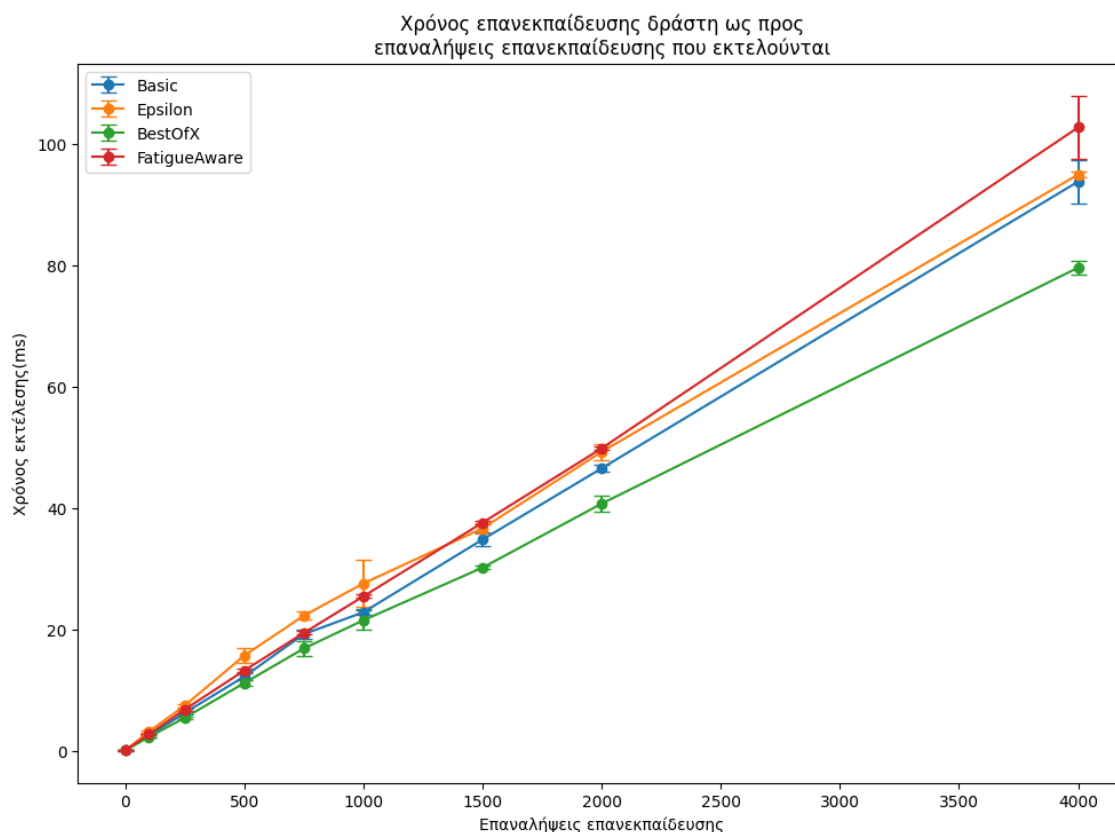
Προκειμένου να αξιολογήσουμε την επίδοση του συστήματος χρησιμοποιούνται οι παρακάτω μετρικές, ανάλογα με το στόχο του πειράματος.

- **Ακρίβεια:** η γνωστή μετρική αξιολόγησης συστημάτων μηχανικής μάθησης. Στην παρούσα εφαρμογή, υπολογίζεται ως το ποσοστό των ενεργειών του δράστη που ταυτίζεται με τη βέλτιστη ενέργεια που δίνει η μέθοδος `env.get_best_action`. Σημειώνουμε πως, όπως αναφέραμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, στην περίπτωση που ο χρήστης δεν έχει ολοκληρώσει την εξαγωγή τύπου Hexad του πρώτου μέρους, η ακρίβεια ενδέχεται να είναι χαμηλότερη της υπολογιζόμενης, λόγω των πιθανών διαφορών στο προφίλ που χρησιμοποιείται στο περιβάλλον από το πραγματικό προφίλ του χρήστη.
- **Απώλεια Ανταμοιβής:** η διαφορά της ανταμοιβής της επιλεγμένης ενέργειας του δράστη από την ανταμοιβή της βέλτιστης ενέργειας. Υπολογίζεται χρησιμοποιώντας μόνο τις περιπτώσεις που ο χρήστης δεν επέλεξε τη βέλτιστη ενέργεια, έτσι ώστε να σχετίζεται λιγότερο με τη μετρική της ακρίβειας και να λειτουργεί ως ένδειξη του πόσο χειρότερες είναι οι επιλογές του δράστη όταν αποτυγχάνει να επιλέξει βέλτιστα.
- **Απόκλιση προφίλ Hexad:** η συνολική απόλυτη διαφορά ανάμεσα στις τιμές των τύπων Hexad του προφίλ που μετράται από το σύστημα Προσαρμοσμένου Προφίλ και στις αντίστοιχες τιμές του πραγματικού προφίλ Hexad, όπως αυτό αναπαρίστανται από το σύστημα προσομοίωσης απαντήσεων χρήστη. Αντιστοιχεί στην απόσταση Manhattan των δύο προφίλ, αν θεωρήσουμε ότι αυτά περιέχουν τις συντεταγμένες δύο σημείων σε χώρο έξι διαστάσεων. Δείχνει κατά πόσο το προφίλ Hexad που διατηρεί το σύστημα για το χρήστη ανταποκρίνεται στο πραγματικό του προφίλ, και συνεπώς πόσο αξιόπιστη είναι η μετρική της ακρίβειας. Συγκεκριμένα, καθορίσαμε τις παρακάτω τιμές-όρια ως προς την επιρροή της Απόκλισης προφίλ στην ακρίβεια:

- 3 (μέση τιμή 0.5 ανά τύπο): υπάρχει πιθανότητα κάποιοι από τους επικρατούντες τύπους με υψηλή τιμή να αλλάξουν σειρά. Θεωρούμε ότι δεν επηρεάζεται η ακρίβεια.
- 6 (μέση τιμή 1.0 ανά τύπο): μεγαλύτερη πιθανότητα αλλαγής σειράς επικρατούντων τύπων. Ενδέχεται μη επικρατούντες τύποι να αποκτήσουν τιμή επικρατούντων και το αντίστροφο. Η ακρίβεια επηρεάζεται αλλά όχι σημαντικά.
- 9 (μέση τιμή 1.5 ανά τύπο): Σημαντική επιρροή στην ακρίβεια του συστήματος, τα αποτελέσματα ενδέχεται να μην είναι αξιόπιστα.
- 12 (μέση τιμή 2.0 ανά τύπο): μεγάλη πιθανότητα γενικότερης αλλαγής σειράς τύπων. Καθοριστική επιρροή στην ακρίβεια, σε σημείο που τα αποτελέσματα δεν είναι πλέον αξιόπιστα.

Χρόνος εκτέλεσης

Παραθέτουμε επίσης εδώ, στην Εικόνα 6.1, τους χρόνους επανεκπαίδευσης του κάθε δράστη ως προς τον αριθμό επαναλήψεων επανεκπαίδευσης που εκτελούνται. Όπως ήταν αναμενόμενο, ο χρόνος επανεκπαίδευσης αυξάνεται γραμμικά με τον αριθμό επαναλήψεων επανεκπαίδευσης, με τους δράστες να διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους. Οι ακριβείς χρόνοι ενδέχεται να διαφέρουν ανάλογα με το περιβάλλον εκτέλεσης του συστήματος, αλλά περιμένουμε να εμφανίζουν παρόμοιους ρυθμούς αύξησης.



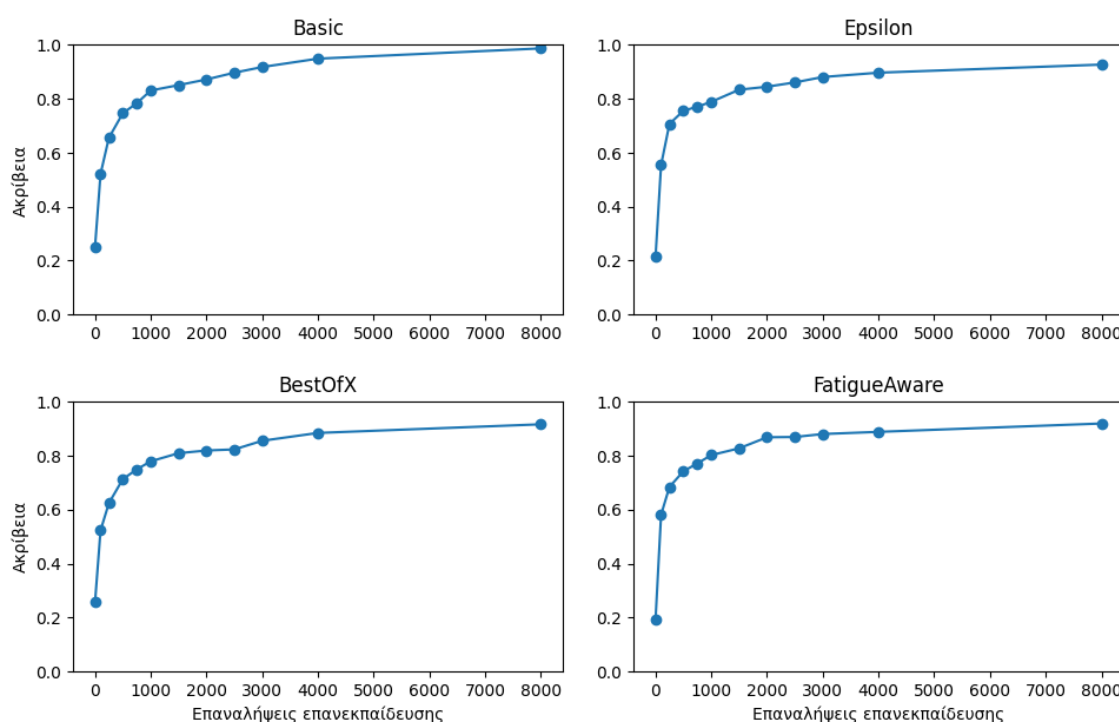
Εικόνα 6.1: Χρόνος επανεκπαίδευσης δράστών

6.2 Πείραμα 1: Απόδοση με χαμηλή επανεκπαίδευση

Τα παραδείγματα του προηγούμενου κεφαλαίου δείχνουν ότι οι επαναλήψεις επανεκπαίδευσης ενδέχεται να έχουν επίδραση στην ακρίβεια των επιλογών των δραστών. Ιδανικά θα θέλαμε κάθε πρόβλεψη να ακολουθείται από όσο το δυνατόν περισσότερες επαναλήψεις επανεκπαίδευσης. Δεδομένου όμως ότι το σύστημα προσαρμογής της παιχνιδοποίησης ενδέχεται να εκτελείται σε κινητές συσκευές με πιθανώς περιορισμένη υπολογιστική ισχύ ή σε εξυπηρετητές με μεγάλο αριθμό χρηστών, αξίζει να διερευνήσουμε την σχέση ακρίβειας-επαναλήψεων επανεκπαίδευσης και συνεπώς το αντιστάθμισμα σε ακρίβεια του περιορισμού των επαναλήψεων.

Για τον παραπάνω σκοπό, μετράμε επανειλημμένα την Ακρίβεια και τη Απώλεια Ανταμοιβής των δραστών σε τέσσερα επεισόδια των 500 ενεργειών, αυξάνοντας σταδιακά τις επαναλήψεις επανεκπαίδευσης από 1 έως 8000, χρησιμοποιώντας τις ίδιες ρυθμίσεις με το Παράδειγμα 1 του προηγούμενου κεφαλαίου. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στις Εικόνες 6.2 και 6.3.

Ακρίβεια δραστών συναρτήσει του πλήθους επαναλήψεων επανεκπαίδευσης

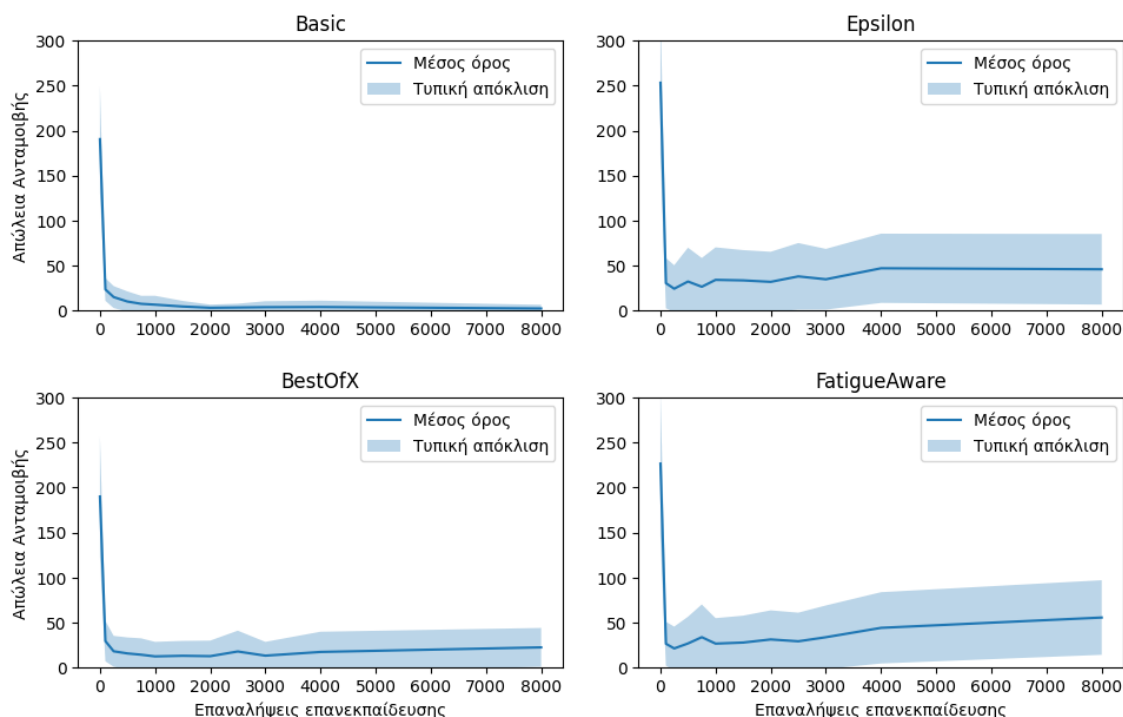


Εικόνα 6.2: Αποτελέσματα πειράματος 1: Ακρίβεια δραστών

Παρατηρούμε στην Εικόνα 6.2 ότι για όλους τους δράστες, ο ρυθμός αύξησης της ακρίβειας των ενεργειών τείνει να μειώνεται καθώς αυξάνονται οι επαναλήψεις επανεκπαίδευσης. Συγκεκριμένα, το κέρδος σε ακρίβεια φαίνεται να μειώνεται σημαντικά πάνω από τις 2000 επαναλήψεις. Καθώς το χρονικό κόστος των επαναλήψεων αυξάνεται γραμμικά, απαιτείται υπερδιπλάσιος χρόνος (ή μείωση των προβλέψεων ανά δευτερόλεπτο στο μισό ή λιγότερο) για μια αύξηση της ακρίβειας της τάξης του 5%, με εξαίρεση το δράστη Basic που εμφανίζει αύξηση της τάξης του 10%. Συνεπώς, το αντιστάθμισμα βελτίωσης της ακρίβειας

πέρα από τις 2000 επαναλήψεις ενδέχεται να είναι μεγαλύτερο του επιθυμητού.

Απώλεια Ανταμοιβής των δραστών κατά την αύξηση των επαναλήψεων επανεκπαίδευσης



Εικόνα 6.3: Αποτελέσματα πειράματος 1: Απώλεια Ανταμοιβής

Αντίστοιχα, από τα αποτελέσματα του πειράματος για την Απώλεια Ανταμοιβής στην Εικόνα 6.3 βλέπουμε ότι, κατά την αύξηση των επαναλήψεων επανεκπαίδευσης, ο μέσος όρος της μετρικής αρχικά μειώνεται ραγδαία αλλά έπειτα σταθεροποιείται ή και αυξάνεται για τους δράστες Epsilon και Fatigue-Aware, γεγονός που πιθανώς ωφείλεται στην αύξηση των τυχαίων επιλογών που συνεπάγεται ο μεγάλος αριθμός ενεργειών του πειράματος. Συνεπώς, η αύξηση των επαναλήψεων δεν φαίνεται να προκαλεί σημαντική βελτίωση των μη βέλτιστων ενεργειών των δραστών.

6.3 Πείραμα 2: Αποδοτική παρακολούθηση προφίλ χρήστη

Δεδομένης της πιθανότητας ο χρήστης να μην ολοκληρώσει την παιχνιδοποιημένη εξαγωγή προφίλ Hexad, είναι χρήσιμο το σύστημα προσαρμογής της παιχνιδοποίησης να μπορεί να διευκρινίσει το προφίλ του χρήστη κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του. Όπως δείξαμε στο παράδειγμα 2 του προηγούμενου κεφαλαίου, μπορούμε να προσεγγίσουμε το προφίλ αυτό μέσω του συστήματος Προσαρμοσμένου Προφίλ Hexad που περιλαμβάνει το περιβάλλον του συστήματος προσαρμογής της παιχνιδοποίησης. Συνεπώς, δοκιμάζουμε εδώ διάφορες ρυθμίσεις για τα διαστήματα και τις αυξομειώσεις του συστήματος, με σκοπό να καθορίσουμε ποια από αυτές οδηγεί στη μικρότερη απόκλιση από το πραγματικό προφίλ.

Δοκιμάζουμε τα διαστήματα και τις αυξομειώσεις απαντήσεων χρήστη των ρυθμίσεων που περιλαμβάνονται στον πίνακα 6.1, οι οποίες βασίζονται σε διαφορετικές προσεγγίσεις ως

προς τις μεταβολές του διανύσματος Προτίμησης και ποικίλλουν ως προς την πολυπλοκότητά τους.

- **Ρύθμιση 1:** ομοιόμορφη αυξομείωση σε όλο το εύρος τιμών. Επιλέχθηκε ως η απλούστερη δυνατή ρύθμιση.
- **Ρύθμιση 2:** ομοιόμορφη μεταβολή γύρω από το 1.0, γρηγορότερη αύξηση κάτω από το 1.0, γρηγορότερη μείωση πάνω από το 1.0. Είναι η προκαθορισμένη ρύθμιση που χρησιμοποιήθηκε στα παραδείγματα του προηγούμενου κεφαλαίου. Σκοπός είναι οι αμφίρροπες απαντήσεις να διατηρούν την τιμή γύρω από το 1.0.
- **Ρύθμιση 3:** γρηγορότερη μείωση κάτω από το 1.0, γρηγορότερη αύξηση πάνω από το 1.0, ομοιόμορφη μεταβολή στα άκρα. Τείνει να διατηρήσει τις προτιμήσεις που εμφανίζει νωρίς στις απαντήσεις του ο χρήστης, ως αντίστροφη προσέγγιση της Ρύθμισης 2.
- **Ρύθμιση 4:** ομοιόμορφη μεταβολή σε όλο το εύρος πλην περιοχών γύρω από τα σημεία ενδιαφέροντος 0.67, 1.33, 1.66. Σκοπός είναι η διατήρηση των τιμών γύρω από τις περιοχές ενδιαφέροντος όταν εμφανίζονται αμφίρροπες απαντήσεις, αλλιώς η μετακίνηση προς το επόμενο σημείο ενδιαφέροντος. Επιλέχθηκε ως η πιο σύνθετη των ρυθμίσεων.

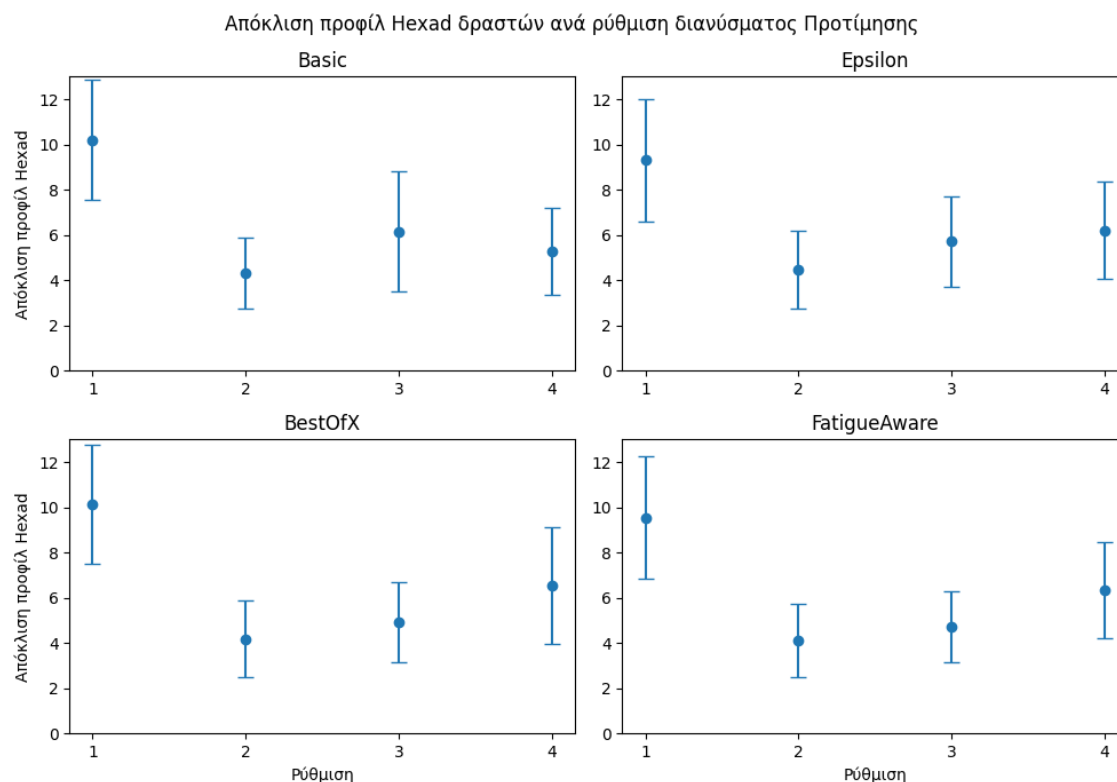
Ρύθμιση	1	2	3	4
Διαστήματα	(0.2, 1.7)	(0.2, 0.8, 1.2, 1.7)	(0.2, 0.8, 1.0, 1.2, 1.7)	(0.2, 0.61, 0.71, 1.28, 1.38, 1.58, 1.7)
Αυξήσεις θετικής απάντησης	(0.1)	(0.2, 0.1, 0.05)	(0.05, 0.066, 0.1, 0.05)	(0.1, 0.03, 0.1, 0.03, 0.1, 0.03)
Μειώσεις αρνητικής απάντησης	(0.1)	(0.1, 0.1, 0.1)	(0.05, 0.1, 0.066, 0.05)	(0.1, 0.03, 0.1, 0.03, 0.1, 0.03)

Πίνακας 6.1: Πείραμα 2: Ρυθμίσεις διαστημάτων και τιμών αύξησης και μείωσης προς δοκιμή

Δοκιμάζουμε τις παραπάνω ρυθμίσεις μετρώντας την μέση τιμή και τυπική απόκλιση της Απόκλισης Προφίλ Hexad σε δέκα επεισόδια των 500 ενεργειών για κάθε δράστη, επιτρέποντας 2000 επαναλήψεις επανεκπαίδευσης και χρησιμοποιώντας τις προκαθορισμένες ρυθμίσεις για τις υπόλοιπες συνιστώσες του περιβάλλοντος και των δραστών. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην Εικόνα 6.4.

Παρατηρούμε ότι οι ρυθμίσεις 2 και 3 επιφέρουν τη μικρότερη μέση διαφορά μεταξύ των προφίλ, η ρύθμιση 1 την μεγαλύτερη διαφορά ενώ η ρύθμιση 4 επιφέρει ένα ενδιάμεσο αποτέλεσμα. Σύμφωνα με τις τιμές-όρια που θέσαμε για την Απόκλιση προφίλ Hexad στην προηγούμενη ενότητα, η ρύθμιση 1 είναι πάνω από τα όρια αξιοπιστίας και έτσι φαίνεται ακατάλληλη. Οι ρυθμίσεις 3 και 4 εμφανίζουν τιμές στα όρια της αξιοπιστίας και συνεπώς ενδέχεται να χρειάζονται περαιτέρω αλλαγές πριν χρησιμοποιηθούν.

Τα παρόμοια αποτελέσματα των ρυθμίσεων 2 και 3 δεν ήταν αναμενόμενα, καθώς οι ρυθμίσεις βασίζονται σε αρκετά διαφορετικές προσεγγίσεις. Ενδέχεται οι ανόμοιες μεταβολές που περιλαμβάνουν να επιτρέπουν τη σταθεροποίηση τιμών στα όρια των διαστημάτων,



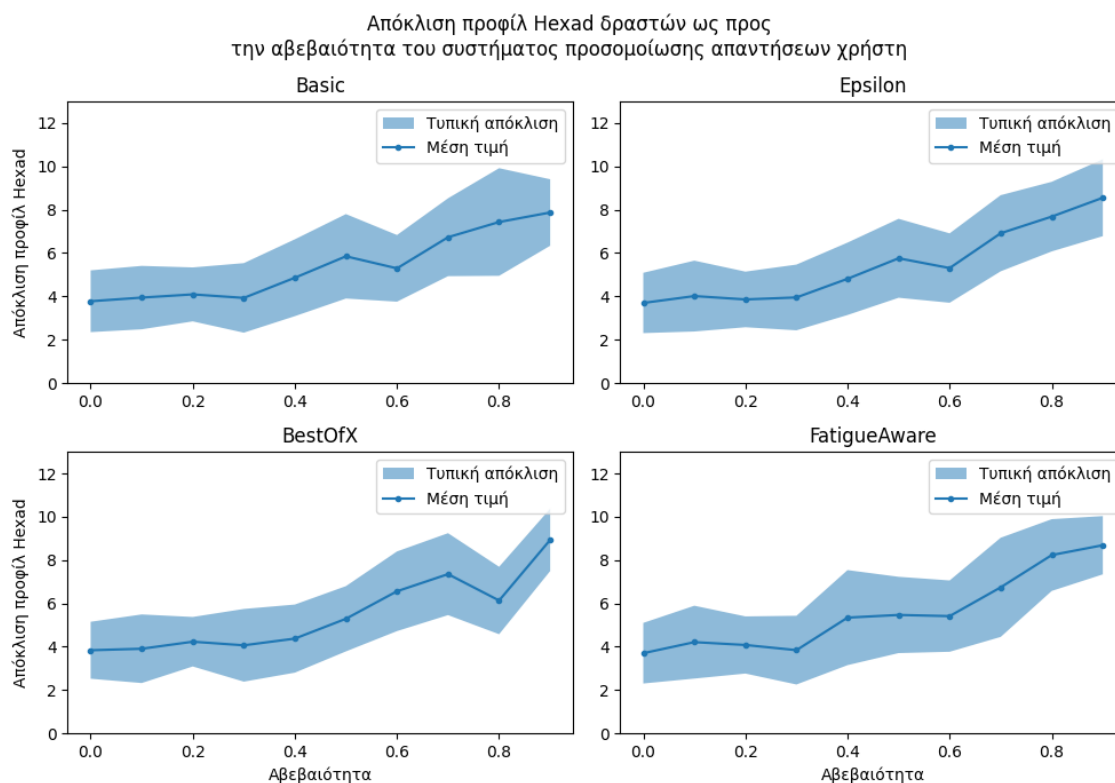
Εικόνα 6.4: Αποτελέσματα πειράματος 2: Μέση τιμή και διασπορά Απόκλισης Προφίλ Hexad

πετυχαίνοντας έτσι το στόχο που αρχικά είχε η Ρύθμιση 4. Γενικά συμπεραίνουμε ότι η χρήση μέτρια πολύπλοκων ρυθμίσεων για το σύστημα Προσαρμοσμένου Προφίλ Hexad φαίνεται να βοηθά στην καλύτερη παρακολούθηση του προφίλ του χρήστη, αλλά οι υπερβολικά λεπτομερείς ρυθμίσεις ενδέχεται να έχουν χειρότερα αποτελέσματα. Ωστόσο, επισημαίνουμε ότι είναι απαραίτητη πειραματική επιβεβαίωση των παραπάνω αποτελεσμάτων με ανθρώπινους χρήστες στο πλαίσιο κάποιας εφαρμογής παιχνιδιοποίησης έτσι ώστε να επαληθευθεί η επίδοση της κάθε ρύθμισης.

6.4 Πείραμα 3: Επίδραση της αβεβαιότητας στην παρακολούθηση του προφίλ χρήστη και την ακρίβεια

Η αβεβαιότητα του χρήστη, που στην παρούσα εργασία εκφράζεται στο σύστημα προσομοίωσης απαντήσεων χρήστη, ενδέχεται να έχει σημαντική επίδραση στην παρατήρηση του προφίλ Hexad του χρήστη. Αυτό συμβαίνει διότι οι τυχαίες απαντήσεις που επιφέρει ίσως να στερήσουν πληροφορίες από το σύστημα ή ακόμα και να προσφέρουν παραπλανητικές πληροφορίες, με τελικό αποτέλεσμα την μείωση της ακρίβειας. Συνεπώς είναι σημαντικό να ελέγξουμε τη συμπεριφορά του συστήματος για διάφορα επίπεδα αβεβαιότητας του χρήστη. Για αυτό το σκοπό, μετράμε την Απόκλιση προφίλ και την ακρίβεια του συστήματος αυξάνοντας σταδιακά την αβεβαιότητα, εκτελώντας δέκα επεισόδια των 500 ενεργειών με 1000 επαναλήψεις επανεκπαίδευσης που χρησιμοποιούν για το σύστημα Προσαρμοσμένου Προφίλ τη Ρύθμιση 2 της προηγούμενης δοκιμής. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στις Εικόνες

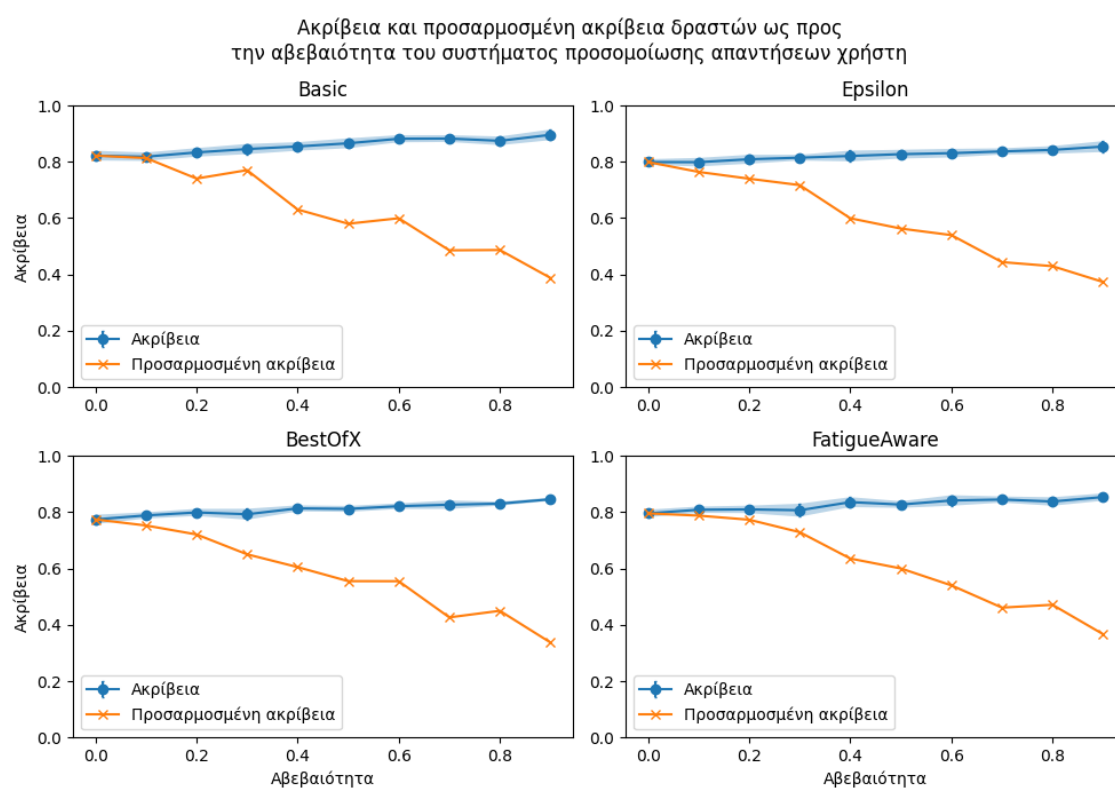
6.5 και 6.6.



Εικόνα 6.5: Αποτελέσματα πειράματος 3: Μέση τιμή και διασπορά Απόκλισης Προφίλ Hexad

Παρατηρούμε, όπως ίσως ήταν αναμενόμενο, ότι η Απόκλιση Προφίλ είναι αυξημένη για μεγαλύτερα ποσοστά αβεβαιότητας του χρήστη. Ωστόσο, η αύξηση αυτή τείνει σε όλους τους δράστες να είναι μεγαλύτερη για αβεβαιότητα πάνω του 0.5, που ίσως είναι μεγαλύτερο του αναμενόμενου ποσοστού αβεβαιότητας χρήστη.

Αντίστοιχα, παρατηρούμε για την ακρίβεια των προβλέψεων ότι φαινομενικά δεν επηρεάζεται από την αβεβαιότητα. Ωστόσο, όπως ήδη αναφέραμε, δεδομένης της σημαντικής Απόκλισης προφίλ που μετρήθηκε, θα ήταν παράλογο να θεωρήσουμε ότι η ακρίβεια δεν επηρεάζεται. Προκειμένου να αναπαραστήσουμε την επίδραση της αυξημένης Απόκλισης προφίλ στην ακρίβεια, περιλαμβάνουμε στην Εικόνα 6.6 τη μετρική της προσαρμοσμένης ακρίβειας, η οποία έχει υπολογιστεί για κάθε τιμή αβεβαιότητας ως το πηλίκο της ακρίβειας με την κανονικοποιημένη (ως προς την ελάχιστη μέση τιμή της) Απόκλιση προφίλ κάθε δράστη. Η αβεβαιότητα φαίνεται συνεπώς να οδηγεί σε απώλεια ακρίβειας το πολύ 20% για αβεβαιότητα κάτω του 0.5 και απώλεια περίπου 40% για αβεβαιότητα 0.9, όπου ο χρήστης απαντάει σχεδόν πάντα τυχαία.



Εικόνα 6.6: Αποτελέσματα πειράματος 3: Ακρίβεια ενεργειών

Μέρος **III**

Επίλογος

7.1 Συμπεράσματα

Η παιχνιδοποίηση, προκειμένου να πετύχει καλύτερα το στόχο της παρακίνησης των χρηστών στις διάφορες εφαρμογές που την εφαρμόζουν, είναι χρήσιμο να προσαρμόζεται στα χαρακτηριστικά που εμφανίζει ο χρήστης. Η προσαρμογή αυτή μπορεί να βελτιωθεί χρησιμοποιώντας τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται περισσότερο με τα κίνητρα του χρήστη καθώς και σύγχρονα εργαλεία όπως τα διάφορα είδη μηχανικής μάθησης. Αμφότερες αυτές οι προσεγγίσεις απαιτούν τη συλλογή δεδομένων για τους χρήστες, η οποία είναι θεμιτό να γίνεται χωρίς να προκαλεί τη δυσaráσκειά τους.

Στην παρούσα εργασία σχεδιάσαμε και υλοποιήσαμε ένα σύστημα παιχνιδοποιημένης εξαγωγής του προφίλ Hexad του χρήστη και ένα σύστημα προσαρμογής της παιχνιδοποίησης με ενισχυτική μάθηση που χρησιμοποιεί αυτό το προφίλ και παρακολουθεί την εξέλιξή του. Η συνεισφορά και τα συμπεράσματα που βγάλαμε από τα δύο τμήματα της εργασίας περιγράφονται παρακάτω. Ωστόσο, επισημαίνουμε ότι τα συμπεράσματα αυτά είναι προκαταρκτικά, μιας και τα δύο συστήματα δεν έχουν δοκιμαστεί υπό κανονικές συνθήκες σε κάποια εφαρμογή με στοιχεία παιχνιδοποίησης.

Η δημιουργία του συστήματος παιχνιδοποιημένης εξαγωγής προφίλ Hexad δείχνει ότι είναι δυνατός ο σχεδιασμός αντίστοιχων συστημάτων δίνοντας έμφαση στη φαντασία, την αφήγηση της παιχνιδοποίησης και τη σύνδεση αυτών με τους στόχους του χρήστη με σκοπό τη διατήρηση της προσοχής του. Η Αισθητική της Πίεσης Χρόνου πιστεύουμε ότι θα βοηθήσει στη γρηγορότερη εξαγωγή του προφίλ σε σύγκριση με το ερωτηματολόγιο Hexad των 24 ερωτήσεων. Ωστόσο, η προσθήκη συμφραζόμενων στις ερωτήσεις ενδέχεται να προσθέτει σφάλμα στο αποτέλεσμα του συστήματος, μιας και μπορεί να γίνει κατανοητό διαφορετικά από το αναμενόμενο από τους χρήστες. Το ίδιο ενδέχεται να προκαλέσει και Πίεση Χρόνου, ωστόσο πιστεύουμε ότι δίνουμε στους χρήστες αρκετές διευκολύνσεις για να αποτρέψουμε αυτό το ενδεχόμενο.

Το σύστημα προσαρμογής της παιχνιδοποίησης του δεύτερου τμήματος δείχνει ότι οι τεχνικές ενισχυτικής μάθησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αυτό το σκοπό και οδηγούν σε υψηλό ποσοστό ακρίβειας, όταν το προφίλ Hexad του χρήστη στο σύστημα είναι ακριβές. Επιπλέον, το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την παρακολούθηση των αλλαγών στο προφίλ του χρήστη. Η ακρίβεια του συστήματος εξαρτάται από το πόσο καλή είναι η παρακολούθηση αυτή, κάτι που καθιστά σημαντική την κατάλληλη παραμετροποίηση του

συστήματος για αυτό το σκοπό. Στις δοκιμές που πραγματοποιήσαμε παρατηρήσαμε ότι, όταν το προφίλ του χρήστη είναι άγνωστο και χρησιμοποιείται το προκαθορισμένο, το σύστημα πλησιάζει αρκετά γρήγορα το προφίλ του χρήστη. Στην περίπτωση που το προφίλ έχει εξαχθεί από το σύστημα του πρώτου τμήματος όμως, η απόκλιση των προφίλ αυξάνεται με το χρόνο όταν χρησιμοποιούνται οι ίδιες ρυθμίσεις. Συνεπώς, η κατάλληλη παραμετροποίηση του συστήματος φαίνεται να είναι απαραίτητο να διαφέρει στην περίπτωση που το αρχικό προφίλ του χρήστη έχει εξαχθεί ή του έχει δοθεί το προκαθορισμένο προφίλ.

Επιπλέον, για το σύστημα προσαρμογής της παιχνοδοποίησης του δεύτερου μέρους παρατηρήσαμε ότι η ακρίβειά του εξαρτάται σημαντικά από τον αριθμό επαναλήψεων επανεκπαίδευσης που εκτελούν οι δράστες μετά από κάθε ενέργεια, αλλά εμφανίζονται φθίνουσες αποδόσεις καθώς ο αριθμός αυτός αυξάνεται σημαντικά. Η ακρίβεια των προβλέψεων παραμένει ικανοποιητική ακόμα και με σχετικά μικρό αριθμό επαναλήψεων, το οποίο είναι θετικό για τη χρήση του συστήματος σε περιβάλλοντα χαμηλής υπολογιστικής ισχύος ή μεγάλου αριθμού χρηστών.

Συμπερασματικά, δημιουργήσαμε ένα γενικής χρήσης σύστημα εξαγωγής τύπου χρήστη και προσαρμογής της παιχνοδοποίησης. Αν και οι τεχνικές και τα πλαίσια σχεδίασης που χρησιμοποιήθηκαν δεν αποτελούν τα πιο σύγχρονα διαθέσιμα, πιστεύουμε ότι αναδεικνύουν πιθανές νέες προσεγγίσεις για τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν.

7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Όπως αναφέραμε παραπάνω, προκειμένου να βελτιωθούν και να επεκταθούν περαιτέρω τα συστήματα των δύο τμημάτων της εργασίας, θα πρέπει αρχικά να δοκιμαστούν στο πλαίσιο μιας εφαρμογής. Ωστόσο, προτείνουμε παρακάτω μερικές κατευθύνσεις επέκτασης και βελτίωσης των δύο τμημάτων που είναι ανεξάρτητες από κάποια πιθανή πειραματική δοκιμή τους.

Βελτίωση συστήματος παιχνοδοποιημένης εξαγωγής προφίλ Hexad

- **Βελτίωση της ορατότητας της διεπαφής του χρήστη:** στην παρούσα υλοποίηση του συστήματος, διάφορα στοιχεία της εμφάνισης της εφαρμογής θα μπορούσαν να βελτιωθούν ώστε να είναι πιο εύχρηστη. Για παράδειγμα, τα power-up ενδέχεται να πρέπει να μετακινηθούν σε άλλη, πιο προσβάσιμη θέση από το πλευρικό μενού που καταλαμβάνουν. Επιπλέον, ίσως είναι χρήσιμο να αυξηθεί το μέγεθος της περιοχής διαλόγου για να είναι πιο ευδιάκριτο το κείμενο. Ο χώρος αυτός μπορεί να αφαιρεθεί από το χώρο της εικόνας του σεναρίου, πράγμα που θα απελευθερώσει επιπλέον χώρο για τη νέα θέση των power-up.
- **Μείωση του απαιτούμενου χρόνου με χρήση του Hexad-12:** κατά τη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής δημοσιεύτηκε από τους Krath, Altmeyer, Tondello και Nacke το Hexad-12, ένα νέο ερωτηματολόγιο υπολογισμού τύπου Hexad με 12 ερωτήσεις αντί για 24 [54]. Το συμπυκνωμένο αυτό ερωτηματολόγιο ανοίγει νέες σχεδιαστικές προοπτικές για αντίστοιχες εφαρμογές, προσφέροντας μικρότερο αριθμό ερωτήσεων, και συνεπώς γρηγορότερη συμπλήρωση, χωρίς να μειώνεται η ακρίβεια του αποτελέσματος.

Βελτίωση συστήματος προσαρμογής της παιχνιδοποίησης με ενισχυτική μάθηση

- **Διαχωρισμός λειτουργίας παρακολούθησης προφίλ Hexad:** δεδομένου ότι η ίδια ρύθμιση ενδέχεται να μην έχει την ίδια επίδοση για το προκαθορισμένο προφίλ και το εξηγμένο προφίλ του χρήστη, θα πρέπει το σύστημα να μπορεί να δέχεται διαφορετικές ρυθμίσεις για τις δύο καταστάσεις και ενδεχομένως να μπορεί να αλλάζει από τη μια στην άλλη κατά τη λειτουργία του.
- **Βελτίωση του συστήματος Προσαρμοσμένου Προφίλ Hexad:** προκειμένου να προβούμε σε αλλαγές για τη βελτίωση της παρακολούθησης του προφίλ του χρήστη, θα ήταν χρήσιμο αν διερευνήσουμε την διαφορά των προφίλ για κάθε τύπο ξεχωριστά. Αυτό θα μας έδινε πληροφορίες ως προς το εύρος τιμών του συστήματος όπου εμφανίζονται οι διαφορές, καθώς και αν αυτές αφορούν κυριαρχούντες τύπους ή όχι.
- **Μείωση χρόνου επανεκπαίδευσης:** προκειμένου να αυξηθούν οι δυνατές επαναλήψεις επανεκπαίδευσης σε κάθε ενέργεια των δραστών στο ίδιο χρονικό περιθώριο, θεωρούμε σημαντική τη βελτιστοποίηση των δραστών για να μειωθεί ο χρόνος της επανεκπαίδευσης.

Παραρτήματα

Σενάρια πρώτου τμήματος

Στο παρόν παράρτημα παρουσιάζονται οι λεπτομέρειες των σεναρίων του συστήματος παιχνιδιοποιημένης εξαγωγής τύπου χρήστη Hexad. Στον πίνακα [Α'.1](#) παρουσιάζεται το κείμενο κάθε σεναρίου, το κείμενο της απάντησης και το κείμενο που εμφανίζεται κατά την επιλογή της καθώς και ο τύπος Hexad που αντιστοιχεί στην επιλογή. Στον πίνακα [Α'.2](#) περιέχονται οι εικόνες που συνοδεύουν το κάθε σενάριο, με την ίδια αρίθμηση. Τέλος, στον πίνακα [Α'.3](#) εμφανίζονται οι δευτερεύοντες τύποι Hexad που λάβαμε υπόψη για τις επιλογές των σεναρίων αλλά τελικά δεν χρησιμοποιήθηκαν.

Πίνακας Α'.1: Πλήρης λίστα σεναρίων και επιλογών

	Σενάριο	Τύπος 1	Επιλογή 1	Τύπος 2	Επιλογή 2
1	-"Moving on, here's what's happening:", -"Looks like there's a gem at the top of that challenging wall!", -"Will you climb it once and get the gem?", -"Or would you rather stay here for a while and master climbing this difficult wall?", -"What will you do?"	Player	Get the gem for a reward → -"No need to tire yourself out here, getting the gem is quite enough.", -"It should fetch quite the reward at one of the campsites!"	Achiever	Master climbing the slope → -"(...after a little while...)", -"Looks like you have the hang of it now!", -"Your climbing skills are getting better by the minute."
2	-"Ok, let's continue.", -"You've almost made it to the next camp.", -"But what's this on the ground?", -"You see a high-quality tool left behind, one you already have.", -"Would you like to give it away to someone at the camp?", -"You could also trade it for something valuable.", -"What will it be?"	Player	Trade it for a reward → -"You have to haggle a bit for it, but you get your reward!", -"Thankfully good gear is always in demand up here."	Philanthropist	Give the tool away → "Looks like someone else really needed it.", "They look very grateful for it!", "You've certainly made their climb easier."

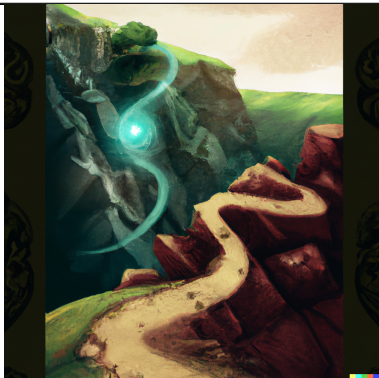
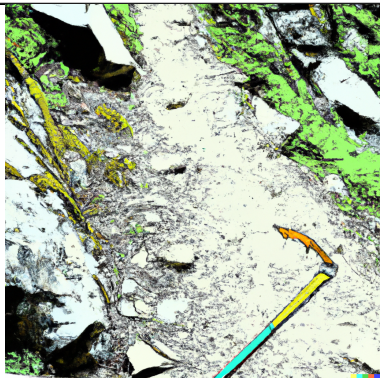
	Σενάριο	Τύπος 1	Επιλογή 1	Τύπος 2	Επιλογή 2
3	"Moving on, what's this?", "A few people have set up camp outside this little cave.", "Looks like they're mining for gems while they're here.", "Wanna join in the hunt for a gem of your own?", "You can also just chill with the others around the campfire.", "What do you think?"	Player	Mine for gems → "Well then, pick up your pick and wish for luck!", "...", "Over there, you can see something shiny!", "Looks like you've found your gem!",	Socializer	Socialize with the other climbers → "Might as well chat a bit before moving on, right?", "The other climbers have some good tips for the road ahead.", "You'll be breezing through the next part of the mountain!"
4	"Ok, on to the next one.", "Look, you're approaching a camp site.", "Gotta decide what to do with that gem you found on the way!", "Are you gonna trade it for something else straight away?", "Or will you keep it and boast with it to the other climbers for a while?", "What will you do?"	Player	Trade it for a reward → "Might as well stock up on supplies while you can.", "Showboating will have to wait!"	Disruptor	Boast about it to the others → "Time to showboat a bit!", "Oh man, I can't wait to see their faces."
5	"Let's see what's up next.", "Look, there's a berry bush between those trees.", "It's loaded with berries!", "You could probably go on and explore a couple extra days with those without resupplying.", "Trading them at the camp might fetch something good as well!", "What do you say?"	Player	Trade the berries for a reward → "The other climbers will probably enjoy those.", "Much like you will enjoy the extra goods you'll get for them!"	Free Spirit	Use them to explore independently for longer → "Nice, let's see how far these will get you.", "Now, off the beaten path!"

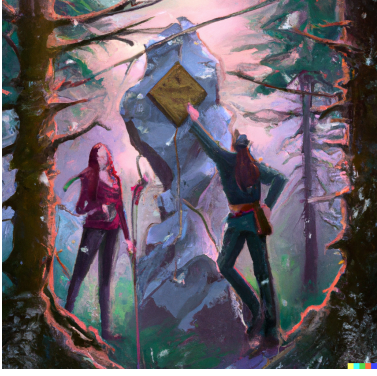
	Σενάριο	Τύπος 1	Επιλογή 1	Τύπος 2	Επιλογή 2
6	"Moving right along!", "You've reached another campsite.", "Looks like people are resting, talking around the campfires.", "A few groups are repairing others' broken equipment while they're resting.", "Who would you rather join?"	Philanthropist	Help repair the climbers' gear → "Can't have people relying on faulty gear, right?", "Let's see what you can help repair before resting."	Socializer	Socialize around a fire → "Nothing helps you rest quite like company around the fire!", "Let's see if the others have any good advice to share."
7	"Let's see what's next, shall we?", "You're moving on up the trail along with a group.", "You join a few climbers discussing techniques they've used so far.", "You're quite skilled in climbing yourself, what would you rather do?"	Philanthropist	Share some tips of your own → "They appreciate your input!", "Hopefully they will remember it when they need it."	Disruptor	Boast about your skills → "Your taunts have riled them up!", "You sure talk big, let's see if you can climb the climb!" " "Looks like you'll have to prove yourself up ahead!"
8	"Alright, let's see what's next.", "A group you're travelling along is planning their route in advance.", "You could join them and help them plan, I'm sure you have a couple of points?", "You can also keep going independently and make it on your own.", "What do you prefer?"	Philanthropist	Help them plan a route → "Time to put your heads together.", "Let's see if there's a good route for a group!"	Free Spirit	Follow your own path → "Might as well leave them behind for now.", "You'll be a lot more flexible on your own!", "Let's see where your road takes you."
9	"Let's see what else is waiting for you.", "Someone's kicking a lot of dust in the air up ahead.", "A group is carving a path through a challenging part of the trail.", "Wanna join and help them out?", "Or do you wanna brave the challenging part before it is made easier?", "What will it be?"	Philanthropist	Help them make the path → "This path won't make itself!", "This will be hard, but it will make things easier for everyone else!"	Achiever	Take on the challenging trail → "Can't miss out on this chance!", "The climb will be hard, no doubt about it.", "But you will be proud that you made it!"

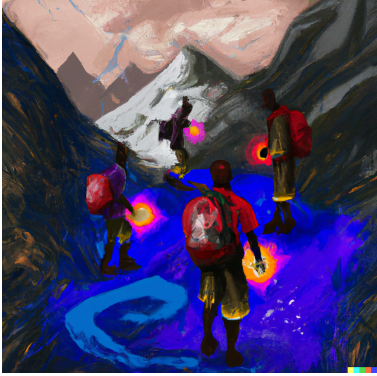
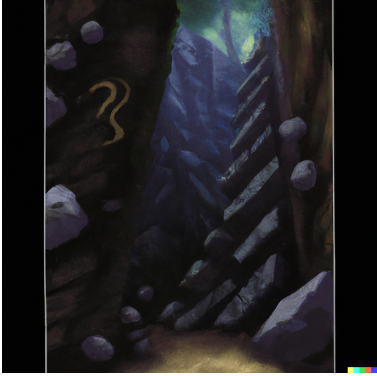
	Σενάριο	Τύπος 1	Επιλογή 1	Τύπος 2	Επιλογή 2
10	"Up next, on the next scenario:", "You see a sign ahead, with rules on how to proceed on the trail.", "Looks like people are following the instructions, forming groups further up.", "It's just a sign though, it can't tell you what to do.", "So, uh, what will you do?"	Socializer	Join the groups → "The sign is probably there for a reason.", "Even if that reason is just to make some new friends!"	Disruptor	Don't follow the sign's rules → "Who cares about the sign anyway?", "Not you!", "Let's see if there are any other rebels out there."
11	"On to the next question!", "There's a team of climbers forming up ahead.", "Wanna join them, have some company for a while?", "You can also just slip past them and go solo.", "What do you say?"	Socializer	Join the team → "Many heads are better than one, right?", "Either way, let's see what they have to say."	Free Spirit	Go solo → "You ain't slowing down for anyone.", "Who knows, you might even find something interesting while going around them.", "Just make sure to stay quiet!"
12	"Onwards then, to the next scenario.", "A few climbers are practicing their wall climbing nearby.", "You could master a few moves here!", "Or just lounge around, see how everyone here is doing.", "What will it be?"	Socializer	Rest and socialize → "Might as well have a chat.", "Gotta save some energy for the actual climb!"	Achiever	Master wall climbing → "The climb can wait, mastering this wall comes first!", "And you get to boast straight away, with all the people around!"
13	"Let's see what's next.", "A heated disagreement has started in your group regarding wall climbing techniques.", "You can break off and follow a different path if you don't want to deal with it.", "But they seem to be in just the right mood for some provoking!", "What will you do?"	Disruptor	Provoke them → "Might as well pour gas in the fire right?", "Just don't do that in an actual fire, ok?", "Forest fires are no joke."	Free Spirit	Go around them → "You all already have the mountain to deal with.", "Can't be dealing with fights as well."

	Σενάριο	Τύπος 1	Επιλογή 1	Τύπος 2	Επιλογή 2
14	- "Pay attention, there's another question coming!", - "A group of climbers is challenging others to climb a certain wall.", - "They are not letting people go on if they don't.", - "You can probably complete their challenge, no sweat.", - "But who are they to not let people pass?", - "What will you do?"	Disruptor	Disregard their rules, pass anyway → - "Yeah, they can't hold you here like this!", - "Why are they stopping people here anyway?"	Achiever	Overcome their challenge → - "Well, there's probably a reason they're doing this.", - "Show them this isn't enough to stop you!"
15	- "Ok, there should be another question here somewhere...", - "Looks like this path ends with a very hard wall climb.", - "No wonder you didn't see many people along it.", - "Do you think you're up for it?", - "You can always look for another way, off the beaten path.", - "What's it gonna be?"	Free Spirit	Explore for another way up → - "There's gotta be another way around.", - "Who knows what you'll find out there!"	Achiever	Overcome this difficult obstacle → - "Yeah, might as well have a story to tell when you reach the next camp!", - "Good luck!"

Πίνακας Α'.2: Συνοδευτικές εικόνες σεναρίων

Σενάριο	Εικόνα	Σενάριο	Εικόνα
1		2	

Σενάριο	Εικόνα	Σενάριο	Εικόνα
3		4	
5		6	
7		8	
9		10	

Σενάριο	Εικόνα	Σενάριο	Εικόνα
11		12	
13		14	
15			

Πίνακας Α'.3: Πιθανοί δευτερεύοντες τύποι επιλογών σεναρίων

Σενάριο	Τύπος επιλογής 1	Πιθανοί δευτερεύοντες τύποι	Τύπος επιλογής 2	Πιθανοί δευτερεύοντες τύποι
1	Player	-	Achiever	-
2	Player	Disruptor	Philanthropist	Socializer
3	Player	Achiever	Socializer	-
4	Player	Achiever	Disruptor	Socializer
5	Player	Socializer	Free Spirit	Achiever
6	Philanthropist	-	Socializer	Player, Free Spirit
7	Philanthropist	Player	Disruptor	Achiever

Σενάριο	Τύπος επιλογής 1	Πιθανοί δευτερε- ύοντες τύποι	Τύπος επιλογής 2	Πιθανοί δευτερε- ύοντες τύποι
8	Philanthropist	Socializer	Free Spirit	Achiever
9	Philanthropist	Socializer, Player	Achiever	Free Spirit
10	Socializer	Philanthropist, Player	Disruptor	Free Spirit, Achiever
11	Socializer	Player	Free Spirit	Disruptor
12	Socializer	Free Spirit	Achiever	Player
13	Disruptor	Achiever, Social- izer	Free Spirit	-
14	Disruptor	Player	Achiever	Free Spirit
15	Free Spirit	-	Achiever	-

Σετ στοιχείων παιχνιδοποίησης δεύτερου τμήματος

Παρακάτω περιγράφονται τα στοιχεία παιχνιδοποίησης που χρησιμοποιήθηκαν στο δεύτερο τμήμα της εργασίας. Στους πίνακες [B'.1](#) και [B'.2](#) βρίσκονται τα σετ M και C βαρών των στοιχείων, μαζί με τους πρωτεύοντες τύπους του κάθε στοιχείου.

- **Badges:** ανταμοιβές για τη χρήση της εφαρμογής με μικρά συλλεκτικά εικονίδια.
- **Leaderboard:** σχετικές ή απόλυτες κατατάξεις των χρηστών με βάση κάποιο κριτήριο σχετικό με την εφαρμογή.
- **Levels:** η ύπαρξη ενός συστήματος προόδου με επίπεδα, όπου ο χρήστης ανταμοίβεται για τη χρήση της εφαρμογής.
- **Challenges:** επιτεύγματα, στόχοι και δοκιμασίες που μπορούν να ολοκληρώσουν οι χρήστες.
- **Exploration:** η δυνατότητα περιήγησης και ανακάλυψης των ορίων του ψηφιακού χώρου της εφαρμογής.
- **Easter Eggs:** η ύπαρξη κρυμμένων αντικειμένων ή ανταμοιβών, ενδεχομένως σε απροσδόκητα τμήματα της εφαρμογής.
- **Innovation Platform:** η ύπαρξη χώρου έκφρασης καινοτόμων ιδεών ή πρότασης αλλαγών για την εφαρμογή.
- **Development Tools:** η δυνατότητα δημιουργίας προσθέτων ή τροποποιήσεων στην εφαρμογή από τους χρήστες, με σκοπό τη βελτίωσή της.
- **Administrative Roles:** η ύπαρξη ρόλων συντονιστή, διαχειριστή ή επιμελητή σε κάποια δομή της εφαρμογής.
- **Gifting:** η δυνατότητα προσφοράς ή αποστολής αντικειμένων σε άλλους χρήστες. Τα αντικείμενα πρέπει να είναι συλλεκτικά ή χρήσιμα για κάποιο σκοπό.
- **Social Discovery:** η ύπαρξη κάποιου τρόπου ανακάλυψης άλλων χρηστών και σύνδεσης χρηστών με βάση κοινά χαρακτηριστικά.

- **Competition:** αναμετρήσεις ή αγώνες με σκοπό κυρίως την αλληλεπίδραση των χρηστών ή την απόκτηση ανταμοιβών.

Πίνακας Β'.1: Σετ Μ βαρών στοιχείων παιχνιδοποίησης

Όνομα Στοιχείου	Πρωτεύων τύπος Hexad	Βάρη τύπων Hexad
Badges	Player	Player: 100, Achiever: 25
Leaderboard	Player	Player: 100, Achiever: 25, Socializer: 25, Philanthropist: 25
Levels	Achiever	Achiever: 100, Player: 50
Challenges	Achiever	Player: 100, Achiever: 25
Exploration	Free Spirit	Free Spirit: 100
Easter Eggs	Free Spirit	Free Spirit: 100, Player: 25
Innovation Platform	Disruptor	Disruptor: 100
Development Tools	Disruptor	Disruptor: 100, Free Spirit: 25
Administrative Roles	Philanthropist	Philanthropist: 100, Socializer: 25
Gifting	Philanthropist	Philanthropist: 100
Social Discovery	Socializer	Socializer: 100, Philanthropist: 25
Competition	Socializer	Socializer: 100, Player: 50

Πίνακας Β'.2: Σετ C βαρών στοιχείων παιχνιδοποίησης

Όνομα Στοιχείου	Πρωτεύων τύπος Hexad	Βάρη τύπων Hexad
Badges	Player	Player: 48.6, Achiever: 37.8, Socializer: 28.8
Leaderboard	Player	Player: 54.0, Disruptor: 30.6, Socializer: 36.0
Levels	Achiever	Player: 54.0, Achiever: 43.2, Socializer: 30.6, Free Spirit: 36.0
Challenges	Achiever	Player: 57.6, Achiever: 82.8, Disruptor: 37.8, Free Spirit: 73.8
Exploration	Free Spirit	Free Spirit: 63.0
Easter Eggs	Free Spirit	Player: 28.8, Disruptor: 27.0, Socializer: 25.2, Free Spirit: 45.0
Innovation Platform	Disruptor	Player: 30.6, Disruptor: 57.6
Development Tools	Disruptor	Player: 25.2, Disruptor: 52.2
Administrative Roles	Philanthropist	Philanthropist: 45.0, Disruptor: 36.0
Gifting	Philanthropist	Player: 37.8, Philanthropist: 54.0, Socializer: 28.8
Social Discovery	Socializer	Player: 39.6, Disruptor: 32.4, Socializer: 36.0
Competition	Socializer	Player: 43.2, Achiever: 28.8, Disruptor: 57.6, Socializer: 39.6, Free Spirit: 45.0

Βιβλιογραφία

- [1] Juho Hamari, Jonna Koivisto και Harri Sarsa. *Does Gamification Work? - A Literature Review of Empirical Studies on Gamification*. 2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences, σελίδες 3025-3034, 2014.
- [2] Sebastian Deterding, Dan Dixon, Rilla Khaled και Lennart Nacke. *From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification"*. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, MindTrek '11, σελίδα 9-15, New York, NY, USA, 2011. Association for Computing Machinery.
- [3] Gabe Zichermann και Christopher Cunningham. *Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps*. " O'Reilly Media, Inc.", 2011.
- [4] Juho Hamari και Jonna Koivisto. *Why do people use gamification services?* *International Journal of Information Management*, 35(4):419-431, 2015.
- [5] Martin Böckle, Jasminko Novak και Markus Bick. *Towards adaptive gamification: a synthesis of current developments*. In *Proceedings of the 25th European Conference on Information Systems (ECIS)*, Guimaraes, Portugal, 2017.
- [6] Stuart Hallifax, Audrey Serna, Jean Charles Marty και Élise Lavoué. *Adaptive gamification in education: A literature review of current trends and developments*. *Transforming Learning with Meaningful Technologies: 14th European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2019, Delft, The Netherlands, September 16-19, 2019, Proceedings 14*, σελίδες 294-307. Springer, 2019.
- [7] Michael I Jordan και Tom M Mitchell. *Machine learning: Trends, perspectives, and prospects*. *Science*, 349(6245):255-260, 2015.
- [8] Alireza Khakpour και Ricardo Colomo-Palacios. *Convergence of gamification and machine learning: A systematic literature review*. *Technology, Knowledge and Learning*, 26(3):597-636, 2021.
- [9] Jonna Koivisto και Juho Hamari. *The rise of motivational information systems: A review of gamification research*. *International Journal of Information Management*, 45:191-210, 2019.
- [10] Richard N Landers και Sebastian Marin. *Redesigning job tasks and work itself through workplace gamification: A review, research agenda, and recommendations for practice*. *Organizational Gamification*, σελίδες 63-89, 2021.
- [11] Benedikt Morschheuser, Juho Hamari, Jonna Koivisto και Alexander Maedche. *Gamified crowdsourcing: Conceptualization, literature review, and future agenda*. *International Journal of Human-Computer Studies*, 106:26-43, 2017.
- [12] Sofia Schöbel, Andreas Janson, Katharina Jahn, Bastian Kordyaka, Ozgur Turetken, Naza Djafarova, Mohammed Saqr, Dezhi Wu, Matthias Söllner, Martin Adam και others. *A research agenda for the why, what, and how of gamification designs: Outcomes of an ECIS 2019 panel*. *Communications of the association for information systems*, 46(1):30, 2020.

- [13] Jemma Looyestyn, Jocelyn Kernot, Kobie Boshoff, Jillian Ryan, Sarah Edney και Carol Maher. *Does gamification increase engagement with online programs? A systematic review*. *PloS one*, 12(3):ε0173403, 2017.
- [14] Fahrur Rozi, Yusep Rosmansyah και Budiman Dabarsyah. *A Systematic Literature Review on Adaptive Gamification: Components, Methods, and Frameworks*. 2019 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI), σελίδες 187–190, 2019.
- [15] María Dalponte Ayastuy, Diego Torres και Alejandro Fernández. *A Model of Adaptive Gamification in Collaborative Location-Based Collecting Systems*. Artificial Intelligence in HCI: 3rd International Conference, AI-HCI 2022, Held as Part of the 24th HCI International Conference, HCII 2022, Virtual Event, June 26–July 1, 2022, Proceedings, σελίδες 201–216. Springer, 2022.
- [16] Inmaculada Rodríguez, Anna Puig και Àlex Rodríguez. *Towards Adaptive Gamification: A Method Using Dynamic Player Profile and a Case Study*. *Applied Sciences*, 12(1), 2022.
- [17] Antti Knutas, Rob Van Roy, Timo Hynninen, Marco Granato, Jussi Kasurinen και Jouni Ikonen. *A process for designing algorithm-based personalized gamification*. *Multimedia Tools and Applications*, 78:13593–13612, 2019.
- [18] Baptiste Monterrat, Élise Lavoué και Sébastien George. *Adaptation of Gaming Features for Motivating Learners*. *Simulation & Gaming*, 48(5):625–656, 2017.
- [19] Richard Bartle. *Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit MUDs*. *Journal of MUD research*, 1(1):19, 1996.
- [20] Lennart E. Nacke, Chris Bateman και Regan L. Mandryk. *BrainHex: A neurobiological gamer typology survey*. *Entertainment Computing*, 5(1):55–62, 2014.
- [21] Stuart Hallifax, Audrey Serna, Jean Charles Marty, Guillaume Lavoué και Elise Lavoué. *Factors to consider for tailored gamification*. *Proceedings of the annual symposium on computer-human interaction in play*, σελίδες 559–572, 2019.
- [22] Marc Busch, Elke Mattheiss, Rita Orji, Peter Fröhlich, Michael Lankes και Manfred Tscheligi. *Player type models: Towards empirical validation*. *Proceedings of the 2016 CHI conference extended abstracts on human factors in computing systems*, σελίδες 1835–1841, 2016.
- [23] A. Marczewski. *Even Ninja Monkeys Like to Play: Gamification, Game Thinking and Motivational Design*. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015.
- [24] R.M. Ryan και E.L. Deci. *Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness*. Self-determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness. Guilford Publications, 2018.
- [25] Edward L. Deci, Haleh Eghrari, Brian C. Patrick και Dean R. Leone. *Facilitating Internalization: The Self-Determination Theory Perspective*. *Journal of Personality*, 62(1):119–142, 1994.
- [26] Gustavo F Tondello, Rina R Wehbe, Lisa Diamond, Marc Busch, Andrzej Marczewski και Lennart E Nacke. *The gamification user types hexad scale*. *Proceedings of the 2016 annual symposium on computer-human interaction in play*, σελίδες 229–243, 2016.
- [27] Ana Carolina Tomé Klock, Isabela Gasparini, Marcelo Soares Pimenta και Juho Hamari. *Tailored gamification: A review of literature*. *International Journal of Human-Computer Studies*, 144:102495, 2020.

- [28] Ιωάννης Βλαχαβάς, Πέτρος Κεφαλάς, Νικόλαος Βασιλειάδης, Φώτης Κόκκορας και Ηλίας Σακελλαρίου. *Τεχνητή Νοημοσύνη*. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη, 2020. Δ' Έκδοση.
- [29] Shai Shalev-Shwartz και Shai Ben-David. *Understanding machine learning: From theory to algorithms*. Cambridge University Press, 2014.
- [30] Κωνσταντίνος Διαμανταράς και Δημήτρης Μπότοσης. *Μηχανική Μάθηση*. Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα, 2019.
- [31] Ioannis C. Konstantakopoulos, Andrew R. Barkan, Shiyang He, Tanya Veeravalli, Huihan Liu και Costas Spanos. *A deep learning and gamification approach to improving human-building interaction and energy efficiency in smart infrastructure*. *Applied Energy*, 237:810–821, 2019.
- [32] Christian López και Conrad Tucker. *Toward Personalized Adaptive Gamification: A Machine Learning Model for Predicting Performance*. *IEEE Transactions on Games*, 12(2):155–168, 2020.
- [33] Gabriel Barata, Sandra Gama, Joaquim Jorge και Daniel Gonçalves. *Gamification for smarter learning: tales from the trenches*. *Smart Learning Environments*, 2:1–23, 2015.
- [34] Amjed Abu Saa, Mostafa Al-Emran και Khaled Shaalan. *Factors affecting students' performance in higher education: a systematic review of predictive data mining techniques*. *Technology, Knowledge and Learning*, 24:567–598, 2019.
- [35] Rodrigo Monteiro de Lima, Arakende Medeiros Santos, Francisco Milton Mendes Neto, Ademmar França de Sousa Neto, Felipe César Pinheiro Leão, Francisco Tailâniode Macedo και Anne Magalyde Paula Canuto. *A 3D serious game for medical students training in clinical cases*. *2016 IEEE International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, σελίδες 1–9, 2016.
- [36] Sourav Suresh, Varun Nagaraj Rao και Gowri Srinivasa. *Gamification of a Visual Question Answer System*. *2018 IEEE Tenth International Conference on Technology for Education (T4E)*, σελίδες 41–44, 2018.
- [37] Alexandra L'Heureux, Katarina Grolinger, Wilson A. Higashino και Miriam A.M. Capretz. *A Gamification Framework for Sensor Data Analytics*. *2017 IEEE International Congress on Internet of Things (ICIOT)*, σελίδες 74–81, 2017.
- [38] Wei Li, Farnaz Abtahi, Christina Tsangouri και Zhigang Zhu. *Towards an "In-the-Wild" Emotion Dataset Using a Game-Based Framework*. *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, σελίδες 1526–1534, 2016.
- [39] Brian Murphy, Andrea Aleni, Brahim Belaoucha, John Dyer και Hugh Nolan. *Quantifying cognitive aging and performance with at-home gamified mobile EEG*. *2018 International Workshop on Pattern Recognition in Neuroimaging (PRNI)*, σελίδες 1–4, 2018.
- [40] Sraddhanjali Acharya, Richard Matovu, Abdul Serwadda και Isaac Griswold-Steiner. *Gamification of Wearable Data Collection: A Tool for Both Friend and Foe*. *Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Compute and Data Analysis, ICCDA 2019*, σελίδα 68–77, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [41] Bawornsak Sakulkueakulsuk, Siyada Witoon, Potiwat Ngarmkajornwiwat, Pornpen Pataranutaporn, Werasak Surareungchai, Pat Pataranutaporn και Pakpoom Subsoontorn. *Kids making AI: Integrating Machine Learning, Gamification, and Social Context in STEM Education*. *2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, σελίδες 1005–1010, 2018.

- [42] Tamilla Triantoro, Ram Gopal, Raquel Benbunan-Fich και Guido Lang. *Would you like to play? A comparison of a gamified survey with a traditional online survey method*. *International Journal of Information Management*, 49:242–252, 2019.
- [43] Florian Keusch και Chan Zhang. *A review of issues in gamified surveys*. *Social Science Computer Review*, 35(2):147–166, 2017.
- [44] Maximilian Altmeyer, Gustavo F. Tondello, Antonio Krüger και Lennart E. Nacke. *HexArcade: Predicting Hexad User Types By Using Gameful Applications*. *Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play, CHI PLAY '20*, σελίδα 219–230, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery.
- [45] Johannes Harms, Christoph Wimmer, Karin Kappel και Thomas Grechenig. *Gamification of Online Surveys: Conceptual Foundations and a Design Process Based on the MDA Framework*. *Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational*, NordiCHI '14, σελίδα 565–568, New York, NY, USA, 2014. Association for Computing Machinery.
- [46] Johannes Harms, Stefan Biegler, Christoph Wimmer, Karin Kappel και Thomas Grechenig. *Gamification of Online Surveys: Design Process, Case Study, and Evaluation*. *Human-Computer Interaction - INTERACT 2015* Julio Abascal, Simone Barbosa, Mirko Fetter, Tom Gross, Philippe Palanque και Marco Winckler, επιμελητές, σελίδες 219–236, Cham, 2015. Springer International Publishing.
- [47] Robin Hunicke, Marc LeBlanc, Robert Zubek και others. *MDA: A formal approach to game design and game research*. *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI*, τόμος 4, σελίδα 1722. San Jose, CA, 2004.
- [48] Caroline Jarrett και Gerry Gaffney. *Forms that work: Designing Web forms for usability*. Morgan Kaufmann, 2009.
- [49] Eya Chtouka, Wided Guezguez και Nahla Ben Amor. *Reinforcement Learning for New Adaptive Gamified LMS*. *Digital Economy. Emerging Technologies and Business Innovation* Rim Jallouli, Mohamed Anis Bach Tobji, Deny Bélisle, Sehl Mellouli, Farid Abdallah και Ibrahim Osman, επιμελητές, σελίδες 305–314, Cham, 2019. Springer International Publishing.
- [50] Lamyae Sardi, Ali Idri και José Luis Fernández-Alemán. *A systematic review of gamification in e-Health*. *Journal of Biomedical Informatics*, 71:31–48, 2017.
- [51] Sofia Schhbel, Matthias SSllner και Jan Marco Leimeister. *The Agony of Choice Analyzing User Preferences Regarding Gamification Elements in Learning Management Systems*. *SSRN Electronic Journal*, 2016.
- [52] Ana Cláudia Guimarães Santos, Wilk Oliveira, Juho Hamari και Seiji Isotani. *Do people's user types change over time? An exploratory study*. *CoRR*, αβσ/2106.10148, 2021.
- [53] Andrzej Marczewski. *Marczewskis Gamification User Type Analysis Tool - Reversed*.
- [54] Jeanine Krath, Maximilian Altmeyer, Gustavo F. Tondello και Lennart E. Nacke. *Hexad-12: Developing and Validating a Short Version of the Gamification User Types Hexad Scale*. *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '23*, New York, NY, USA, 2023. Association for Computing Machinery.

Συντομογραφίες - Αρκτικόλεξα - Ακρωνύμια

π.χ.	παραδείγματος χάρη
MM	Μηχανική Μάθηση
(Σ.)Προ.Π.Ε.Μ.	(Σύστημα) Προσαρμογής Παιχνιδοποίησης με Ενισχυτική Μάθηση
SDT	Self-Determination Theory
MOOC	Massive Online Open Course
MUD	Multi-User Dungeon
MDP	Markov Decision Process
MDA	Mechanics, Dynamics, Aesthetics
AHP	Adjusted Hexad Profile
GE	gamification element

Απόδοση ξενόγλωσσων όρων

Απόδοση

παιχνιδοποίηση
προσαρμοστική παιχνιδοποίηση
παιχνιδιακή σχεδίαση
Μαρκοβιανή διαδικασία αποφάσεων
ικανότητα
συγγένεια, συνάφεια, συντροφικότητα
αυτονομία
σκοπός
νόημα
πολιτική
στοιχείο παιχνιδοποίησης
Μηχανισμοί, Δυναμική, Αισθητική
επίπεδο Σχέσης
επίπεδο Διαλόγου
επίπεδο Παρουσιαστικού

Ξενόγλωσσος όρος

gamification
adaptive gamification
playful design
Markov Decision Process
competence
relatedness
autonomy
purpose
meaning
policy
gamification element
Mechanics, Dynamics, Aesthetics
Relationship layer
Conversation layer
Appearance layer

Ευρετήριο ελληνικών όρων

Αισθητική, 39
Αισθητική Έκφρασης, 40
Αισθητική Αφήγησης, 40
Αισθητική Πίεσης Χρόνου, 40
Απόκλιση προφίλ Hexad, 69
Απώλεια Ανταμοιβής, 69
αβεβαιότητα απαντήσεων χρήστη, 50
ακρίβεια, 69
ακρίβεια, προσαρμοσμένη, 75

Βασική Ανταμοιβή, 45

Δυναμική, 41
διάνυσμα Προτίμησης, 47
δράστης, Best of X, 50
δράστης, Έψιλον, 50
δράστης, Βασικός, 49
δράστης, με Επίγνωση Κοπώσεως, 50
διάνυσμα βαρών Hexad, 45

εκμετάλλευση, 31
εξερεύνηση, 31
επίπεδο Διαλόγου, 41, 44

επίπεδο Παρουσιαστικού, 44
επίπεδο Σχέσης, 39
επανεκπαίδευση, 49
επιβλεπόμενη μάθηση, 30

Κόπωση, 48

Μαρκοβιανές διαδικασίες αποφάσεων, 31
Μηχανισμοί, 44
μη επιβλεπόμενη μάθηση, 30
μηχανική μάθηση, 30

Ποινή Επανάληψης, 46
Προσαρμοσμένο Προφίλ Hexad, 47
παιχνιδοποίηση, 27
προσαρμοστική παιχνιδοποίηση, 28
προσομοίωση απαντήσεων χρήστη, 50

σετ βαρών στοιχείων παιχνιδοποίησης, 60

Τίποτα, 45
τελική ανταμοιβή, 46
τυπολογίες χρηστών-παικτών, 28
τύπος χρήστη Hexad, 29

Ευρετήριο ξενόγλωσσων όρων

adaptive gamification, [28](#)
Adjusted Hexad Profile, [47](#)
Aesthetics, [39](#)
agent, Basic, [49](#)
agent, Best of X, [50](#)
agent, Epsilon, [50](#)
agent, Fatigue-Aware, [50](#)
Appearance layer, [44](#)

Bartle's Taxonomy, [29](#)
BrainHex, [29](#)

class, AGAgent, [59](#)
class, gamification_element, [60](#)
class, GamificationPreferenceEnv, [58](#)
class, Option, [54](#)
class, Scenario, [54](#)
Conversation Layer, [41](#)

Dart, [53](#)
Dynamics, [41](#)

Fatigue, [48](#)
Flutter, [53](#)

gamification, [27](#)
Gymnasium, [57](#)

Hexad, [29](#)
Hexad load vector, [45](#)
Hexad Mountain, [53](#)
Hexad Preference, [47](#)

machine learning, [30](#)
Mechanics, [44](#)

Nothing, [45](#)

power-ups, [43](#)

Relationship layer, [39](#)
Repetition Penalty, [46](#)
retraining, [49](#)

