



Σχολή Θετικών Επιστημών

Μεταπτυχιακή Εξειδίκευση στα Πληροφοριακά Συστήματα

Διπλωματική Εργασία

Ανάπτυξη Πράκτορα Τεχνητής Νοημοσύνης με Τεχνικές
Παραγωγικής Τεχνητής Νοημοσύνης για Υποστήριξη Χρηστών σε
Πλατφόρμα Παιγνιδιών Στρατηγικής

Αθανάσιος Μίγκος

Επιβλέπων καθηγητής: Δρ. Δημήτριος Καλλές
Συνεπιβλέπουσα καθηγήτρια: Δρ. Ροδάνθη Τσώνη

Πάτρα, Ιούνιος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Αθανασίου Μίγκου που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Ανάπτυξη Πράκτορα Τεχνητής Νοημοσύνης με Τεχνικές
Παραγωγικής Τεχνητής Νοημοσύνης για Υποστήριξη Χρηστών σε
Πλατφόρμα Παιγνιδιών Στρατηγικής

Αθανάσιος Μίγκος

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων καθηγητής:

Δρ. Δημήτριος Καλλές

Καθηγητής Σχολής Θετικών Επιστημών, ΕΑΠ

Συνεπιβλέπουσα καθηγήτρια:

Δρ. Ροδάνθη Τσώνη

Διδάκτωρ Σχολής Θετικών Επιστημών, ΕΑΠ

Πάτρα, Ιούνιος 2026



*Αθανάσιος Μήγκος, Ανάπτυξη Πράκτορα Τεχνητής Νοημοσύνης με
Τεχνικές Παραγωγικής Τεχνητής Νοημοσύνης για Υποστήριξη
Χρηστών σε Πλατφόρμα Παιγνιδιών Στρατηγικής*

Στον Κώστα και την Κωνσταντία. Στην Κωνσταντία και τον Κώστα.

Ευχαριστίες

Με την περάτωση της παρούσας θα ήθελα να ευχαριστήσω:

- Τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Δημήτριο Καλλέ, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση του θέματος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, και την αποδοχή των προτεινόμενων επεκτάσεων του αρχικού αντικειμένου της.
- Τον κ. Διονύσιο Σκλαβενίτη, Υποψήφιο Διδάκτορα της Σχολής Θετικών Επιστημών του ΕΑΠ, για την ουσιαστική καθοδήγηση και τη συνεχή υποστήριξή του καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας. Η άμεση ανταπόκρισή του, η σχολαστική επισκόπηση της δουλειάς μου, η προσοχή στη λεπτομέρεια και η διαρκής προθυμία του να βοηθήσει συνέβαλαν καθοριστικά στην παραγωγή του βέλτιστου δυνατού αποτελέσματος.
- Την οικογένειά μου, και ιδιαίτερα:
 - Τον θείο μου, Δρ. Ζήση Φωτάκη, Επίκουρο Καθηγητή Ναυτικής Ιστορίας στη Σχολή Ναυτικών Δοκίμων, για την εμπύχωση και την έμπρακτη στήριξή του σε αυτή μου την προσπάθεια,
 - Τη μητέρα μου, Μαρία Φωτάκη, και τη γιαγιά μου, Κωνσταντία Φωτάκη, ως ελάχιστη ένδειξη ευγνωμοσύνης για την ανιδιοτελή και αδιάκοπη αγάπη, τη στήριξη και τον αδιάλειπτο κόπο τους όλα αυτά τα χρόνια.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την επέκταση της πλατφόρμας RLGame, ενός οικοσυστήματος παιγνιδιού στρατηγικής δύο παικτών που αξιοποιείται ως περιβάλλον πειραματισμού με τεχνικές Τεχνητής Νοημοσύνης με έμφαση στην Ενισχυτική Μάθηση (Reinforcement Learning). Αντικείμενο της εργασίας είναι η μετατροπή της πλατφόρμας από ένα λειτουργικό αλλά τεχνικά απαιτητικό ερευνητικό πρωτότυπο σε ένα πιο προσβάσιμο, υποστηρίξιμο και επεκτάσιμο σύστημα, μέσω της ενσωμάτωσης σύγχρονων τεχνικών Παραγωγικής Τεχνητής Νοημοσύνης και μηχανισμών υποστήριξης χρηστών.

Κεντρική συνεισφορά της εργασίας αποτελεί η ανάπτυξη και ενσωμάτωση Πράκτορα Τεχνητής Νοημοσύνης στη δικτυακή διεπαφή του RLGame. Ο πράκτορας παρέχει δυναμική καθοδήγηση σε φυσική γλώσσα, υποστηρίζοντας τους χρήστες κατά τη χρήση της πλατφόρμας. Η λειτουργία του επεκτείνεται πέρα από την παροχή στατικών οδηγιών, καθώς συνδέεται με επιλεγμένα εργαλεία μέσω του Model Context Protocol, επιτρέποντας ελεγχόμενη εκτέλεση ενεργειών βάσει ρόλων και δικαιωμάτων. Παράλληλα, υλοποιήθηκε ο RLGameLauncher για την απλοποίηση της εγκατάστασης και εκκίνησης των επιμέρους υποσυστημάτων, ενώ προστέθηκαν μηχανισμοί διαχείρισης χρηστών, δομημένης καταγραφής συμβάντων, τηλεμετρίας και συνεργατικής επικοινωνίας μέσω ενσωματωμένων φόρα.

Η αξιολόγηση της υλοποίησης βασίστηκε σε λειτουργικά σενάρια ελέγχου που εξέτασαν την εκκίνηση της πλατφόρμας, τη λειτουργία του πράκτορα TN, την εκτέλεση εργαλείων MCP, την εφαρμογή δικαιωμάτων χρηστών, καθώς και την παραγωγή καταγραφών και στατιστικών χρήσης. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν ότι οι νέες δυνατότητες ενσωματώνονται επιτυχώς στο RLGame, βελτιώνοντας τη χρηστικότητα, τη διαχειρισσιμότητα, την παρατηρησιμότητα και τη δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης της πλατφόρμας.



*Αθανάσιος Μίγκος, Ανάπτυξη Πράκτορα Τεχνητής Νοημοσύνης με
Τεχνικές Παραγωγικής Τεχνητής Νοημοσύνης για Υποστήριξη
Χρηστών σε Πλατφόρμα Παιγνιδιών Στρατηγικής*

Λέξεις – Κλειδιά

Πρακτορική Τεχνητή Νοημοσύνη, Model Context Protocol, Παιγνίδια Ενισχυτικής Μάθησης

Design and Development of a Generative AI Agent for User Support in a Strategy Game Platform

Athanassios Migkos

Abstract

This thesis focuses on extending RLGame, a two-player strategy game ecosystem used as an experimental environment for Artificial Intelligence and Reinforcement Learning techniques. The aim of the work is to evolve the platform from a functional yet technically demanding research prototype into a more accessible, maintainable, and extensible system, by integrating modern Generative Artificial Intelligence techniques and user support mechanisms.

The main contribution of the thesis is the design and integration of an Artificial Intelligence Agent into the RLGame web interface. The agent provides dynamic natural language guidance, assisting users during the installation, configuration, and use of the platform. Its functionality is not limited to static instructions; through the Model Context Protocol, it can interact with selected tools and perform controlled actions according to user roles and permissions. In addition, RLGameLauncher was developed to simplify the installation and startup of the platform's subsystems, while mechanisms for user management, structured logging, telemetry, and collaborative communication through integrated forums were also introduced.

The implementation was evaluated through functional test scenarios covering platform startup, AI agent operation, MCP tool execution, user permission enforcement, and the generation of logs and usage statistics. The results show that the new features are successfully integrated into RLGame, improving the platform's usability, manageability, observability, and capacity for future extension.

Keywords

Agentic Artificial Intelligence, Model Context Protocol, Reinforcement Learning Games

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	v
Περίληψη.....	vi
Abstract.....	viii
Περιεχόμενα.....	ix
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων.....	xii
Κατάλογος Πινάκων.....	xiv
Συντομογραφίες και Ακρωνύμια.....	xv
1. Εισαγωγή.....	1
1.1. Προγενέστερες υλοποιήσεις και εξέλιξη του RLGame.....	2
1.1.1. Αρχικές υλοποιήσεις και διαμόρφωση του βασικού παιχνιδιού.....	2
1.1.2. Διαδικτυακή, εκπαιδευτική και πειραματική αξιοποίηση.....	3
1.1.4. Επέκταση λειτουργικότητας και υποστήριξη υπολογιστικών πειραμάτων.....	3
1.1.4. Διαδικτυακές και φορητές υλοποιήσεις.....	4
1.1.4. Αρθρωτές υλοποιήσεις και επέκταση σε διαφορετικά παιχνίδια.....	4
1.1.4. Μετάβαση σε οικοσύστημα παιχνιδιών στρατηγικής (Γιαγτζόγλου, 2017).	5
1.1.5. Έκδοση βάσης.....	5
1.2.1. Δομή πηγαίου κώδικα Έκδοσης Βάσης RLGame.....	6
1.2.2. Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	7
1.2.3. Γενική ροή χρήσης.....	8
1.3. Αντικείμενο μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας.....	9
2. Βασικά θεωρητικά στοιχεία.....	13
2.1. Τεχνικό χρέος.....	13
2.2. Στοιχεία παρατηρησιμότητας.....	13
2.2.1. Καταγραφή συμβάντων.....	14
2.2.2. Τηλεμετρία εφαρμογών.....	14
2.3. Έλεγχος πρόσβασης βάσει ρόλων.....	15
2.4. Τεχνητά νευρωνικά δίκτυα.....	15
2.5. Μεγάλα γλωσσικά μοντέλα.....	15
2.6. Πρακτορική τεχνητή νοημοσύνη.....	16
2.7. Model Context Protocol (MCP).....	16
2.8. Φόρα διαδικτυακών συζητήσεων.....	17
2.9. Υπολογιστικά υποστηριζόμενη συνεργατική εργασία.....	17
3. Υλοποίηση RLGameLauncher.....	19
3.1. Μεθοδολογία ανάπτυξης.....	19
3.2. Αναγκαιότητα - προβληματικά σημεία έκδοσης βάσης.....	20
3.2.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά και ροή εκτέλεσης.....	22
4. Αναδιάταξη και αισθητική αναβάθμιση δικτυακής διεπαφής.....	24
5. Ενσωμάτωση πράκτορα τεχνητής νοημοσύνης στο RLGame.....	27
5.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά και στοιχεία υλοποίησης.....	28

5.2. Αλλαγή σχήματος κεντρικής βάσης δεδομένων χρηστών.....	28
5.3. Προσθήκη οθόνης διαχείρισης χρηστών και δικαιωμάτων MCP εργαλείων	30
5.4. Υλοποίηση MCP πράκτορα στον RLGameEcoServer.....	30
5.4.1. Αρχιτεκτονική.....	32
5.4.2. Ροή ενεργειών πράκτορα.....	33
5.4.3. Ενδεικτική εργαλειοθήκη MCP.....	34
6. Ενσωμάτωση φόρα συζήτησης χρηστών και συνεργατικής ανάπτυξης.....	35
6.1. Φόρουμ συζήτησης χρηστών.....	35
6.1.1. Αλλαγή σχήματος κεντρικής βάσης δεδομένων.....	36
6.2. Φόρουμ συνεργατικής ανάπτυξης.....	36
7. Βελτίωση παρατηρησιμότητας.....	38
7.1. Ενσωμάτωση συστήματος δομημένης καταγραφής συμβάντων.....	38
7.2. Ενσωμάτωση συστήματος τηλεμετρίας.....	39
8. Περιορισμοί / παραδοχές.....	41
8.1. RLGameLauncher.....	41
8.2. Σύστημα καταγραφής συμβάντων.....	41
8.3. Σύστημα τηλεμετρίας.....	42
8.4. Πράκτορας τεχνητής νοημοσύνης και MCP υποσύστημα.....	42
8.5. Διαχείριση χρηστών και δικαιωμάτων.....	42
8.6. Φόρουμ συζήτησης χρηστών.....	43
8.7. Φόρουμ συνεργατικής ανάπτυξης.....	43
9. Αξιολόγηση υλοποίησης και σενάρια ελέγχου.....	44
9.1. Σκοπός της αξιολόγησης.....	44
9.2. Περιβάλλον ελέγχου.....	44
9.2.1. Λειτουργικό σύστημα.....	45
9.2.2. Εκδόσεις Python, Java/JDK και βάσης δεδομένων.....	45
9.2.3. Περιορισμοί περιβάλλοντος ελέγχου.....	45
9.3. Προκαταρκτικοί έλεγχοι βασικής λειτουργίας (sanity tests).....	46
9.3.1. Εκκίνηση του RLGameLauncher με ελλειπείς εξαρτήσεις (ST-1).....	46
9.3.2. Εκκίνηση RLGameLauncher με πλήρεις εξαρτήσεις (ST-2).....	48
9.3.3. Αρχικοποίηση RLGame - εκκίνηση server, web client και avatar client (ST-3)	49
9.3.4. Είσοδος με λανθασμένα διαπιστευτήρια (ST-4).....	52
9.3.5. Χρήση του Πράκτορα TN ελλείψει LLM (ST-5).....	53
9.3.6. Πλήρης βασική ροή παιχνιδιού με avatar (ST-6).....	54
9.4. Σενάρια ελέγχου οθόνης διαχείρισης χρηστών και δικαιωμάτων εκτέλεσης MCP εργαλείων.....	56
9.4.1. Δημιουργία χρήστη (FT-1).....	56
9.4.2. Τροποποίηση χρήστη (FT-2).....	56
9.5. Σενάρια ελέγχου πράκτορα TN - MCP εξυπηρετητή, καταγραφών και τηλεμετρίας.....	57
9.5.1. Παροχή δυναμικών οδηγιών χρήσης (FT-3).....	57
9.5.2. Κλήση εργαλείων από τον πράκτορα TN και επιβεβαίωση στα αρχεία καταγραφής και τηλεμετρίας (FT-4).....	58

9.5.3. Έλεγχος εφαρμογής δικαιωμάτων εκτέλεσης εργαλείων (FT-5).....	62
9.6. Σενάρια ελέγχου ενσωματωμένων φόρα.....	63
9.6.1. Έλεγχος φόρουμ συζήτησης χρηστών (FT-6).....	63
9.6.2. Έλεγχος φόρουμ συνεργατικής ανάπτυξης (FT-7).....	65
9.7. Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων ελέγχου.....	67
9.8. Συζήτηση ευρημάτων.....	68
10. Επίλογος.....	69
10.1. Συμπεράσματα.....	69
10.2. Μελλοντικές κατευθύνσεις.....	70
10.2.1. Ενίσχυση των μηχανισμών ασφάλειας.....	70
10.2.2. Επέκταση της MCP εργαλειοθήκης.....	70
10.2.3. Αξιολόγηση με πραγματικούς χρήστες και έλεγχοι φόρτου.....	70
10.2.4. Επέκταση συμβατότητας.....	70
Βιβλιογραφία.....	72
Παράρτημα Α: Τεχνικά Στοιχεία Πηγαίου Κώδικα RLGame Launcher.....	74
Παράρτημα Β: Τεχνικά Στοιχεία Πράκτορα TN.....	76
B.1. Δομή και τεχνικά στοιχεία MCP υποσυστήματος.....	76
B.2. Σχήμα δήλωσης εργαλείων.....	76
Παράρτημα Γ: Τεχνικά Στοιχεία Παρατηρησιμότητας.....	79
Γ.1. Δομή και τεχνικά στοιχεία υποσυστήματος δομημένης καταγραφής συμβάντων.....	79
Γ.1.1. Σχήμα δομημένης καταγραφής.....	79
Γ.2. Δομή και τεχνικά στοιχεία υποσυστήματος τηλεμετρίας.....	84
Γ.2.1. Σχήμα τηλεμετρίας.....	86
Παράρτημα Δ: Δομή αρχείων πηγαίου κώδικα των φόρα.....	95

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 1-1: Το ταμπλώ του RLGame (αριστερά) και οι δυνατές κινήσεις των πιονιών (δεξιά) (Βασιλόπουλος, 2019).....	2
Εικόνα 4-1(α): Άποψη της αρχικής οθόνης πριν την αναδιάταξη - αισθητική αναβάθμιση.....	22
Εικόνα 4-1(β): Άποψη της αρχικής οθόνης μετά την αναδιάταξη - αισθητική αναβάθμιση.....	22
Εικόνα 4-2: Άποψη της οθόνης κεντρικού μενού.....	23
Εικόνα 5-1: Άποψη του πράκτορα τεχνητής νοημοσύνης.....	24
Εικόνα 6-1: Άποψη του φόρουμ συζήτησης χρηστών.....	32
Εικόνα 9-1: Εκτέλεση του εκκινητή σε Windows με αυτόματη εγκατάσταση εξαρτίσεων.....	44
Εικόνα 9-2: Εκτέλεση του εκκινητή μέσω τερματικού σε Ubuntu με αυτόματη εγκατάσταση εξαρτίσεων.....	44
Εικόνα 9-3: Εκτέλεση του εκκινητή γραφικά σε Ubuntu με αυτόματη εγκατάσταση εξαρτίσεων.....	45
Εικόνα 9-4: Εκτέλεση του εκκινητή σε Windows με πλήρεις εξαρτίσεις.....	45
Εικόνα 9-5: Εκτέλεση του εκκινητή σε Ubuntu με πλήρεις εξαρτίσεις.....	46
Εικόνα 9-6: Ο ριζικός φάκελος πριν την αρχικοποίηση (αριστερά) και μετά (δεξιά). 48	
Εικόνα 9-7: Δοκιμή εκκίνησης και εισόδου RLGame.....	48
Εικόνα 9-8: Δοκιμή απενεργοποίησης υπηρεσιών παρασκηνίου με ενεργή τη δικτυακή διεπαφή.....	49
Εικόνα 9-9: Δοκιμή εισόδου στο σύστημα με λανθασμένα στοιχεία (αριστερά) και η απόρριψη της σύνδεσης από το σύστημα (δεξιά).....	50
Εικόνα 9-10: Δοκιμές κλήσης εργαλείου εκτός σύνδεσης (αριστερά) και με το LLM μη ρυθμισμένο (δεξιά).....	51
Εικόνα 9-11(α): Παραμετροποίηση παιγνιδιού πριν τη δημιουργία του.....	52
Εικόνα 9-11(β): Προετοιμασία εισόδου στο παιγνίδι.....	52
Εικόνα 9-11(γ): Στιγμιότυπα διεξαγωγής του παιγνιδιού.....	52
Εικόνα 9-11(δ): Μήνυμα επιτυχούς ολοκλήρωσης του παιγνιδιού.....	52
Εικόνα 9-12: Δοκιμή δημιουργίας χρήστη.....	53
Εικόνα 9-13: Δοκιμή τροποποίησης ρόλου χρήστη.....	54
Εικόνα 9-14: Δοκιμή δυναμικής παροχής οδηγιών χρήσης από τον πράκτορα.....	55
Εικόνα 9-15: Δοκιμή κλήσης εργαλείου δημιουργίας παιγνιδιού μέσω του πράκτορα TN 57	
Εικόνα 9-16: Καταγραφή κλήσης εργαλείου από τον πράκτορα στο σύστημα δομημένης καταγραφής συμβάντων.....	58

Εικόνα 9-17: Καταγραφή κλήσης εργαλείου από τον πράκτορα στο σύστημα τηλεμετρίας.....	58
Εικόνα 9-18: Δοκιμή εκτέλεσης μη εξουσιοδοτημένου εργαλείου.....	59
Εικόνα 9-19: Δοκιμή δημιουργίας συζήτησης στο φόρουμ συζήτησης χρηστών.....	60
Εικόνα 9-20: Δοκιμή απάντησης στο φόρουμ συζήτησης χρηστών.....	61
Εικόνα 9-21: Δοκιμή επεξεργασίας απάντησης στο φόρουμ συζήτησης χρηστών.....	61
Εικόνα 9-22: Δοκιμή διαγραφής απάντησης στο φόρουμ συζήτησης χρηστών.....	61
Εικόνα 9-23: Δοκιμή δημιουργίας συζήτησης στο φόρουμ συνεργατικής ανάπτυξης	62
Εικόνα 9-24: Δοκιμή GLFM απάντησης στο φόρουμ συνεργατικής ανάπτυξης.....	63
Σχήμα 1-1: Διάγραμμα ροής εκτέλεσης έκδοσης βάσης.....	6
Σχήμα 3-1: UML Διάγραμμα Καταστάσεων εκτέλεσης του RLGameLauncher.....	19
Σχήμα 5-1: UML Διάγραμμα Οντοτήτων - Συσχετίσεων του σχήματος της ΚΒΔ πριν τις αλλαγές (αριστερά) και μετά (δεξιά).....	26
Σχήμα 5-2: UML Διάγραμμα Καταστάσεων λειτουργίας Πράκτορα TN.....	28
Σχήμα 6-2: UML διάγραμμα οντοτήτων - συσχετίσεων του τελικού σχήματος της κεντρικής βάσης δεδομένων.....	33

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1-1: Γενική Δομή / Υποσυστήματα Πηγαίου Κώδικα Έκδοσης Βάσης RLGame.....	3
Πίνακας 1-2: Γενικά χαρακτηριστικά έκδοσης βάσης.....	5
Πίνακας 1-3: Αλλαγές που υλοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας υλοποίησης.....	8
Πίνακας 1-4: Σύγκριση έκδοσης βάσης με την παρούσα υλοποίηση.....	9
Πίνακας 5-1: Επιγραμματική παρουσίαση τεχνικών χαρακτηριστικών πράκτορα TN 25	
Πίνακας 5-2: Η νέα κατηγοριοποίηση χρηστών.....	26
Πίνακας 5-3: Βασικά επίπεδα οργάνωσης MCP εξυπηρετητή στον RLGameEcoServer.....	29
Πίνακας 5-4: Πίνακας ενσωματωμένων MCP εργαλείων στον RLGameEcoServer με τα δικαιώματα εκτέλεσής τους.....	31
Πίνακας 6-1: Επιλεγμένα διαγράμματα που υποστηρίζει το εργαλείο Mermaid.js.....	34
Πίνακας 9-1: Λειτουργικά συστήματα δοκιμών.....	42
Πίνακας 9-2: Χρησιμοποιούμενες εκδόσεις του εμπλεκόμενου λογισμικού στις δοκιμές.....	42
Πίνακας 9-3: Αποτελέσματα ελέγχων.....	65
Πίνακας A-1: Δομή αρχείων του RLGameLauncher.....	71
Πίνακας A-2: Εξωτερικές εξαρτήσεις RLGame Launcher.....	71
Πίνακας A-3: Εσωτερικές εξαρτήσεις (βιβλιοθήκες) RLGame Launcher.....	72
Πίνακας B-1: Δομή πηγαίου κώδικα MCP υποσυστήματος στον RLGameEcoServer 73	
Πίνακας B-2: Υποχρεωτικές μέθοδοι σχήματος MCP εργαλείων.....	74
Πίνακας Γ-1: Δομή πηγαίου κώδικα συστήματος δομημένης καταγραφής συμβάντων (Logging).....	76
Πίνακας Γ-2: Συστηματοποίηση συμβάντων συστήματος δομημένης καταγραφής συμβάντων.....	78
Πίνακας Γ-3: Συστηματοποίηση πεδίων συμβάντων συστήματος δομημένης καταγραφής συμβάντων.....	81
Πίνακας Γ-4: Δομή πηγαίου κώδικα συστήματος τηλεμετρίας.....	81
Πίνακας Γ-5: Οι παραγόμενοι αριθμοδείκτες του συστήματος τηλεμετρίας.....	83
Πίνακας Γ-6: Συστηματοποίηση συμβάντων συστήματος τηλεμετρίας.....	87
Πίνακας Γ-7: Συστηματοποίηση πεδίων συμβάντων συστήματος τηλεμετρίας.....	91
Πίνακας Δ-1: Δομή πηγαίου κώδικα φόρα συζήτησης χρηστών και συνεργατικής ανάπτυξης.....	92

Συντομογραφίες και Ακρωνύμια

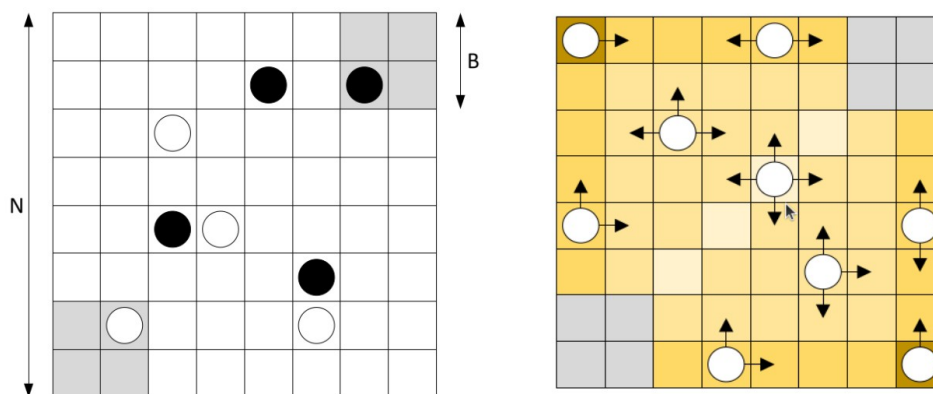
AI	Artificial Intelligence
API	Application Programming Interface
APT	Advanced Package Tool
CSCW	Computer-Supported Cooperative Work
CSS	Cascading Style Sheets
ER	Entity Relationship
GFM	GitHub Flavored Markdown
GLFM	GitLab Flavored Markdown
GNU	GNU's Not Unix
GPT	Generative Pre-Trained Transformer
HTML	HyperText Markup Language
HTTPS	HyperText Transfer Protocol Secure
IDE	Integrated Development Environment
IP	Internet Protocol
ISO	International Organization for Standardization
JDBC	Java Database Connectivity
JDK	Java Development Kit
JSON	JavaScript Object Notation
JSON-RPC	JavaScript Object Notation Remote Procedure Call
KPI	Key Performance Indicator
LLM	Large Language Model
LTS	Long-Term Support
MCP	Model Context Protocol

RBAC	Role-Based Access Control
RL	Reinforcement Learning
SLF4J	Simple Logging Facade for Java
SQL	Structured Query Language
SSL/TLS	Secure Socket Layer / Transport Layer Security
UI	User Interface
UML	Unified Modeling Language
XSS	Cross-Site Scripting
KBΔ	Κεντρική Βάση Δεδομένων
TN	Τεχνητή Νοημοσύνη

1. Εισαγωγή

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία πραγματεύεται την επέκταση του οικοσυστήματος RLGame με την ανάπτυξη και ενσωμάτωση Πράκτορα Τεχνητής Νοημοσύνης (TN), καθώς και με την προσθήκη υποστηρικτικών μηχανισμών εγκατάστασης, διαχείρισης, παρατηρησιμότητας και συνεργατικής τεκμηρίωσης. Το RLGame αποτελεί πλατφόρμα παιγνιδιού στρατηγικής δύο παικτών, η οποία έχει αναπτυχθεί ως εργαλείο μελέτης και πειραματισμού στο πεδίο της Ενισχυτικής Μάθησης (*Reinforcement Learning – RL*).

Το RLGame είναι παιγνίδι δύο παικτών που διεξάγεται σε ταμπλώ τύπου σκακιέρας, όπως αυτό της Εικόνας 1-1, και επινοήθηκε από τους Καλλέ και Κανελλόπουλο (2001). Το ταμπλώ έχει πλευρά μήκους N θέσεων και οι δύο παίκτες διαθέτουν ίσο αριθμό πιονιών, τα οποία τοποθετούνται αρχικά στις αντιδιαμετρικά τοποθετημένες βάσεις τους, πλευράς $B < N/2$ θέσεων. Στόχος κάθε παίκτη είναι να οδηγήσει πρώτος ένα από τα πιόνια του στη βάση του αντιπάλου. Τα πιόνια μετακινούνται κατά μία θέση προς τις βασικές κατευθύνσεις, χωρίς διαγώνιες κινήσεις, υπό περιορισμούς που σχετίζονται με την απόστασή τους από τη βάση και την παρουσία άλλων πιονιών στο ταμπλώ.



Εικόνα 1-1: Το ταμπλώ του RLGame (αριστερά) και οι δυνατές κινήσεις των πιονιών (δεξιά)
(Βασιλόπουλος, 2019).

Η δυνατότητα συμμετοχής τόσο ανθρώπινων όσο και τεχνητών παικτών κατέστησε το RLGame κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξη και αξιολόγηση τεχνικών Τεχνητής Νοημοσύνης και, ειδικότερα, Ενισχυτικής Μάθησης. Από την αρχική του υλοποίηση, το σύστημα αποτέλεσε αντικείμενο σειράς μεταπτυχιακών διπλωματικών εργασιών, μέσα

από τις οποίες εξελίχθηκε σταδιακά τόσο ως προς τον αλγοριθμικό του πυρήνα όσο και ως προς την αρχιτεκτονική, τις διεπαφές και τις δυνατότητες πειραματισμού. Η πορεία αυτή παρουσιάζεται συνοπτικά στην επόμενη ενότητα.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, το υφιστάμενο οικοσύστημα RLGame επεκτείνεται με τεχνικές Παραγωγικής Τεχνητής Νοημοσύνης και μηχανισμούς υποστήριξης χρηστών. Κεντρικός στόχος είναι η μετατροπή του από ένα λειτουργικό αλλά τεχνικά απαιτητικό ερευνητικό πρωτότυπο σε περισσότερο προσβάσιμη, υποστηρίξιμη και επεκτάσιμη πλατφόρμα.

Η βασική συνεισφορά της εργασίας εντοπίζεται στην ανάπτυξη Πράκτορα TN, ο οποίος ενσωματώνεται στη δικτυακή διεπαφή του RLGame και μπορεί να παρέχει υποστήριξη στους χρήστες μέσω φυσικής γλώσσας. Η λειτουργία του δεν περιορίζεται στην παροχή στατικών οδηγιών, αλλά επεκτείνεται στη δυνατότητα αξιοποίησης ελεγχόμενων εργαλείων μέσω Model Context Protocol (MCP), με ταυτόχρονη ενσωμάτωση μηχανισμών ελέγχου πρόσβασης σε αυτά. Παράλληλα, υλοποιούνται πρόσθετες παρεμβάσεις που αφορούν την αυτοματοποίηση εγκατάστασης και εκκίνησης, τη διαχείριση χρηστών, τη δομημένη καταγραφή συμβάντων, την τηλεμετρία και την ενσωμάτωση φόρα επικοινωνίας και συνεργατικής ανάπτυξης.

1.1. Προγενέστερες υλοποιήσεις και εξέλιξη του RLGame

Η σημερινή μορφή του RLGame είναι αποτέλεσμα διαδοχικών μεταπτυχιακών διπλωματικών εργασιών, καθεμία από τις οποίες επέκτεινε ή αναδιαμόρφωσε επιμέρους στοιχεία της πλατφόρμας. Κατά την εξέλιξή του, το σύστημα πέρασε από μία αρχική υλοποίηση παιχνιδιού με μηχανισμό Ενισχυτικής Μάθησης σε ένα ευρύτερο περιβάλλον πειραματισμού, το οποίο σταδιακά απέκτησε γραφικές και διαδικτυακές διεπαφές, εκπαιδευτικές και υπολογιστικές δυνατότητες, υποστήριξη διαφορετικών παιχνιδιών και, τελικά, περισσότερο αρθρωτή αρχιτεκτονική. Οι κυριότερες κατευθύνσεις της εξέλιξης αυτής παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω.

1.1.1. Αρχικές υλοποιήσεις και διαμόρφωση του βασικού παιχνιδιού.

Οι πρώτες εργασίες έθεσαν τον βασικό πυρήνα του RLGame. Στην αρχική υλοποίηση (Καλλές και Κανελλόπουλος, 2001) αναπτύχθηκαν η λογική του παιχνιδιού, η

αναπαράσταση των παικτών, των πιονιών και του ταμπλώ, καθώς και μηχανισμός Ενισχυτικής Μάθησης βασισμένος σε νευρωνικό δίκτυο, με αξιοποίηση μάθησης χρονικών διαφορών και ιχνών καταλληλότητας. Αρχικά υποστηριζόταν παιχνίδι μεταξύ υπολογιστικών παικτών, ενώ η επόμενη υλοποίηση (Ντούτση, 2001) προσέθεσε γραφικό περιβάλλον, δυνατότητα παιχνιδιού ανθρώπου εναντίον υπολογιστή και μοντελοποίηση του παίκτη, ώστε η εκπαίδευσή του να μπορεί να διατηρείται και να αξιοποιείται σε διαδοχικά παιχνίδια.

1.1.2. Διαδικτυακή, εκπαιδευτική και πειραματική αξιοποίηση.

Στις επόμενες εργασίες το RLGame άρχισε να επεκτείνεται πέρα από την τοπική εφαρμογή. Αναπτύχθηκε διαδικτυακό γραφικό περιβάλλον, μέσω του οποίου ο χρήστης μπορούσε να αλληλεπιδρά με το παιχνίδι από φυλλομετρητή, να λαμβάνει στατιστικά στοιχεία παικτών και να επικοινωνεί μέσω guestbook (Βλάση, 2008). Παράλληλα, το RLGame αξιοποιήθηκε ως εκπαιδευτικό εργαλείο: μέσω των πλατφορμών LAMS και Moodle υποστηρίχθηκαν πειράματα με παραμέτρους Ενισχυτικής Μάθησης και νευρωνικών δικτύων, καθώς και δραστηριότητες μελέτης και αξιολόγησης του σχετικού θεωρητικού υποβάθρου (Παπαγεωργίου, 2008). Στην ίδια λογική κινήθηκε το 2009 η εγκατάσταση του συστήματος σε σχολικό εργαστήριο, η διεξαγωγή τουρνουά μεταξύ χρηστών, η συλλογή δεδομένων και η μεταγενέστερη ανάλυσή τους με χρήση υπολογιστικού πλέγματος (Φούκουρας, 2009).

1.1.4. Επέκταση λειτουργικότητας και υποστήριξη υπολογιστικών πειραμάτων.

Κατά την περίοδο 2010–2012 οι εργασίες επικεντρώθηκαν τόσο στην επέκταση του παιχνιδιού όσο και στην υποστήριξη πιο σύνθετων πειραματικών διαδικασιών. Προστέθηκε το MMGames, καθώς και δυνατότητα αποθήκευσης, αναπαραγωγής και σύγκρισης στιγμιotypών παιχνιδιών RLGame και MMGame (Ντόκος, 2010). Στη συνέχεια αναπτύχθηκε διαδικτυακός εξυπηρετητής για παιχνίδι ανθρώπου εναντίον ανθρώπου ή ανθρώπου εναντίον υπολογιστή (Δήμας, 2011). Παράλληλα, το RLGame διασυνδέθηκε με τα περιβάλλοντα επιστημονικών ροών εργασίας Taverna και Kepler και με υπολογιστικά πλέγματα, με σκοπό την αυτοματοποίηση σύνθετων πειραμάτων (Τάτσης, 2011). Ιδιαίτερα σημαντική υπήρξε η υλοποίηση του 2012, κατά την οποία

διαχωρίστηκε η λογική του παιχνιδιού από τον μηχανισμό μάθησης και δημιουργήθηκε η βιβλιοθήκη RLLib, επιτρέποντας την επαναχρησιμοποίηση των μηχανισμών Ενισχυτικής Μάθησης και την εφαρμογή διαφορετικών κανόνων παιχνιδιού (Γαβαλάς, 2012). Η υποδομή αυτή αξιοποιήθηκε και για μαζικά πειράματα σε υπολογιστικό πλέγμα σχετικά με την εξέλιξη των νευρωνικών δικτύων υπό διαφορετικές στρατηγικές εκπαίδευσης (Γεώργας, 2012).

1.1.4. Διαδικτυακές και φορητές υλοποιήσεις.

Το 2014 αναπτύχθηκαν αρκετές παράλληλες εκδοχές του RLGame με έμφαση στη διαδικτυακή και φορητή χρήση. Μία από αυτές υποστήριζε παιχνίδια ανθρώπου εναντίον ανθρώπου, ανθρώπου εναντίον υπολογιστή και υπολογιστή εναντίον υπολογιστή, με δυνατότητα επιλογής διαφορετικών μηχανισμών ΤΝ, όπως minimax και Ενισχυτική Μάθηση, και μπορούσε να χρησιμοποιηθεί τόσο μέσω φυλλομετρητή όσο και σε Android (Νικολαΐδης, 2014). Σε άλλη υλοποίηση μεταφέρθηκαν η λογική του παιχνιδιού και το νευρωνικό δίκτυο σε κινητές συσκευές, υποστηρίζοντας τόσο παιχνίδι απέναντι στη συσκευή όσο και παιχνίδι μεταξύ δύο ανθρώπων μέσω Wi-Fi ή Bluetooth (Αυγερινός, 2014). Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε ανακατασκευή της διαδικτυακής αρχιτεκτονικής με μεταφορά της λογικής του παιχνιδιού στον server, υποστήριξη αξιολόγησης μέσω Glicko rating, σύνδεση εξωτερικών εκπαιδευμένων bots και δυνατότητα δημόσιας και ιδιωτικής συνομιλίας (Δίκαιος, 2014). Στην ίδια περίοδο εντάσσεται και η διάθεση της εφαρμογής mRLGame4 ως αυτόνομης εφαρμογής για συσκευές Android (Σταμάτης, 2014).

1.1.4. Αρθρωτές υλοποιήσεις και επέκταση σε διαφορετικά παιχνίδια.

Οι επόμενες εργασίες κινήθηκαν προς περισσότερο αρθρωτές και παραμετροποιήσιμες υλοποιήσεις. Διαχωρίστηκαν σε επιμέρους πακέτα το περιβάλλον του παιχνιδιού, οι πράκτορες, τα νευρωνικά δίκτυα και οι τύποι παικτών, ενώ προστέθηκαν επιλογή και επεξεργασία χαρτών, διαφορετικοί τρόποι εκπαίδευσης πρακτόρων και δυνατότητα εκπαίδευσης από άνθρωπο (Σαραντινός, 2015). Έπειτα, το RLGame μεταφέρθηκε σε περιβάλλον ανάπτυξης βιντεοπαιχνιδιών, με παραμετροποιήσιμο πράκτορα TD και γραφικό περιβάλλον για διαφορετικούς συνδυασμούς ανθρώπινων και υπολογιστικών

παικτών (Γαλάζιος, 2016). Ακολούθησε τρισδιάστατη υλοποίηση, η οποία υποστήριξε διαφορετικούς χάρτες και κανόνες, μεταξύ των οποίων το σκάκι, καθώς και τους αλγορίθμους TD και Monte Carlo (Νικολακάκης, 2016). Την ίδια χρονιά, η ίδια λογική εφαρμογής τεχνικών Ενισχυτικής Μάθησης επεκτάθηκε και για το παιχνίδι Othello σε συσκευές Android (Μακρής, 2016).

1.1.4. Μετάβαση σε οικοσύστημα παιγνιδιών στρατηγικής (Γιαγτζόγλου, 2017).

Ακολούθησε η ανάπτυξη του RLGameEcoServer ως κεντρικό εξυπηρετητή, η αξιοποίηση της RLLib για τις λειτουργίες Ενισχυτικής Μάθησης και η ενσωμάτωση του διαδικτυακού πελάτη rl-eco-client για δημιουργία, συμμετοχή και παρακολούθηση παιγνιδιών. Παράλληλα, μέσω του RLGameEcoClient κατέστη δυνατή η σύνδεση avatar clients και η δοκιμή διαφορετικών αλγορίθμων μηχανικής μάθησης στο ίδιο περιβάλλον. Η υλοποίηση περιλάμβανε ακόμη μηχανισμούς σύγκρισης κινήσεων με εκείνες που θα επέλεγε ένας πράκτορας Ενισχυτικής Μάθησης, καθώς και υποδομή για επικοινωνία μεταξύ avatar και φυσικού χρήστη μέσω chatbot.

Παρά τη λειτουργικότητά της, παρουσίαζε περιορισμούς ως προς τη χρηστικότητα, την εγκατάσταση και την παρακολούθηση της λειτουργίας της. Η εκτέλεση του συστήματος απαιτούσε χειροκίνητη ρύθμιση επιμέρους υποσυστημάτων, προετοιμασία βάσης δεδομένων, παραμετροποίηση αρχείων και τεχνική γνώση της δομής του πηγαίου κώδικα. Παράλληλα, δεν υπήρχε ενιαίος μηχανισμός εκκίνησης, ενσωματωμένη υποστήριξη χρηστών, δυναμικός πράκτορας καθοδήγησης ή συστηματική παρατηρησιμότητα. Οι περιορισμοί αυτοί, οι οποίοι «κληρονομήθηκαν» και από την Έκδοση Βάσης που αναλύεται παρακάτω, αποτέλεσαν το βασικό σημείο εκκίνησης για τις παρεμβάσεις της παρούσας εργασίας.

1.1.5. Έκδοση βάσης.

Ως Έκδοση Βάσης (Βασιλόπουλος, 2019) ορίζεται η μορφή του RLGame, όπως παραλήφθηκε πριν από τις παρεμβάσεις της παρούσας εργασίας. Η έκδοση αυτή βασίστηκε στην υλοποίηση του Γιαγτζόγλου (2017), αξιοποιώντας και επεκτείνοντας το προϋπάρχον οικοσύστημα για τη μελέτη συνεργατικών πρακτόρων σε περιβάλλον

παιγνιδιών στρατηγικής. Στο πλαίσιο της επέκτασης αυτής, προστέθηκε στη βιβλιοθήκη RLLib ο αλγόριθμος *True Online SARSA(λ)*, διευρύνοντας το σύνολο των διαθέσιμων αλγορίθμων Ενισχυτικής Μάθησης.

1.2.1. Δομή πηγαίου κώδικα Έκδοσης Βάσης RLGame

Η Έκδοση Βάσης του RLGame οργανωνόταν σε τέσσερα διακριτά υποσυστήματα συμβατά με το πρόγραμμα ανάπτυξης Eclipse IDE, καθένα από τα οποία εξυπηρετούσε διαφορετικό ρόλο στην εκτέλεση της πλατφόρμας. Η διάρθρωση της Έκδοσης Βάσης παρατίθεται συνοπτικά στον Πίνακα 1-1.

Υποσύστημα	Ρόλος
RLGameEcoServer	Κεντρικός εξυπηρετητής του οικοσυστήματος. Διαχειρίζεται τις συνδέσεις, τα μηνύματα, τη ροή των παιγνιδιών και την επικοινωνία με τη βάση δεδομένων.
rl-eco-client	Δικτυακή διεπαφή χρήστη, μέσω της οποίας οι χρήστες συνδέονται, δημιουργούν παιχνίδια, συμμετέχουν σε παρτίδες και αλληλεπιδρούν με το σύστημα.
RLGameEcoClient	Avatar client, δηλαδή υποσύστημα που επιτρέπει τη σύνδεση τεχνητών παικτών στην πλατφόρμα.
RLLib	Βιβλιοθήκη βοηθητικών κλάσεων και λειτουργιών που σχετίζονται με τη λειτουργία των πρακτόρων και των αλγορίθμων μάθησης.

Πίνακας 1-1: Γενική Δομή / Υποσυστήματα Πηγαίου Κώδικα Έκδοσης Βάσης RLGame

Η παραπάνω διάρθρωση καθιστούσε την πλατφόρμα αρθρωτή, καθώς διαχώριζε τον εξυπηρετητή, τη δικτυακή διεπαφή, τους avatar clients και τη βιβλιοθήκη υποστήριξης αλγορίθμων. Ωστόσο, η εκτέλεση των επιμέρους τμημάτων δεν γινόταν μέσω ενιαίου μηχανισμού. Ο χρήστης έπρεπε να γνωρίζει ποια έργα πρέπει να εισαχθούν και να εκτελεστούν, ποια αρχεία ρυθμίσεων απαιτούνται και με ποια σειρά πρέπει να εκκινήσουν τα υποσυστήματα.

Ιδιαίτερη σημασία έχει ότι η αρχική πλατφόρμα είχε σχεδιαστεί κυρίως ως ερευνητικό περιβάλλον. Επομένως, η προτεραιότητα δεν ήταν η απλοποίηση της εμπειρίας εγκατάστασης για μη εξειδικευμένους χρήστες, αλλά η παροχή υποδομής για τη μελέτη του παιγνιδιού, την εκτέλεση πρακτόρων και την αξιολόγηση αλγορίθμων ενισχυτικής μάθησης.

1.2.2. Τεχνικά χαρακτηριστικά

Η Έκδοση Βάσης του RLGame ήταν υλοποιημένη κυρίως σε Java, ενώ η δικτυακή διεπαφή βασιζόταν σε τεχνολογίες HTML, CSS, JavaScript και Angular.js. Η επικοινωνία μεταξύ client και server πραγματοποιούνταν μέσω WebSocket, ώστε να υποστηρίζεται η ανταλλαγή μηνυμάτων σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια του παιγνιδιού.

Η αποθήκευση στοιχείων χρηστών και δεδομένων του συστήματος βασιζόταν σε εξωτερική βάση δεδομένων MySQL ή MariaDB, η οποία έπρεπε να εγκατασταθεί και να αρχικοποιηθεί χειροκίνητα. Επιπλέον, απαιτούνταν ρύθμιση αρχείων παραμετροποίησης για τον server και τους avatar clients, καθώς και ορθή σύνδεση των επιμέρους υποσυστημάτων.

Συνοπτικά, τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά της Έκδοσης Βάσης ήταν τα ακόλουθα:

Πεδίο	Χαρακτηριστικό Έκδοσης Βάσης
Κύρια γλώσσα υλοποίησης	Java
Δικτυακή διεπαφή	HTML, CSS, JavaScript, Angular.js
Επικοινωνία client-server	WebSocket
Βάση δεδομένων	MySQL / MariaDB
Τύπος χρήσης	Ερευνητική πλατφόρμα παιγνιδιών στρατηγικής και ενισχυτικής μάθησης
Υποστήριξη avatar clients	Ναι
Εκτέλεση επαναλαμβανόμενων παιγνιδιών	Ναι
Ενιαίος launcher	Δεν υπήρχε
Ενσωματωμένος Πράκτορας TN	Δεν υπήρχε
Διαχείριση χρηστών από δικτυακή διεπαφή	Δεν υπήρχε
Παρατηρησιμότητα	Υπήρχε περιορισμένη, χωρίς συστηματική δομημένη καταγραφή συμβάντων και τηλεμετρία

Πεδίο	Χαρακτηριστικό Έκδοσης Βάσης
Συνεργατική τεκμηρίωση	Δεν υπήρχε

Πίνακας 1-2: Γενικά χαρακτηριστικά έκδοσης βάσης

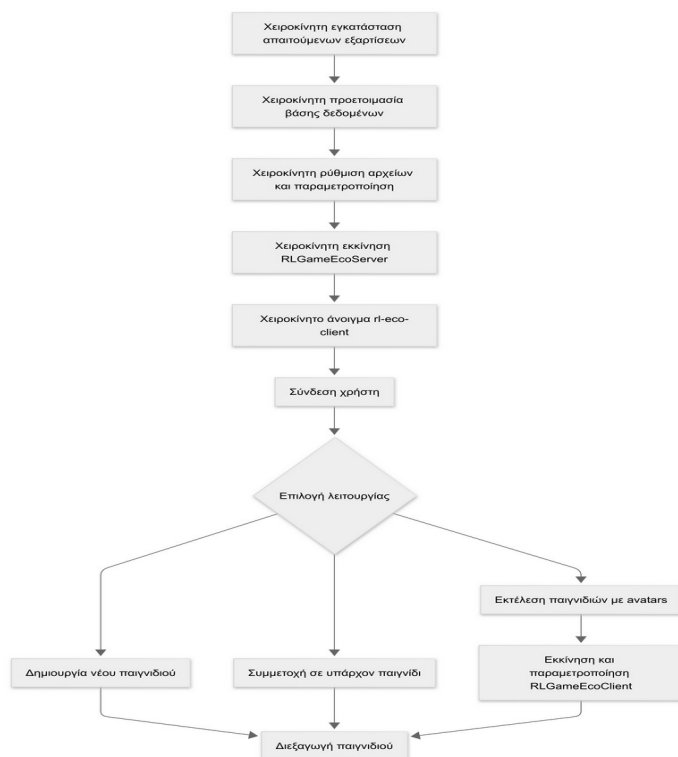
Στην Έκδοση Βάσης, ο χρήστης μπορούσε να αξιοποιήσει την πλατφόρμα για τη δημιουργία και συμμετοχή σε παιχνίδια, καθώς και για τη συμμετοχή σε αυτά εικονικών παικτών (avatar clients). Ωστόσο, η απουσία ενιαίας διαδικασίας εγκατάστασης και εκκίνησης αύξανε το τεχνικό χρέος της πλατφόρμας. Επιπλέον, η μη ύπαρξη ενσωματωμένου μηχανισμού υποστήριξης σήμαινε ότι ο χρήστης έπρεπε να ανατρέχει στην εξωτερική τεκμηρίωση ή στον πηγαίο κώδικα για να αντιμετωπίσει προβλήματα εγκατάστασης και χρήσης.

1.2.3. Γενική ροή χρήσης

Στην Έκδοση Βάσης, η γενική ροή χρήσης του RLGame ξεκινούσε από την προετοιμασία του περιβάλλοντος εκτέλεσης. Ο χρήστης έπρεπε να διαθέτει κατάλληλη εγκατάσταση Java, να έχει ρυθμίσει τη βάση δεδομένων και να έχει προετοιμάσει τα απαραίτητα αρχεία παραμετροποίησης. Στη συνέχεια εκκινούσε τον `RLGameEcoServer`, άνοιγε τη δικτυακή διεπαφή και συνδεόταν στο σύστημα.

Μετά την είσοδο, ο χρήστης μπορούσε να δημιουργήσει νέο παιχνίδι, να συμμετάσχει σε υπάρχον παιχνίδι ή να αξιοποιήσει avatar clients, εφόσον αυτοί είχαν εκκινηθεί και ρυθμιστεί κατάλληλα. Σε σενάρια πειραματισμού με πράκτορες, η πλατφόρμα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για επαναλαμβανόμενες παρτίδες μεταξύ avatars, ώστε να αξιολογηθεί η συμπεριφορά αλγορίθμων μάθησης.

Η γενική ροή χρήσης της Έκδοσης Βάσης μπορεί να αποδοθεί ως εξής:



Σχήμα 1-1: Διάγραμμα ροής εκτέλεσης έκδοσης βάσης

Η ροή του σχήματος 1-1 δείχνει ότι το βασικό πρόβλημα της Έκδοσης Βάσης δεν ήταν η απουσία λειτουργικού παιχνιδιού, αλλά η απουσία ενοποιημένης εμπειρίας εγκατάστασης, εκκίνησης, υποστήριξης και παρακολούθησης, γεγονός το οποίο και αποτέλεσε το σημείο εκκίνησης της παρούσας εργασίας.

1.3. Αντικείμενο μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη και ενσωμάτωση Πράκτορα TN στην πλατφόρμα RLGame, με χρήση τεχνικών Παραγωγικής Τεχνητής Νοημοσύνης, για την υποστήριξη των χρηστών κατά την εγκατάσταση, παραμετροποίηση και χρήση της πλατφόρμας. Ο πράκτορας ενσωματώνεται στη δικτυακή διεπαφή του RLGame και αποσκοπεί στην παροχή δυναμικής καθοδήγησης σε φυσική γλώσσα, καθώς και στην ελεγχόμενη εκτέλεση επιλεγμένων ενεργειών μέσω κατάλληλα ορισμένων εργαλείων.

Η παρούσα εργασία διαφοροποιείται από την προηγούμενη εργασία που αξιοποίησε το RLGame ως περιβάλλον ανάπτυξης και αξιολόγησης αλγορίθμων Ενισχυτικής Μάθησης.

Δεν έχει ως κύριο στόχο τη βελτίωση των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης ούτε την ανάπτυξη νέου αλγορίθμου για το παιχνίδι αυτό. Αντίθετα, εστιάζει στην αξιοποίηση του υφιστάμενου RLGame ως πλατφόρμας στην οποία προστίθενται μηχανισμοί υποστήριξης χρηστών, καθοδήγησης εγκατάστασης, διαχείρισης, παρακολούθησης αλληλεπίδρασης και συνεργατικής τεκμηρίωσης. Με τον τρόπο αυτό, η εργασία συμβάλλει στην ωρίμανση της πλατφόρμας ως οικοσυστήματος χρήσης, υποστήριξης και συντήρησης.

Η παραπάνω στόχευση συνδέεται άμεσα με την αντιμετώπιση επιμέρους μορφών τεχνικού χρέους της Έκδοσης Βάσης. Η χειροκίνητη εγκατάσταση και παραμετροποίηση (διαδικαστικό τεχνικό χρέος), η εξάρτηση από εξωτερική τεκμηρίωση (τεχνικό χρέος τεκμηρίωσης), η περιορισμένη διαχείριση χρηστών και η απουσία συστηματικών μηχανισμών παρατηρησιμότητας αύξαναν το κόστος χρήσης, διάγνωσης προβλημάτων, συντήρησης και μελλοντικής επέκτασης της πλατφόρμας (τεχνικό χρέος υποδομής). Συνεπώς, οι παρεμβάσεις της παρούσας εργασίας λειτουργούν και ως μηχανισμοί μείωσης του τεχνικού χρέους στις παραπάνω μορφές του, κυρίως σε επίπεδο εγκατάστασης, τεκμηρίωσης, διαχείρισης και λειτουργικής παρακολούθησης.

Η υλοποίηση οργανώνεται γύρω από πέντε βασικούς άξονες:

Άξονας	Περιγραφή
Αυτοματοποίηση εγκατάστασης και εκκίνησης	Ανάπτυξη του RLGameLauncher, με σκοπό τη μείωση των χειροκίνητων ενεργειών που απαιτούνται για την αρχικοποίηση, παραμετροποίηση και εκτέλεση του RLGame.
Πράκτορας TN	Ενσωμάτωση πράκτορα φυσικής γλώσσας στη δικτυακή διεπαφή, με σκοπό τη δυναμική παροχή οδηγιών χρήσης και εκτέλεση επιλεγμένων τυποποιημένων ενεργειών. Οι ενέργειες αυτές συστηματοποιούνται σε μορφή εργαλείων MCP, η εκτέλεση των οποίων ελέγχεται από μηχανισμό RBAC.
Παρατηρησιμότητα και στατιστικά χρήσης	Προσθήκη συστημάτων δομημένης καταγραφής συμβάντων και τηλεμετρίας, με σκοπό την

Αξονας	Περιγραφή
	παρακολούθηση της λειτουργίας του συστήματος και της αλληλεπίδρασης των χρηστών με την πλατφόρμα.
Συνεργατική υποστήριξη και τεκμηρίωση	Ενσωμάτωση φόρουμ συζήτησης χρηστών και φόρουμ συνεργατικής ανάπτυξης, για επικοινωνία μεταξύ των χρηστών, τεκμηρίωση προβλημάτων και υποστήριξη της συντήρησης του συστήματος.

Πίνακας 1-3: Αλλαγές που υλοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας υλοποίησης

Με τις παρεμβάσεις του Πίνακα 1-3, το RLGame επεκτείνεται πέρα από τον αρχικό του ρόλο ως περιβάλλον πειραματισμού με πράκτορες Ενισχυτικής Μάθησης. Η πλατφόρμα αποκτά μηχανισμούς που διευκολύνουν την εγκατάσταση, ενισχύουν τη χρηστικότητα, επιτρέπουν καλύτερη διαχείριση και δημιουργούν βάση για συστηματικότερη υποστήριξη των χρηστών και μελλοντική επέκταση.

Συνοπτικά, η μετάβαση από την Έκδοση Βάσης στην παρούσα υλοποίηση μπορεί να αποδοθεί ως εξής:

Πεδίο	Έκδοση Βάσης	Παρούσα εργασία
Εγκατάσταση	Χειροκίνητη και τεχνικά απαιτητική	Υποβοηθούμενη μέσω RLGameLauncher
Εκκίνηση υποσυστημάτων	Χειροκίνητη	Κεντριοποιημένη μέσω launcher
Υποστήριξη χρήστη	Εξωτερική τεκμηρίωση ή γνώση πηγαίου κώδικα	Ενσωματωμένος Πράκτορας ΤΝ στη δικτυακή διεπαφή
Καθοδήγηση εγκατάστασης και χρήσης	Δεν παρέχεται δυναμικά από το σύστημα	Παρέχεται μέσω φυσικής γλώσσας από τον Πράκτορα ΤΝ
Εκτέλεση ενεργειών από πράκτορα	Δεν υποστηρίζεται	Υποστηρίζεται ελεγχόμενα μέσω MCP εργαλείων
Διαχείριση χρηστών	Περιορισμένη ή χειροκίνητη	Ενσωματωμένη οθόνη διαχείρισης χρηστών και

Πεδίο	Έκδοση Βάσης	Παρούσα εργασία
		δικαιωμάτων
Παρακολούθηση αλληλεπίδρασης	Περιορισμένη	Δομημένη καταγραφή συμβάντων, τηλεμετρία και στατιστικά χρήσης
Συνεργατική υποστήριξη	Δεν υπάρχει ενσωματωμένος μηχανισμός	Φόρουμ χρηστών και φόρουμ συνεργατικής ανάπτυξης
Τεχνικό χρέος εγκατάστασης και χρήσης	Υψηλό, λόγω χειροκίνητων ρυθμίσεων, εξωτερικής τεκμηρίωσης και περιορισμένης παρατηρησιμότητας	Μειώνεται μέσω RLGameLauncher, Πράκτορα TN, δομημένης καταγραφής συμβάντων/τηλεμετρίας και ενσωματωμένων μηχανισμών υποστήριξης

Πίνακας 1-4: Σύγκριση έκδοσης βάσης με την παρούσα υλοποίηση

Η αξιολόγηση της εργασίας βασίζεται σε λειτουργικά σενάρια ελέγχου, τα οποία εξετάζουν την ορθή λειτουργία των επιμέρους προσθηκών και την ένταξή τους στο υπάρχον οικοσύστημα. Ελέγχονται, μεταξύ άλλων, η εκκίνηση του RLGameLauncher, η αρχικοποίηση της βάσης δεδομένων, η λειτουργία του Πράκτορα TN, η χρήση εργαλείων μέσω MCP, ο έλεγχος δικαιωμάτων, η παραγωγή καταγραφών και δεδομένων τηλεμετρίας, καθώς και η λειτουργία των φόρα. Με τον τρόπο αυτό τεκμηριώνεται ότι οι παρεμβάσεις της παρούσας εργασίας ανταποκρίνονται στον στόχο της υποστήριξης των χρηστών, της μείωσης επιμέρους μορφών τεχνικού χρέους και της συνολικής βελτίωσης της πλατφόρμας RLGame.

2. Βασικά θεωρητικά στοιχεία

2.1. Τεχνικό χρέος

Ορίζεται ως το σύνολο των τεχνικών συμβιβασμών που γίνονται κατά την ανάπτυξη λογισμικού για την επίτευξη βραχυπρόθεσμων στόχων, αλλά οι οποίοι ενδέχεται να αυξήσουν το κόστος συντήρησης και εξέλιξης του συστήματος στο μέλλον. Περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, αρχιτεκτονικό χρέος (*architecture debt*), διαδικαστικό χρέος (*process debt*), τεκμηριωτικό χρέος (*documentation debt*), καθώς και χρέος που σχετίζεται με τις διαδικασίες μεταγλώττισης, εγκατάστασης και διάθεσης λογισμικού (*build and deployment debt*) (Li et al., 2015).

Στην Έκδοση Βάσης του RLGame (Βασιλόπουλος, 2019), οι σχετικοί περιορισμοί μπορούν να ερμηνευθούν ως μορφές τεχνικού χρέους που αφορούν κυρίως την τεκμηρίωση, τη διαδικασία εγκατάστασης και εκκίνησης, καθώς και την παραμετροποίηση του συστήματος. Η εκτέλεση της αρχικής έκδοσης προϋπέθετε σύνθετες χειροκίνητες ενέργειες, όπως εγκατάσταση του Java Development Kit για την εκτέλεση του προγράμματος, την εγκατάσταση και χειροκίνητη αρχικοποίηση της κεντρικής βάσης δεδομένων του οικοσυστήματος, καθώς και τη χειροκίνητη διόρθωση στατικών ρυθμίσεων δικτύου στον web client. Η αντιμετώπιση αυτών των σημείων καθιστά το σύστημα πιο προσιτό στον μέσο χρήστη και διευκολύνει τη μελλοντική κατανόηση, συντήρηση και επέκτασή του.

2.2. Στοιχεία παρατηρησιμότητας

Παρατηρησιμότητα ονομάζεται η ιδιότητα ενός δυναμικού συστήματος σύμφωνα με την οποία η εσωτερική του κατάσταση μπορεί να προσδιοριστεί ή να εκτιμηθεί από τη γνώση των εξωτερικών του εξόδων/μετρήσεων σε πεπερασμένο χρονικό διάστημα (Kalman, 1960).

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με δύο από τους βασικότερους κλάδους της παρατηρησιμότητας: τη δομημένη καταγραφή συμβάντων και την τηλεμετρία.

2.2.1. Καταγραφή συμβάντων

Η *Καταγραφή Συμβάντων (Logging)* αποτελεί βασικό πυλώνα της παρατηρησιμότητας ενός συστήματος, καθώς επιτρέπει τη διάγνωση σφαλμάτων, τη διερεύνηση λειτουργικών συμβάντων και τη συστηματική κατανόηση της συμπεριφοράς του λογισμικού κατά την εκτέλεσή του (Beyer et al., 2016). Η χρήση δομημένων καταγραφών (*structured logging*) με τυποποιημένα πεδία και σαφώς ορισμένα επίπεδα καταγραφής διευκολύνει τη συσχέτιση, αναζήτηση και ανάλυση συμβάντων, ιδίως σε περιβάλλοντα όπου απαιτείται συγκεντρωτική διαχείριση αρχείων καταγραφής (Chuvakin et al., 2013).

Στο RLGame, η καταγραφή συμβάντων υλοποιείται στον *RLGameEcoServer*, επειδή ο εξυπηρετητής αποτελεί το κεντρικό σημείο διαχείρισης των μηνυμάτων που αποστέλλονται από τους χρήστες και τον Πράκτορα. Μέσω της καταγραφής αποτυπώνονται κρίσιμες λειτουργίες, όπως συνδέσεις χρηστών, δημιουργία και εξέλιξη παρτίδων, κινήσεις παικτών, αλληλεπίδραση με τη βάση δεδομένων και σφάλματα λειτουργίας. Έτσι δημιουργείται βάση για διάγνωση προβλημάτων, συντήρηση του κώδικα και εξαγωγή βασικών στατιστικών χρήσης.

2.2.2. Τηλεμετρία εφαρμογών

Η *Τηλεμετρία Εφαρμογών (Application Telemetry)* αφορά τη συλλογή και επεξεργασία μετρήσεων από συστήματα λογισμικού, με σκοπό την αξιολόγηση της απόδοσης, της διαθεσιμότητας, της ορθότητας, της αποδοτικότητας και γενικότερα της λειτουργικής κατάστασής τους (Shkuro et al., 2022).

Στο πλαίσιο του RLGame, η τηλεμετρία βασίζεται σε δεδομένα που προέρχονται από το σύστημα δομημένης καταγραφής συμβάντων και μετατρέπονται σε επιλεγμένους αριθμοδείκτες λειτουργίας (*Key Performance Indicators – KPIs*). Οι δείκτες αυτοί επιτρέπουν την παρακολούθηση ημερήσιων τάσεων, τη μελέτη της πορείας των χρηστών μέσα στο σύστημα και την αποτύπωση κρίσιμων σημείων αλληλεπίδρασης. Με τον τρόπο αυτό, η τηλεμετρία συμπληρώνει τη δομημένη καταγραφή συμβάντων, καθώς μετατρέπει τα επιμέρους συμβάντα σε συγκεντρωτική εικόνα χρήσης και λειτουργίας.

2.3. Έλεγχος πρόσβασης βάσει ρόλων

Ο Έλεγχος Πρόσβασης Βάσει Ρόλων (*Role-Based Access Control – RBAC*) αποτελεί μοντέλο ελέγχου πρόσβασης, στο οποίο οι επιτρεπόμενες ενέργειες προσδιορίζονται βάσει ρόλων και όχι αποκλειστικά βάσει της ατομικής ταυτότητας κάθε χρήστη (OASIS, 2014).

Στην υλοποίηση του RLGame, οι χρήστες οργανώνονται σε κατηγορίες, όπως διαχειριστές, προγραμματιστές και παίκτες. Σε κάθε κατηγορία αντιστοιχίζονται προεπιλεγμένα δικαιώματα εκτέλεσης εργαλείων MCP, ενώ προβλέπεται και δυνατότητα εξατομικευμένης διαφοροποίησης των δικαιωμάτων σε επίπεδο μεμονωμένου λογαριασμού. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει κεντρική και ελεγχόμενη διαχείριση πρόσβασης, ώστε λειτουργίες υψηλής επίδρασης, όπως διαχείριση χρηστών ή δημιουργία παιγνιδιών μέσω εργαλείων, να εκτελούνται μόνον από εξουσιοδοτημένους χρήστες.

2.4. Τεχνητά νευρωνικά δίκτυα

Τα *Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα* αποτελούν υπολογιστικά μοντέλα εμπνευσμένα, σε αφαιρετικό επίπεδο, από τη δομή και τη λειτουργία των βιολογικών νευρωνικών συστημάτων. Αποτελούνται από διασυνδεδεμένες υπολογιστικές μονάδες, συνήθως οργανωμένες σε επίπεδα, οι οποίες επεξεργάζονται δεδομένα εισόδου και παράγουν εξόδους μέσω σταθμισμένων συνδέσεων, συναρτήσεων ενεργοποίησης και διαδικασιών μάθησης που προσαρμόζουν τα βάρη του δικτύου (Goodfellow et al., 2016; Haykin, 2009).

Στο πλαίσιο του RLGame, τα νευρωνικά δίκτυα συνδέονται με την ευρύτερη ερευνητική βάση του συστήματος, το οποίο αξιοποιεί τεχνικές Ενισχυτικής Μάθησης και Νευρωνικών Δικτύων για τη βελτίωση της τακτικής των παικτών-πρακτόρων. Παρότι η παρούσα διπλωματική εργασία δεν επικεντρώνεται στην ανάπτυξη νέων αλγορίθμων μάθησης, η κατανόηση του ρόλου των νευρωνικών δικτύων είναι χρήσιμη για την ένταξη του πράκτορα TN στο ήδη υπάρχον οικοσύστημα τεχνητής νοημοσύνης του RLGame.

2.5. Μεγάλα γλωσσικά μοντέλα

Τα *Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα* (*Large Language Models – LLM*) είναι προεκπαιδευμένα γλωσσικά μοντέλα μεγάλης κλίμακας, τα οποία εκπαιδεύονται σε εκτεταμένα σώματα

κειμένου και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κατανόηση, παραγωγή και προσαρμογή σε ποικίλες εργασίες φυσικής γλώσσας (Zhao et al., 2023).

Συνήθως πρόκειται για Παραγωγικούς Προεκπαιδευμένους Μετασχηματιστές (*Generative Pre-Trained Transformers – GPTs*), ένα ιδιαίτερο είδος νευρωνικού δικτύου που μπορεί να εξετάζει όλα τα στοιχεία ενός κειμένου ταυτόχρονα και να εντοπίζει σχέσεις μεταξύ τους. Με αυτό τον τρόπο δύναται να κατανοεί τη γλώσσα πιο αποδοτικά, χωρίς τους περιορισμούς της σειριακής επεξεργασίας (Vaswani et al., 2017).

Στο RLGame, το LLM αξιοποιείται αρχικά ως βάση για τον Βοηθό Χρήσης TN, ο οποίος παρέχει οδηγίες στους χρήστες με βάση ένα δομημένο σώμα γνώσης για τη ροή ενεργειών του συστήματος. Στη συνέχεια, η λειτουργία αυτή επεκτείνεται σε πράκτορα TN, ο οποίος δεν περιορίζεται στην παραγωγή απαντήσεων, αλλά μπορεί να προτείνει ή να ενεργοποιεί κατάλληλα εργαλεία, εφόσον ο συνδεδεμένος χρήστης διαθέτει τα απαιτούμενα δικαιώματα.

2.6. Πρακτορική τεχνητή νοημοσύνη

Ως *Πράκτορας (Agent)* ορίζεται ένα υπολογιστικό σύστημα που λειτουργεί μέσα σε ένα περιβάλλον και μπορεί να ενεργεί αυτόνομα προς επίτευξη συγκεκριμένων σκοπών. Οι βασικοί πυλώνες της πρακτορικής συμπεριφοράς είναι η αυτονομία (*autonomy*), η ικανότητα κοινωνικής αλληλεπίδρασης (*social ability*), η αντιδραστικότητα (*reactiveness*) και η προνοητικότητα (*proactiveness*) (Wooldridge & Jennings, 1995).

Στο RLGame, η πρακτορική TN υλοποιείται ως υποσύστημα που δέχεται ερωτήματα ή εντολές σε φυσική γλώσσα, αναγνωρίζει την πρόθεση του χρήστη και είτε συνθέτει απάντηση είτε ενεργοποιεί κατάλληλες λειτουργίες μέσω καταχωρισμένων εργαλείων.

2.7. Model Context Protocol (MCP)

Το *Model Context Protocol (MCP)* αποτελεί αρχιτεκτονική προσέγγιση διασύνδεσης γλωσσικών μοντέλων με εξωτερικά εργαλεία και πηγές πληροφορίας, μέσω τυποποιημένων δηλώσεων και κλήσεων. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, το MCP χρησιμοποιείται ως μηχανισμός μέσω του οποίου ο πράκτορας TN μπορεί να γνωρίζει

ποια εργαλεία είναι διαθέσιμα, ποια ορίσματα απαιτούν και ποια δικαιώματα χρειάζονται για την εκτέλεσή τους.

Πιο συγκεκριμένα, ο MCP εξυπηρετητής οργανώνεται σε ξεχωριστό πακέτο του RLGameEcoServer, επικοινωνεί με clients μέσω JSON-RPC 2.0 και υποστηρίζει μεθόδους όπως `initialize`, `tools/list`, `tools/call` και `ping`. Τα εργαλεία υλοποιούνται με τυποποιημένο τρόπο, ώστε να περιλαμβάνουν όνομα, περιγραφή, απαιτούμενο δικαίωμα, σχήμα ορισμάτων και μέθοδο εκτέλεσης. Η αρθρωτή αυτή προσέγγιση βελτιώνει τη συντηρησιμότητα και διευκολύνει τη μελλοντική επέκταση της εργαλειοθήκης.

2.8. Φόρα διαδικτυακών συζητήσεων

Τα *Συστήματα Διαδικτυακών Συζητήσεων (Discussion Forums)* αποτελούν πλατφόρμες ασύγχρονης επικοινωνίας, στις οποίες οι χρήστες δημιουργούν θέματα συζήτησης και ανταλλάσσουν απαντήσεις γύρω από αυτά. Η ασύγχρονη φύση τους επιτρέπει στους συμμετέχοντες να συνεισφέρουν στον δικό τους χρόνο, υποστηρίζοντας την ανταλλαγή γνώσης, την επίλυση προβλημάτων και τη συνεργατική αλληλεπίδραση (Delahunty, 2018).

Στο RLGame, τα φόρα αξιοποιούνται σε δύο διακριτές κατευθύνσεις. Το φόρουμ συζήτησης χρηστών υποστηρίζει ερωτήσεις, εμπειρίες χρήσης, προτάσεις και προβλήματα που προκύπτουν κατά την αλληλεπίδραση με την πλατφόρμα. Παράλληλα, το φόρουμ συνεργατικής ανάπτυξης λειτουργεί ως χώρος τεχνικής συνεργασίας, τεκμηρίωσης και ανταλλαγής προτάσεων βελτίωσης.

2.9. Υπολογιστικά υποστηριζόμενη συνεργατική εργασία

Η *Υπολογιστικά Υποστηριζόμενη Συνεργατική Εργασία (Computer-Supported Cooperative Work – CSCW)* αποτελεί ερευνητικό πεδίο που εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο οι υπολογιστικές τεχνολογίες μπορούν να διευκολύνουν, να μεσολαβούν ή να ρυθμίζουν την αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπων που συμμετέχουν σε συνεργατική εργασία ή σε άλλες διαρκείς κοινωνικές δραστηριότητες (Schmidt & Bannon, 1992).

Στην παρούσα εργασία, η έννοια της CSCW συνδέεται κυρίως με το φόρουμ συνεργατικής ανάπτυξης. Η χρήση εργαλείων όπως GitLab Flavored Markdown, KaTeX

και Mermaid.js επιτρέπει τη σύνταξη τεχνικών αναρτήσεων, την αποτύπωση μαθηματικών τύπων και τη δημιουργία διαγραμμάτων μέσα στο ίδιο συνεργατικό περιβάλλον. Έτσι, το RLGame δεν λειτουργεί μόνο ως πλατφόρμα παιχνιδιού και υποστήριξης χρηστών, αλλά και ως χώρος τεκμηριωμένης συνεργασίας για τη συντήρηση και περαιτέρω ανάπτυξη του.

3. Υλοποίηση RLGameLauncher

Ο Οδηγός Εγκατάστασης, Ρύθμισης και Έναρξης *RLGame (RLGameLauncher)* υλοποιήθηκε ως γραφικό εργαλείο αρχικοποίησης, εκκίνησης και βασικής παρακολούθησης του οικοσυστήματος *RLGame*. Στόχος του είναι να συγκεντρώσει σε μία ελεγχόμενη ροή ενέργειες που στην Έκδοση Βάσης απαιτούσαν χειροκίνητη παρέμβαση, όπως ο έλεγχος εξαρτίσεων, η προετοιμασία του πηγαίου κώδικα, η παραμετροποίηση του παρασκηνιακού εξυπηρετητή (backend), η μεταγλώττιση των Java υποσυστημάτων και η εκκίνηση του *RLGameEcoServer* και, προαιρετικά, των *avatar clients*.

Σκοπός η αυτοματοποίηση της εγκατάστασης και ο περιορισμός των ενεργειών που απαιτούνται από τον χρήστη σε περίπτωση σφάλματος, μειώνοντας σημαντικά το Χρέος Τεκμηρίωσης σε αυτή τη φάση χρήσης του προγράμματος.

3.1. Μεθοδολογία ανάπτυξης

Η ανάπτυξη του *RLGameLauncher* οργανώθηκε όπως παρακάτω:

1. Καταγραφή των στοιχείων της αρχικής διαδικασίας που απαιτούσαν χειροκίνητη παρέμβαση, όπως εγκατάσταση Java/JDK, χειροκίνητη προετοιμασία βάσης δεδομένων, εισαγωγή έργων σε Eclipse IDE και διόρθωση στατικών ρυθμίσεων δικτύου.
2. Καταγραφή δυνητικών σφαλμάτων και σημείων, στα οποία ο χρήστης καλείτο έως τώρα να παρέμβει χειροκίνητα κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης.
3. Διαχωρισμός των απολύτως αναγκαίων εργαλείων αντιμετώπισης προβλημάτων από αυτά που καλούνται προαιρετικά, με τα δεύτερα να χαρακτηρίζονται ως υποψήφια εργαλεία ενός MCP Server.
4. Μελέτη της πρακτικότητας και της σκοπιμότητας ένταξης των παραπάνω υποψηφίων εργαλείων σε έναν MCP Server για αυτή τη φάση λειτουργίας του οικοσυστήματος.
5. Τελική ανάπτυξη ενός πρότυπου Launcher, που θα εξασφαλίζει:

1. Την ύπαρξη των απαιτούμενων εξαρτίσεων για την εγκατάσταση, την έναρξη και την ομαλή λειτουργία του RLGame.
2. Την εκτέλεση στατικών εργαλείων αντιμετώπισης προβλημάτων (αφορά τα εργαλεία κρίνονται ως απολύτως αναγκαία ή δεν είναι πρακτικό να εκτελούνται μέσω ενός MCP Server).
3. Την εκτέλεση τυχόν προαιρετικών εργαλείων αντιμετώπισης προβλημάτων μέσω ενός MCP Server.
4. Την αρχική ρύθμιση του οικοσυστήματος RLGame (αφορά κυρίως την αρχικοποίηση των βάσεων δεδομένων των χρηστών).
5. Την εκτέλεση του παιχνιδιού είτε με συμμετοχή avatars (Avatar mode) ή χωρίς avatars (Non-avatar Mode)

Μέσα από αυτή την οργάνωση, ο Launcher λειτουργεί ως ενοποιημένος controller του οικοσυστήματος και όχι ως απλή δέσμη εντολών εκκίνησης.

3.2. Αναγκαιότητα - προβληματικά σημεία έκδοσης βάσης

Η Έκδοση Βάσης του RLGame διατίθεται σε αποθετήριο GitHub στις δύο ακόλουθες εκδοχές:

- ως πηγαίος κώδικας του προγράμματος, και
- ως πακέτο που περιλαμβάνει έτοιμα τα εκτελέσιμα αρχεία Java.

Και στις δύο περιπτώσεις η λογική διάθεσης προσέγγιζε τη λογική του «plug and play», χωρίς όμως να καλύπτει πλήρως την εγκατάσταση εξαρτίσεων και την προετοιμασία του περιβάλλοντος εκτέλεσης. Κατά συνέπεια, ο χρήστης έπρεπε να ρυθμίσει χειροκίνητα σημαντικά τμήματα του οικοσυστήματος.

Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώθηκαν τα παρακάτω προβλήματα:

1. Έλλειψη διασφάλισης πληρότητας εξαρτίσεων

Η ομαλή εκτέλεση της αρχικής έκδοσης προϋπέθετε την ύπαρξη Java Development Kit και εξωτερικού εξυπηρετητή MySQL/MariaDB. Δεν υπήρχε όμως μηχανισμός αυτόματης εγκατάστασης ή ελέγχου των απαιτούμενων εξαρτίσεων.

2. Έλλειψη μηχανισμού αυτόματης αρχικοποίησης βάσης δεδομένων χρηστών

Η αρχική υλοποίηση απαιτούσε χειροκίνητη εκτέλεση SQL αρχείων του πηγαίου κώδικα, για τη δημιουργία του πίνακα χρηστών και των αρχικών λογαριασμών. Η απαίτηση αυτή αύξανε σημαντικά την πολυπλοκότητα εγκατάστασης.

3. Μη φιλική προς τον χρήστη διαδικασία έναρξης

Η εκτέλεση από τον πηγαίο κώδικα προϋπέθετε εισαγωγή των Java projects σε Eclipse IDE και χειροκίνητη διαχείριση των επιμέρους υποσυστημάτων, κάτι που καθιστούσε το σύστημα δύσχρηστο για μη εξειδικευμένους χρήστες.

4. Στατική ρύθμιση δικτυακής διεπαφής

Η δικτυακή διεπαφή `rl-eco-client` αναζητούσε τον server σε στατική διεύθυνση, με αποτέλεσμα να μην είναι άμεσα λειτουργική σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Η τελική υλοποίηση χρησιμοποιεί την τοπική διεύθυνση `ws://127.0.0.1:33313`.

5. Πολυπλοκότητα βάσης δεδομένων και SSL ρυθμίσεων

Η αρχική εξάρτηση από MySQL/MariaDB δημιουργούσε πρόσθετες απαιτήσεις εγκατάστασης, δημιουργίας σχήματος, δημιουργίας χρήστη βάσης και ρύθμισης σύνδεσης. Επιπλέον, σε ορισμένες εγκαταστάσεις μπορούσαν να εμφανιστούν προβλήματα λόγω προβληματικής ρύθμισης SSL παραμέτρων στη JDBC σύνδεση.

Στην τελική υλοποίηση το πρόβλημα αυτό καταργείται στη ρίζα του, καθώς ο `RLGameEcoServer` χρησιμοποιεί τοπική SQLite βάση δεδομένων με κοινή ρύθμιση για Linux και Windows:

```
dbLocation=jdbc:sqlite:../../runtime/rlgame.db  
userName=  
password=
```

6. Χειροκίνητη παραμετροποίηση Avatar Client

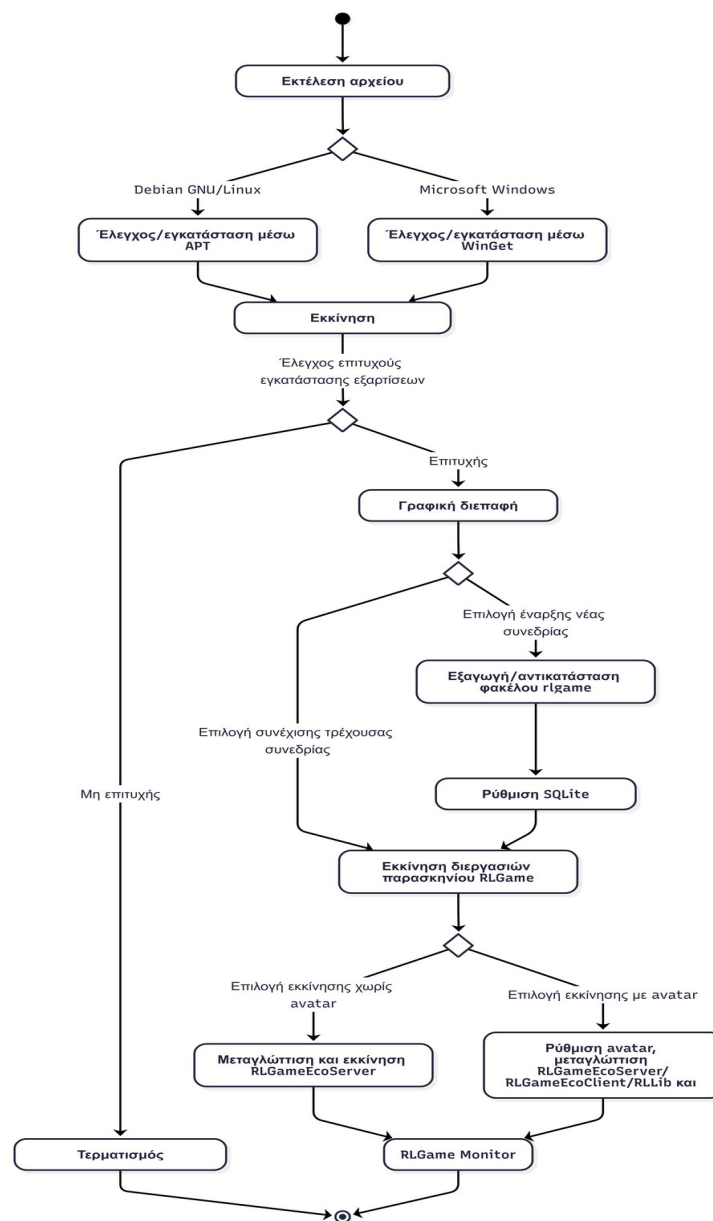
Η εκκίνηση avatar client απαιτούσε κατάλληλο αρχείο settings και χειροκίνητη επιλογή αλγορίθμου μηχανικής μάθησης. Στην τελική υλοποίηση, η επιλογή γίνεται από τη γραφική διεπαφή του Launcher και το αρχείο ρυθμίσεων γράφεται αυτόματα.

Η επίλυση των παραπάνω σημείων είναι κρίσιμη για τη χρηστικότητα του `RLGame`, καθώς μεταφέρει τη διαδικασία από διεσπαρμένες χειροκίνητες ενέργειες σε μία ενιαία, επαναλήψιμη και ελεγχόμενη ροή.

3.2.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά και ροή εκτέλεσης

Η υλοποίηση του RLGameLauncher συνίσταται στα δύο παρακάτω επίπεδα:

1. Αρχεία εκκίνησης, τα οποία αναλαμβάνουν την εγκατάσταση ή επαλήθευση βασικών εξαρτίσεων πριν από την εκκίνηση της Python εφαρμογής.
2. Python εφαρμογή, η οποία παρέχει τη γραφική διεπαφή και υλοποιεί τις λειτουργίες αρχικοποίησης, μεταγλώττισης, εκκίνησης και παρακολούθησης.



Σχήμα 3-1: UML Διάγραμμα Καταστάσεων εκτέλεσης του RLGameLauncher

Όπως είναι εμφανές και από το διάγραμμα καταστάσεων του Σχήματος 3-1, οι Java βιβλιοθήκες δεν εγκαθίστανται από τον Launcher, αλλά διανέμονται μαζί με τον πηγαίο κώδικα του RLGame στους αντίστοιχους φακέλους `libs`. Αντίθετα, τα βασικά πακέτα συστήματος εγκαθίστανται ή επαληθεύονται από τα εκτελέσιμα αρχεία εκκίνησης. Στη συνέχεια, η Python εφαρμογή ελέγχει ότι υπάρχουν διαθέσιμα το `tkinter`, το `java` και το `javac`.

Περισσότερες λεπτομέρειες για τη δομή και τις εξαρτήσεις του RLGame Launcher παρατίθενται στο Παράρτημα Α.

Η χρήση του RLGameLauncher οργανώνεται γύρω από τρεις βασικές καρτέλες. Στην καρτέλα *Initialize* (Αρχικοποίηση), ο χρήστης επιλέγει αν θα συνεχίσει προηγούμενη συνεδρία ή αν θα γίνει πλήρης επαναρχικοποίηση του συστήματος. Στην περίπτωση πλήρους επαναρχικοποίησης, ο Launcher εξάγει εκ νέου τον πηγαίο κώδικα από το πακέτο `rl-source.zip` και επαναφέρει το σύστημα στην προεπιλεγμένη κατάσταση.

Στην καρτέλα *Launch* (Εκκίνηση), ο χρήστης επιλέγει αν το RLGame θα εκκινηθεί μόνο με τον RLGameEcoServer ή και με συμμετοχή `avatar clients`, καθώς και τον αλγόριθμο μηχανικής μάθησης που θα χρησιμοποιηθεί από τους `avatars`. Μετά την εκκίνηση, ο Launcher μεταβαίνει στην καρτέλα RLGame Monitor.

Η καρτέλα RLGame Monitor παρέχει βασικό έλεγχο των διεργασιών παρασκηνίου. Από εκεί ο χρήστης μπορεί να ανοίξει τη δικτυακή διεπαφή μέσω του κομβίου `Open Web Client`, να παρακολουθήσει την έξοδο των επιμέρους διεργασιών και να τερματίσει τις υπηρεσίες μέσω του κομβίου `Stop RLGame Background Services`.

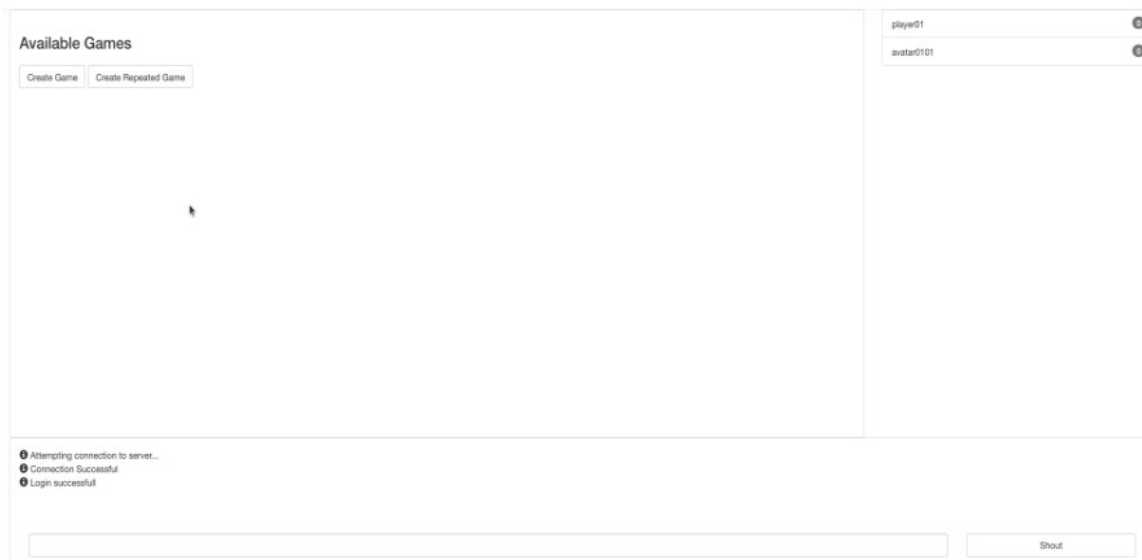
Η αναλυτική επαλήθευση της παραπάνω ροής και σχετικά στιγμιότυπα παρουσιάζονται στα σενάρια ελέγχου της §9.3.

4. Αναδιάταξη και αισθητική αναβάθμιση δικτυακής διεπαφής

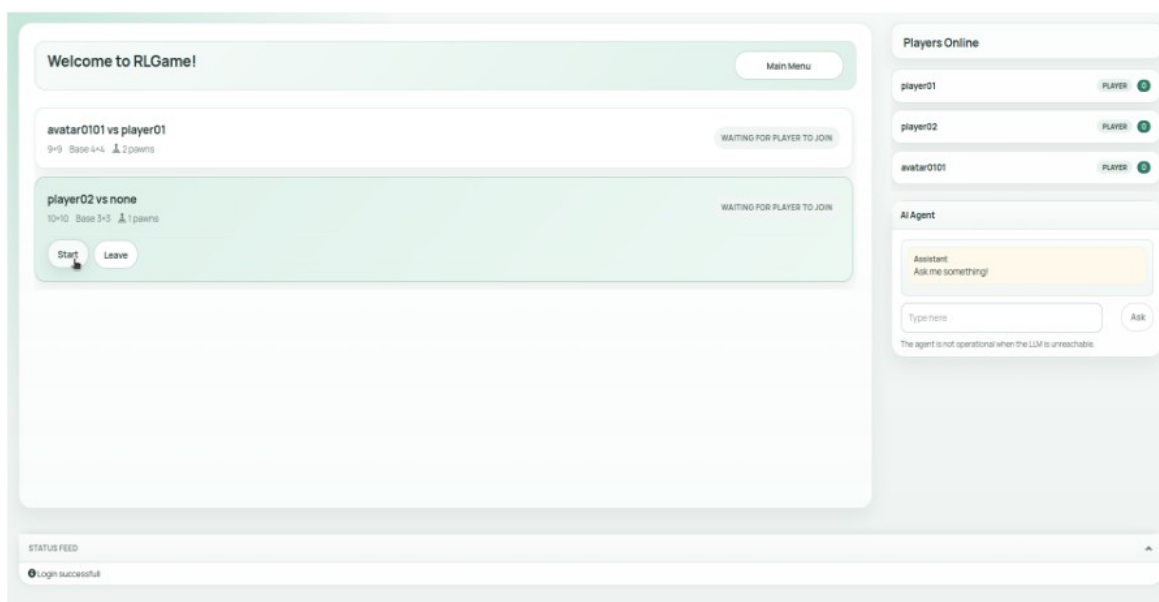
Η Έκδοση Βάσης (Βασιλόπουλος, 2019) περιελάμβανε μια μινιμαλιστική δικτυακή διεπαφή, βασισμένη σε HTML, CSS και Angular.js, η οποία περιελάμβανε:

- **Οθόνη σύνδεσης**
- **Αρχική οθόνη**
- **Οθόνη δημιουργίας νέου παιγνιδιού**
Η πρόσβαση σε αυτή γινόταν μέσω σχετικού κομβίου από την Αρχική Οθόνη.
- **Οθόνη δημιουργίας νέου επαναλαμβανόμενου παιγνιδιού**
Η πρόσβαση σε αυτή γινόταν μέσω σχετικού κομβίου από την Αρχική Οθόνη.
- **Οθόνη διεξαγωγής παιγνιδιού**
Η πρόσβαση σε αυτή γινόταν μέσω σχετικού κομβίου από την Αρχική Οθόνη.
- **Κοινή διεπαφή**, η οποία δεν εμφανίζεται στην οθόνη σύνδεσης και περιλαμβάνει τη λίστα των συνδεδεμένων χρηστών, τη γραμμή κατάστασης καθώς και τη λειτουργία Shout!

Λαμβάνοντας υπόψη την έκταση των αλλαγών που πραγματεύεται η παρούσα εργασία καθώς και το πλήθος των νέων οθονών που πρέπει να ενσωματωθούν εξαιτίας αυτών, καθίσταται αναγκαίος ο ανασχεδιασμός της δικτυακής διεπαφής. Στόχος είναι η αποφυγή της υπερβολικής οπτικής επιβάρυνσης και η βελτίωση της συνολικής εμπειρίας χρήσης.



Εικόνα 4-1(α): Άποψη της αρχικής οθόνης πριν την αναδιάρθρωση - αισθητική αναβάθμιση.



Εικόνα 4-1(β): Άποψη της αρχικής οθόνης μετά την αναδιάρθρωση - αισθητική αναβάθμιση.

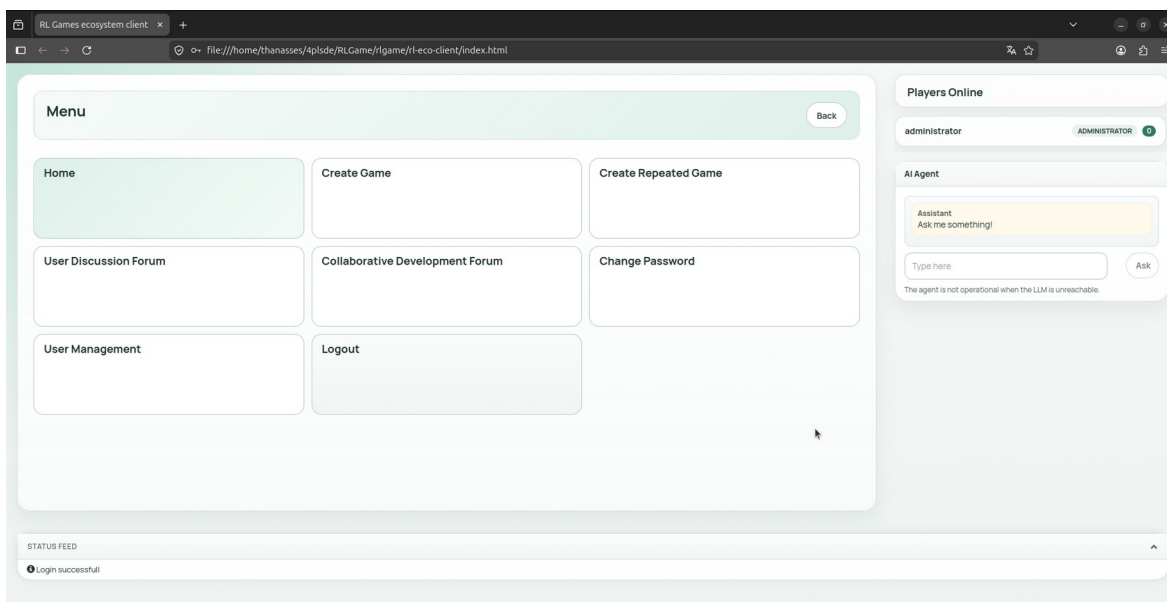
Ο νέος σχεδιασμός, ο οποίος και απεικονίζεται στην Εικόνα 4-1 περιλαμβάνει:

- Τη δημιουργία οθόνης Κεντρικού Μενού (βλ. Εικόνα 4-2), μέσω της οποίας θα είναι δυνατή η πρόσβαση στις διάφορες ενέργειες του συστήματος.
- Τον περιορισμό των στοιχείων της Αρχικής Οθόνης, ώστε αυτή να περιλαμβάνει μόνο μήνυμα καλωσορίσματος, κομβίο πρόσβασης στο Κεντρικό Μενού και λίστα με τα ενεργά παιχνίδια.

- Την τροποποίηση της κοινής διεπαφής, ώστε να περιλαμβάνει και τη διεπαφή του πράκτορα ΤΝ, με παράλληλη αφαίρεση της λειτουργίας Shout!, καθώς η ανάγκη που κάλυπτε θα εξυπηρετείται πλέον πλήρως από τα προς ενσωμάτωση φόρα.

Επιπλέον, η κοινή διεπαφή είναι διαθέσιμη πλέον και στην οθόνη σύνδεσης, ώστε ο πράκτορας ΤΝ να μπορεί να παρέχει δυναμικά οδηγίες χρήσης ακόμη και σε μη συνδεδεμένους χρήστες.

- Την αισθητική αναβάθμιση του θέματος της διεπαφής, ώστε αυτό να είναι πιο φιλικό προς τον χρήστη.



Εικόνα 4-2: Άποψη της οθόνης κεντρικού μενού

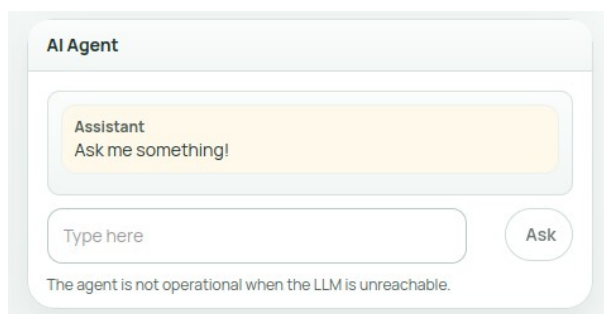
5. Ενσωμάτωση πράκτορα τεχνητής νοημοσύνης στο RLGame

Στόχος είναι, μετά την ενσωμάτωση, ο Πράκτορας TN να διαδραματίζει διπλό ρόλο:

- Ως ψηφιακός βοηθός καθοδήγησης, μέσω του οποίου θα παρέχονται δυναμικά οδηγίες χρήσης και παραμετροποίησης του προγράμματος, και
- Ως ψηφιακός βοηθός εκτέλεσης MCP εργαλείων, μέσω του οποίου δίνεται η δυνατότητα κλήσης επιλεγμένων εργαλείων που τυποποιούν συγκεκριμένες ακολουθίες χειροκίνητων ενεργειών, απλοποιώντας σημαντικά την εμπειρία του χρήστη στο οικοσύστημα.

Αρχικά, υλοποιήθηκε μια πρώιμη μορφή ψηφιακού βοηθού TN, η οποία ενσωματώθηκε στον πηγαίο κώδικα της διαδικτυακής διεπαφής του συστήματος, ως ενσωματωμένο πλαίσιο διαλόγου που εμφανίζεται μετά την επιτυχή είσοδο του χρήστη, στην αρχική οθόνη (βλ. Εικόνα 5-1).

Στην πρώτη του μορφή, ο βοηθός περιοριζόταν αποκλειστικά στην παροχή πληροφοριών προς τον χρήστη, βάσει ενός στατικού εγχειριδίου οδηγιών που υφίστατο σε μορφή Markdown στον πηγαίο κώδικα της Δικτυακής Διεπαφής. Το εγχειρίδιο αυτό αποτύπωνε τη βασική ροή χρήσης του RLGame και χρησιμοποιούνταν ως σώμα γνώσης για την παραγωγή απαντήσεων φυσικής γλώσσας. Σε αυτή τη φάση, ο βοηθός δεν διέθετε δυνατότητα εκτέλεσης MCP εργαλείων ούτε ενεργή διασύνδεση με τον πυρήνα του παιχνιδιού.



Εικόνα 5-1: Άποψη του πράκτορα τεχνητής νοημοσύνης

Σε επόμενη φάση, ο αρχικός βοηθός μετεξελίχθηκε σε *Πράκτορα TN* βασισμένο στο MCP. Με την προσθήκη αυτή, η λειτουργία του δεν περιορίζεται πλέον στη δυναμική παροχή

οδηγιών χρήσης, αλλά επεκτείνεται και στη δυνατότητα κλήσης επιλεγμένων εργαλείων, επιλεγμένων ενεργειών εντός του συστήματος.

5.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά και στοιχεία υλοποίησης

Σε επίπεδο διεπαφής, ο πράκτορας ενσωματώνεται στη δικτυακή διεπαφή μέσω πλαισίου συνομιλίας που εμφανίζεται στην αρχική οθόνη του χρήστη, ενώ σε επίπεδο εξυπηρετητή, ο πράκτορας εκτελείται μέσα από τον πηγαίο κώδικα του `RLGameEcoServer`. Η επικοινωνία με το Μεγάλο Γλωσσικό Μοντέλο και η εκτέλεση εργαλείων γίνονται ελεγχόμενα στο παρασκήνιο. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η απευθείας έκθεση κρίσιμων στοιχείων στη δικτυακή διεπαφή και επιτυγχάνεται καλύτερος έλεγχος της λειτουργίας του πράκτορα.

Επιγραμματικά, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Πράκτορα είναι τα παρακάτω:

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Διεπαφή χρήστη	Ενσωματωμένο πλαίσιο συνομιλίας στο <code>rl-eco-client</code> .
Γλώσσες υλοποίησης διεπαφής	HTML, CSS και JavaScript / Angular.js.
Γλώσσες υλοποίησης backend	Java
Μέθοδος υλοποίησης backend	Ενσωμάτωση στον <code>RLGameEcoServer</code> .
Επικοινωνία με LLM	Μέσω της υπηρεσίας <code>AgentService</code> .
Εκτέλεση εργαλείων	Μέσω MCP.
Έλεγχος πρόσβασης	Βάσει ρόλου και δικαιωμάτων εκτέλεσης εργαλείων.
Παρατηρησιμότητα	Καταγραφή συμβάντων λειτουργίας πράκτορα και εργαλείων μέσω συστημάτων logging και τηλεμετρίας.

Πίνακας 5-1: Επιγραμματική παρουσίαση τεχνικών χαρακτηριστικών πράκτορα TN

5.2. Αλλαγή σχήματος κεντρικής βάσης δεδομένων χρηστών

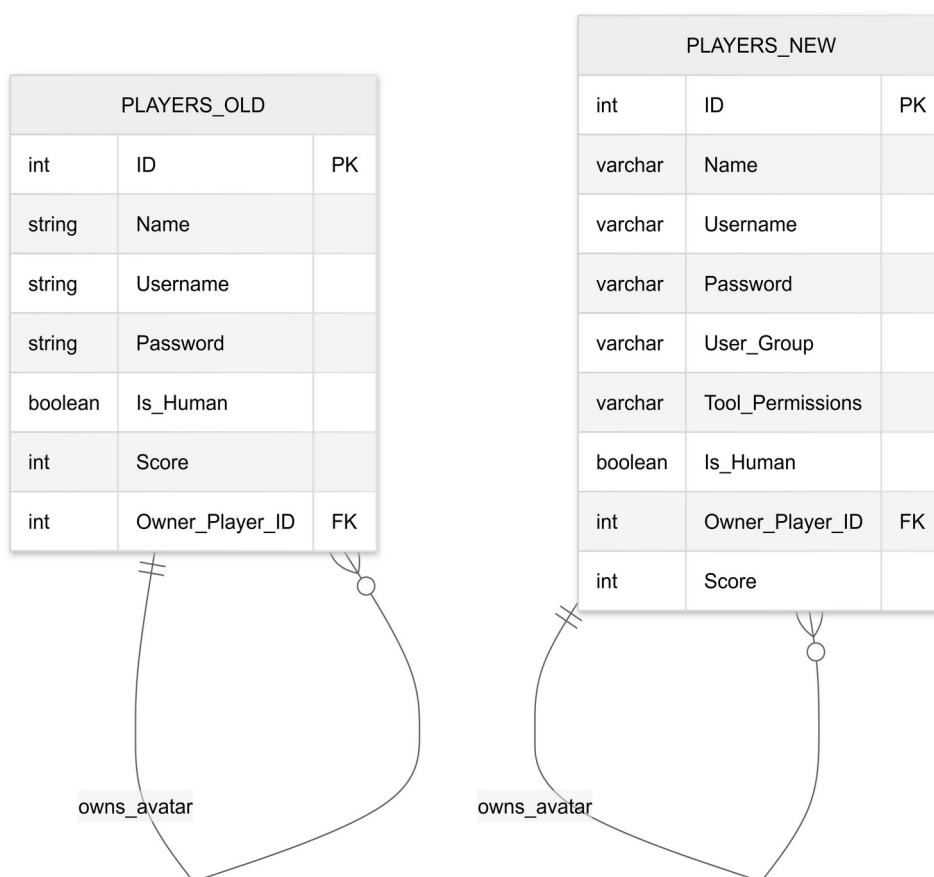
Για την υποστήριξη της ελεγχόμενης εκτέλεσης MCP εργαλείων κρίθηκε αναγκαία η επέκταση του σχήματος της κεντρικής βάσης δεδομένων χρηστών. Η αλλαγή αυτή συνδέεται άμεσα με τη λειτουργία του Πράκτορα TN, καθώς κάθε κλήση εργαλείου πρέπει να ελέγχεται ως προς τα δικαιώματα του χρήστη.

Πλέον, οι χρήστες οργανώνονται στις παρακάτω βασικές κατηγορίες:

Κατηγορία	Περιγραφή
Διαχειριστές	Χρήστες με αυξημένα δικαιώματα διαχείρισης του συστήματος.
Προγραμματιστές	Χρήστες με δικαιώματα τεχνικής ή αναπτυξιακής υποστήριξης.
Παίκτες	Τυπικοί χρήστες της πλατφόρμας.

Πίνακας 5-2: Η νέα κατηγοριοποίηση χρηστών

Για αυτό το λόγο, ο πίνακας χρηστών επεκτάθηκε με πεδίο αποθήκευσης των δικαιωμάτων εκτέλεσης εργαλείων, στο οποίο καταγράφεται το σύνολο των MCP εργαλείων που επιτρέπεται να χρησιμοποιεί κάθε χρήστης. Κατά τη δημιουργία ή τροποποίηση λογαριασμού, τα δικαιώματα μπορούν να αποδίδονται αυτόματα βάσει της κατηγορίας χρήστη ή να διαφοροποιούνται χειροκίνητα από τον διαχειριστή. Μετά τις τροποποιήσεις, το σχήμα της βάσης δεδομένων λαμβάνει τη μορφή του Σχήματος 5-1.



Σχήμα 5-1: UML Διάγραμμα Οντοτήτων - Συσχετίσεων του σχήματος της ΚΒΔ πριν τις αλλαγές (αριστερά) και μετά (δεξιά)

Η συγκεκριμένη επιλογή επιτρέπει αφενός την εφαρμογή προεπιλεγμένων δικαιωμάτων ανά ρόλο και αφετέρου την εξατομικευμένη ρύθμιση δικαιωμάτων σε επίπεδο μεμονωμένου λογαριασμού.

5.3. Προσθήκη οθόνης διαχείρισης χρηστών και δικαιωμάτων MCP εργαλείων

Μετά την αλλαγή του σχήματος της Κεντρικής Βάσης Δεδομένων των χρηστών, σκόπιμη κρίθηκε η προσθήκη *Οθόνης Διαχείρισης Χρηστών και Δικαιωμάτων MCP Εργαλείων* στη δικτυακή διεπαφή του RLGame. Μέσω αυτής δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας νέων χρηστών, τροποποίησης υφιστάμενων λογαριασμών, αλλαγής ρόλου (κατηγορίας χρήστη), μεταβολής δικαιωμάτων χρήσης MCP εργαλείων και διαγραφής χρηστών.

Η αναγκαιότητα υλοποίησης της συγκεκριμένης αλλαγής έγκειται στα παρακάτω:

- Μέχρι πρότινος δεν υπήρχε η δυνατότητα προσθαφαίρεσης χρηστών μέσω της δικτυακής διεπαφής, γεγονός που καθιστούσε υποχρεωτική τη διενέργεια της διαδικασίας χειροκίνητα στο επίπεδο της βάσης δεδομένων.
- Το RLGame πρέπει να υποστηρίζει διαφορετικές κατηγορίες χρηστών, με λειτουργίες που δεν είναι διαθέσιμες σε όλους με τον ίδιο τρόπο. Δεδομένου ότι στο ίδιο περιβάλλον συνυπάρχουν η διαχείριση λογαριασμών, η πρόσβαση στις λειτουργίες του συστήματος και η εκτέλεση εργαλείων MCP, απαιτείται ένα ενιαίο σημείο ελέγχου από το οποίο ο διαχειριστής θα ορίζει με σαφήνεια τα δικαιώματα κάθε χρήστη. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζονται η ασφαλής χρήση του συστήματος και η εύρυθμη λειτουργία του.

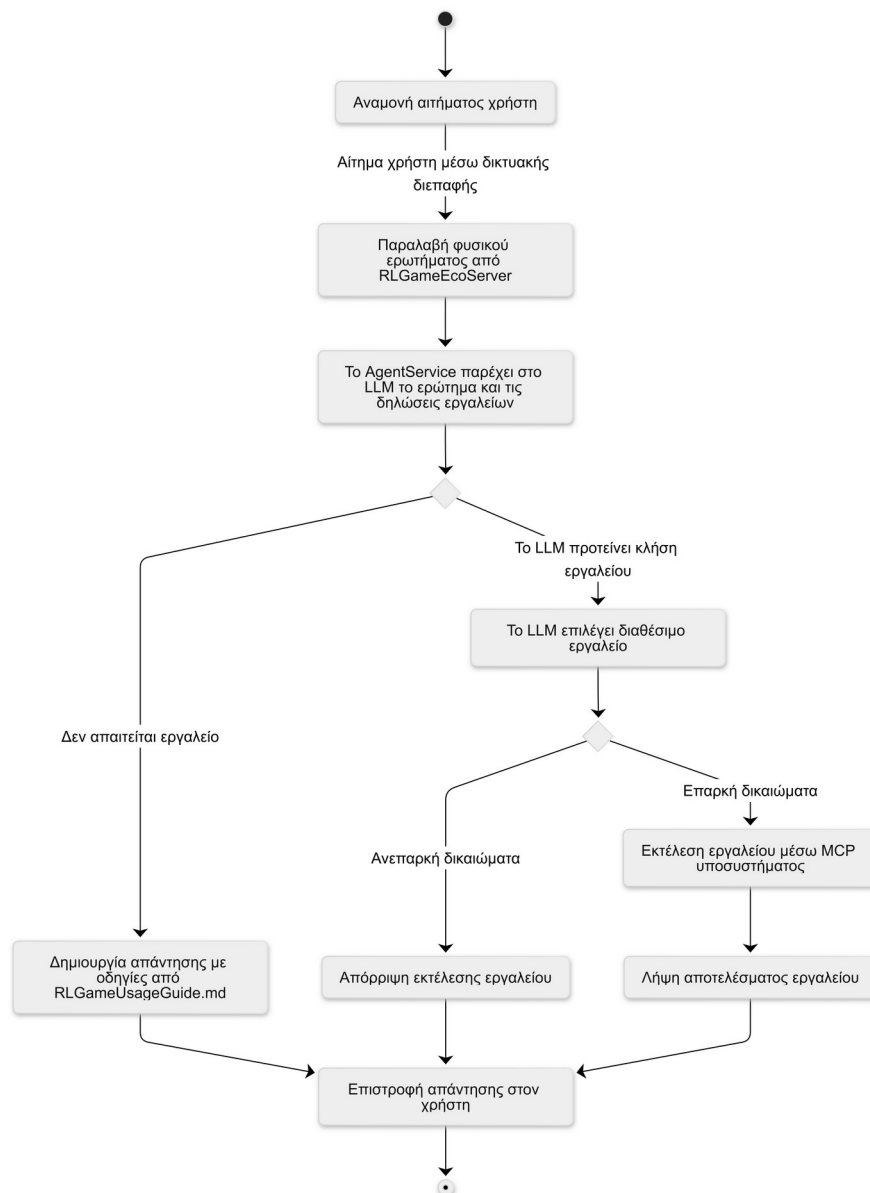
Η πρόσβαση στην οθόνη επιτρέπεται μόνο σε Διαχειριστές και γίνεται μέσω της *Οθόνης Κεντρικού Μενού*.

5.4. Υλοποίηση MCP πράκτορα στον RLGameEcoServer

Η υλοποίηση του πράκτορα TN ενσωματώθηκε στον RLGameEcoServer, ώστε η λειτουργία του να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με τους μηχανισμούς διαχείρισης της πλατφόρμας και να μπορεί να αξιοποιεί ελεγχόμενα τις λειτουργίες του συστήματος. Η επιλογή αυτή αποφεύγει την απευθείας εκτέλεση ενεργειών από τη δικτυακή διεπαφή και

επιτρέπει την εφαρμογή ενιαίων κανόνων ασφάλειας, ελέγχου πρόσβασης, καταγραφής συμβάντων και τηλεμετρίας.

Η λειτουργία του πράκτορα βασίζεται στη συνεργασία δύο βασικών επιπέδων. Το AgentService αναλαμβάνει την επικοινωνία με το γλωσσικό μοντέλο και τη διαχείριση της συνομιλίας, ενώ το MCP υποσύστημα αναλαμβάνει τη δήλωση, επιλογή και εκτέλεση των διαθέσιμων εργαλείων. Με τον διαχωρισμό αυτόν, η λογική της συνομιλίας παραμένει ανεξάρτητη από τη λογική εκτέλεσης ενεργειών στην πλατφόρμα.



Σχήμα 5-2: UML Διάγραμμα Καταστάσεων λειτουργίας Πράκτορα TN

Η συνολική ροή λειτουργίας παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-2. Όπως φαίνεται, το αίτημα του χρήστη παραλαμβάνεται από τον RLGameEcoServer και προωθείται στο γλωσσικό μοντέλο μαζί με τις διαθέσιμες δηλώσεις εργαλείων. Αν δεν απαιτείται χρήση εργαλείου, ο πράκτορας δημιουργεί απάντηση με βάση τις οδηγίες χρήσης της πλατφόρμας. Αντίθετα, όταν το μοντέλο προτείνει την κλήση εργαλείου, η εκτέλεση δεν πραγματοποιείται απευθείας, αλλά προηγείται έλεγχος των δικαιωμάτων του χρήστη. Μόνο σε περίπτωση επαρκών δικαιωμάτων το εργαλείο εκτελείται μέσω του MCP υποσυστήματος· διαφορετικά η εκτέλεση απορρίπτεται.

Με αυτόν τον τρόπο, ο πράκτορας λειτουργεί ως ελεγχόμενο επίπεδο αλληλεπίδρασης μεταξύ χρήστη, γλωσσικού μοντέλου και RLGame. Το γλωσσικό μοντέλο συμβάλλει στην κατανόηση του αιτήματος και στην επιλογή πιθανής ενέργειας, αλλά η τελική εκτέλεση παραμένει υπό τον έλεγχο του RLGameEcoServer και των μηχανισμών δικαιωμάτων της πλατφόρμας.

Για λόγους παρατηρησιμότητας, οι βασικές ενέργειες του πράκτορα και των MCP εργαλείων καταγράφονται από τους μηχανισμούς δομημένης καταγραφής συμβάντων και τηλεμετρίας. Η καταγραφή αυτή επιτρέπει την επιβεβαίωση της ορθής λειτουργίας του πράκτορα, την ανίχνευση αποτυχημένων ή μη εξουσιοδοτημένων κλήσεων εργαλείων και τη μελλοντική αξιολόγηση της χρήσης του συστήματος.

5.4.1. Αρχιτεκτονική

Ο MCP Εξυπηρετητής είναι ενσωματωμένος στον RLGameEcoServer και οργανώνεται γύρω από τα δύο βασικά επίπεδα που εικονίζονται στον Πίνακα 5-3:

Επίπεδο	Ρόλος
AgentService	Διαχειρίζεται την επικοινωνία με το LLM και τη ροή του chatbot.
MCP υποσύστημα	Διαχειρίζεται τη δήλωση, φόρτωση, καταχώριση και εκτέλεση εργαλείων.

Πίνακας 5-3: Βασικά επίπεδα οργάνωσης MCP εξυπηρετητή στον RLGameEcoServer

Πιο συγκεκριμένα, ο MCP Εξυπηρετητής εντοπίζεται στο πακέτο `gr.eap.RLGameEcoServer.mcp`, με την επικοινωνία με τους MCP clients να πραγματοποιείται μέσω JSON-RPC 2.0 μέσω `stdin/stdout`.

Περισσότερες λεπτομέρειες για την αρχιτεκτονική και την υλοποίηση του Πράκτορα TN παρατίθενται αναλυτικά στο Παράρτημα Β.

5.4.2. Ροή ενεργειών πράκτορα

Η γενική ροή λειτουργίας του Πράκτορα TN μέσω της δικτυακής διεπαφής είναι η εξής:

1. Ο χρήστης υποβάλλει αίτημα μέσω της δικτυακής διεπαφής.
2. Το αίτημα προωθείται στον RLGameEcoServer.
3. Το AgentService αναλαμβάνει τη ροή του chatbot και την επικοινωνία με το LLM.
4. Το AgentService αποστέλλει στο LLM το αίτημα του χρήστη μαζί με τις δηλώσεις των διαθέσιμων MCP εργαλείων (MCP στάδια initialize και tools/list).
5. Το LLM είτε συνθέτει απάντηση φυσικής γλώσσας είτε επιστρέφει πρόταση κλήσης εργαλείου (MCP στάδιο tools/call).
6. Αν προταθεί κλήση εργαλείου, ο RLGameEcoServer ελέγχει αν ο χρήστης διαθέτει το απαιτούμενο δικαίωμα εκτέλεσης.
7. Αν ο έλεγχος είναι επιτυχής, το αντίστοιχο εργαλείο εκτελείται μέσω του MCP υποσυστήματος.
8. Το αποτέλεσμα του εργαλείου, εφόσον υπάρχει, ενσωματώνεται στην απάντηση προς τον χρήστη και επιστρέφεται μέσω της διεπαφής.

Η παραπάνω ροή αφορά τη λειτουργία του ενσωματωμένου πράκτορα της δικτυακής διεπαφής. Παράλληλα, ο McpStdioServer λειτουργεί ως διακριτός MCP εξυπηρετητής για απευθείας κλήσεις JSON-RPC 2.0 από MCP clients, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι κάθε αίτημα του web chatbot δρομολογείται πρώτα μέσω του συγκεκριμένου endpoint.

5.4.3. Ενδεικτική εργαλειοθήκη MCP

Η πρόσβαση σε κάθε εργαλείο καθορίζεται από τα δικαιώματα του συνδεδεμένου χρήστη, όπως αυτά απεικονίζονται στον Πίνακα 5-4. Έτσι, ο πράκτορας δεν λειτουργεί ανεξέλεγκτα, αλλά εντάσσεται στον υβριδικό μηχανισμό ελέγχου πρόσβασης του RLGame.

Στον MCP Εξυπηρετητή ενσωματώθηκαν τα παρακάτω ενδεικτικά εργαλεία MCP:

Εργαλείο	Περιγραφή	Δικαιώματα Εκτέλεσης		
		Διαχειριστές	Προγραμματιστές	Χρήστες
create_user	Δημιουργία νέου χρήστη της πλατφόρμας.	✓		
delete_user	Διαγραφή υφιστάμενου χρήστη.	✓		
change_user_role	Αλλαγή ρόλου και δικαιωμάτων εργαλείων υφιστάμενου χρήστη.	✓		
show_user_info	Προβολή πληροφοριών χρήστη, κατάστασης σύνδεσης, ρόλου, σκορ και δικαιωμάτων.	✓	✓	
get_system_overview	Προβολή συνοπτικής εικόνας του συστήματος.	✓	✓	
create_game	Δημιουργία νέου παιχνιδιού από τον αιτούντα χρήστη ή από συνδεδεμένο avatar του.	✓		✓

Πίνακας 5-4: Πίνακας ενσωματωμένων MCP εργαλείων στον RLGameEcoServer με τα δικαιώματα εκτέλεσής τους

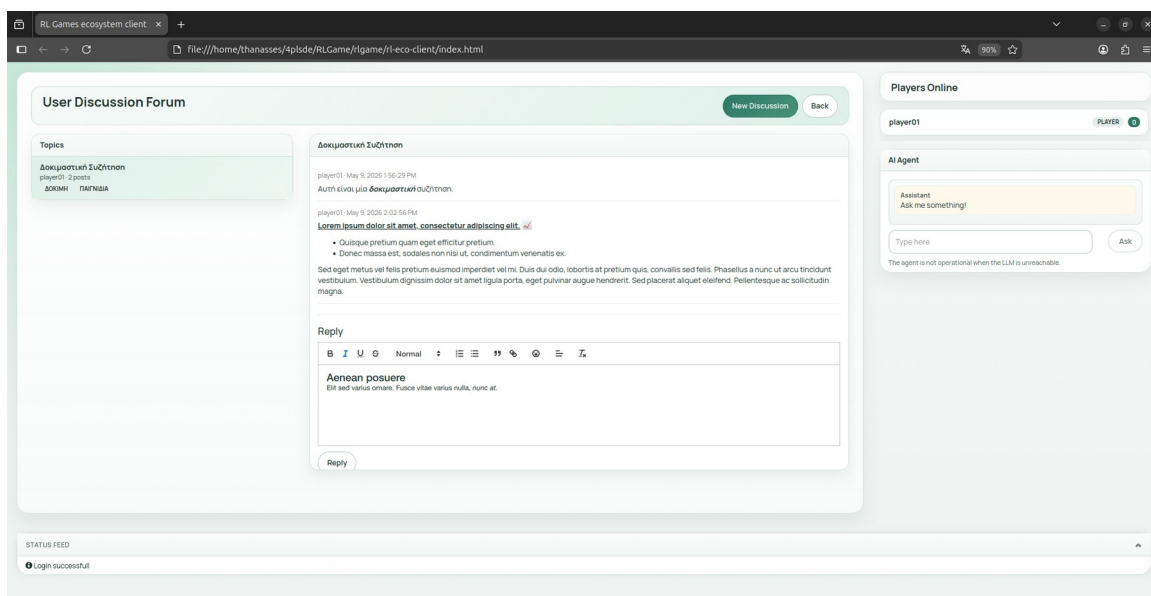
6. Ενσωμάτωση φόρα συζήτησης χρηστών και συνεργατικής ανάπτυξης

6.1. Φόρουμ συζήτησης χρηστών

Απευθύνεται σε όλους τους χρήστες και λειτουργεί ως χώρος ασύγχρονης συζήτησης μεταξύ των χρηστών.

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6-1, πρόκειται για ένα τυπικό φόρουμ, στο οποίο οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να δημιουργούν συζητήσεις (discussions) και να επικοινωνούν μεταξύ τους. Οι αναρτήσεις των χρηστών έχουν τη μορφή εμπλουτισμένου κειμένου (rich text) και μπορούν να διαγραφούν ή να τροποποιηθούν μετά τη δημοσίευσή τους. Επιπλέον, οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα δημιουργίας ή διαγραφής συζητήσεων, ορισμού λέξεων κλειδιών καθώς και επεξεργασίας ή διαγραφής των απαντήσεών τους σε αυτές.

Η πρόσβαση στο φόρουμ γίνεται από την *Οθόνη Κεντρικού Μενού*.



Εικόνα 6-1: Άποψη του φόρουμ συζήτησης χρηστών

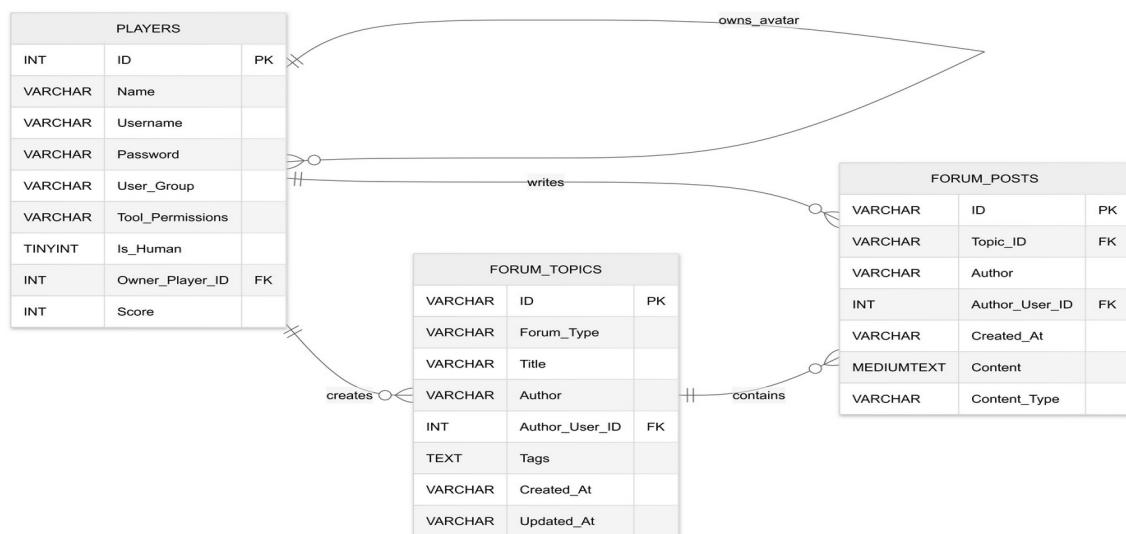
Καθώς η λειτουργικότητα του λειτουργικού στοιχείου *Shout!* καλύπτεται πλήρως από το νέο φόρουμ συζήτησης χρηστών, το εν λόγω στοιχείο καθίσταται περιττό για το σύστημα και, κατά συνέπεια, καταργήθηκε.

6.1.1. Αλλαγή σχήματος κεντρικής βάσης δεδομένων

Η ενσωμάτωση των φόρα δημιούργησε την ανάγκη αποθήκευσης των σχετικών δεδομένων στην ΚΒΔ του συστήματος, γεγονός που κατέστησε αναγκαία την υλοποίηση μιας επιπλέον αλλαγής στο σχήμα της.

Η αλλαγή αυτή προέβλεπε την προσθήκη δύο επιπρόσθετων πινάκων στο σχήμα της ΚΒΔ:

- Του πίνακα `FORUM_TOPICS`, στον οποίο αποθηκεύονται τα στοιχεία κάθε συζήτησης, καθώς και
- Του πίνακα `FORUM_POSTS`, στον οποίο αποθηκεύονται τα δεδομένα κάθε δημοσίευσης.



Σχήμα 6-2: UML διάγραμμα οντοτήτων - συσχετίσεων του τελικού σχήματος της κεντρικής βάσης δεδομένων

6.2. Φόρουμ συνεργατικής ανάπτυξης

Κινείται στην ίδια λογική με το *Φόρουμ Επικοινωνίας Χρηστών*, με τις παρακάτω διαφορές:

- Δικαίωμα πρόσβασης έχουν μόνον οι Διαχειριστές (administrators) και οι Προγραμματιστές (developers) του συστήματος.

- Η εισαγωγή των απαντήσεων δεν γίνεται σε μορφή εμπλουτισμένου κειμένου, αλλά σε μορφή κώδικα GitLab Flavored Markdown (GLFM), με ενσωματωμένες τις επεκτάσεις
 - *KaTeX* για την παραγωγή μαθηματικών τύπων
 - *Mermaid.js*, το οποίο δίνει τη δυνατότητα παραγωγής μεγάλης ποικιλίας διαγραμμάτων (βλ. Πίνακα 6-1) με πολύ απλό συντακτικό.

Διάγραμμα	Περιγραφή
Flowchart	Διάγραμμα ροής για διαδικασίες, αποφάσεις και συνδέσεις μεταξύ βημάτων.
Sequence Diagram	Διάγραμμα ακολουθίας για την επικοινωνία μεταξύ αντικειμένων/συστημάτων στον χρόνο.
Class Diagram	UML διάγραμμα κλάσεων, ιδιοτήτων, μεθόδων και σχέσεων.
State Diagram	Διάγραμμα καταστάσεων και μεταβάσεων ενός συστήματος ή αντικειμένου.
Entity Relationship Diagram	ER διάγραμμα για οντότητες, γνωρίσματα και σχέσεις βάσεων δεδομένων.
Requirement Diagram	Διάγραμμα απαιτήσεων και σχέσεων μεταξύ απαιτήσεων/στοιχείων.
GitGraph (Git) Diagram	Οπτικοποίηση Git branches, commits και merges.
Architecture	Διάγραμμα αρχιτεκτονικής με υπηρεσίες, ομάδες ή υποσυστήματα.
Treemap	Ιεραρχικό διάγραμμα επιφανειών για αναλογικά μεγέθη.
TreeView	Δενδρική προβολή ιεραρχικής δομής.

Πίνακας 6-1: Επιλεγμένα διαγράμματα που υποστηρίζει το εργαλείο Mermaid.js

7. Βελτίωση παρατηρησιμότητας

7.1. Ενσωμάτωση συστήματος δομημένης καταγραφής συμβάντων

Η ενσωμάτωση μηχανισμού καταγραφής συμβάντων (logging) υλοποιήθηκε στον RLGameEcoServer, καθώς αυτός αποτελεί το «κέντρο συντονισμού» του οικοσυστήματος του RLGame και τον βασικό αποδέκτη και διαχειριστή των μηνυμάτων που αποστέλλονται από τους συμμετέχοντες. Ο διακομιστής καταγράφει λειτουργικά συμβάντα που σχετίζονται με την εκκίνηση και λειτουργία της υπηρεσίας, τις συνδέσεις WebSocket, την αυθεντικοποίηση χρηστών, τη λήψη και επεξεργασία μηνυμάτων, τη δημιουργία και εξέλιξη παρτίδων, τις προσκλήσεις, τη συμμετοχή ή αποχώρηση παικτών, τις κινήσεις και τα σφάλματα. Επιπλέον, επειδή από τον server εκτελούνται και οι βασικές λειτουργίες πρόσβασης στη βάση δεδομένων, αποτελεί το καταλληλότερο σημείο για κεντρική και συστηματική καταγραφή της λειτουργικής συμπεριφοράς του συστήματος.

Προσδοκώμενα αποτελέσματα είναι:

- η συστηματική αποτύπωση της λειτουργικής συμπεριφοράς του συστήματος σε πραγματικό χρόνο,
- η διευκόλυνση της διάγνωσης σφαλμάτων και αστοχιών,
- η υποστήριξη της διαδικασίας συντήρησης και μελλοντικής επέκτασης του κώδικα,
- η εξαγωγή βασικών στατιστικών χρήσης (π.χ. συνδέσεις, δημιουργία παρτίδων, κινήσεις), και
- η ενίσχυση της διαφάνειας και της παρατηρησιμότητας του συστήματος χωρίς να επηρεάζεται η ροή του παιχνιδιού.

Χρησιμοποιήθηκαν οι Java βιβλιοθήκες *SLF4J* ως διεπαφή καταγραφής και το *Logback* ως υλοποίηση, ώστε να υπάρχει σαφής διαχωρισμός διεπαφής-υλοποίησης και δυνατότητα μελλοντικής αλλαγής της υλοποίησης χωρίς να απαιτούνται αλλαγές στον κώδικα.

Το σχήμα δομημένης καταγραφής συμβάντων χρησιμοποιείται για την τυποποιημένη αποτύπωση των λειτουργικών γεγονότων που παράγονται από τον RLGameEcoServer. Κάθε εγγραφή οργανώνεται σε συγκεκριμένα πεδία, όπως χρόνος, επίπεδο σοβαρότητας, είδος συμβάντος, συνεδρία, αίτημα και χρήστης, ώστε τα logs να μπορούν να αναζητηθούν, να φιλτραριστούν και να συσχετιστούν ευκολότερα.

Πέρα από τα κοινά πεδία, το σχήμα περιλαμβάνει και ειδικά πεδία ανά κατηγορία συμβάντος, όπως WebSocket συνδέσεις, προσπάθειες εισόδου, εντολές client, δημιουργία παρτίδων και κινήσεις παικτών. Με αυτόν τον τρόπο η καταγραφή δεν λειτουργεί απλώς ως απλό αρχείο μηνυμάτων, αλλά ως μηχανισμός παρατηρησιμότητας και διάγνωσης της συμπεριφοράς του συστήματος.

Αναλυτικότερη παρουσίαση της αρχιτεκτονικής και του σχήματος των υποσυστημάτων logging και τηλεμετρίας γίνεται στο Παράρτημα Γ.

7.2. Ενσωμάτωση συστήματος τηλεμετρίας

Η τηλεμετρία του RLGame σχεδιάστηκε ως συμπληρωματικό εργαλείο παρατηρησιμότητας σε σχέση με τη δομημένη καταγραφή συμβάντων. Ενώ η δομημένη καταγραφή συμβάντων αποτυπώνει επιμέρους γεγονότα εκτέλεσης για σκοπούς διάγνωσης και αποσφαλμάτωσης, η τηλεμετρία εστιάζει κυρίως στο πλαίσιο μέσα στο οποίο συμβαίνουν τα γεγονότα αυτά, παρέχοντας συνολική εικόνα για τη συμπεριφορά και την κατάσταση του συστήματος. Έτσι, είναι σε θέση να οργανώνει εύκολα τα συμβάντα αυτά σε μετρήσιμους δείκτες και ροές ενεργειών, επιτρέποντας την αποτίμηση της λειτουργικής συμπεριφοράς του συστήματος.

Στην παρούσα εργασία, η τηλεμετρία χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση λειτουργιών όπως η είσοδος χρηστών, η δημιουργία και εξέλιξη παρτίδων, οι κινήσεις, οι προσκλήσεις, η χρήση των φόρα και η αλληλεπίδραση με τον Πράκτορα TN. Για σύνθετες λειτουργίες υιοθετείται η έννοια των *ροών (funnels)*, όπου κάθε ενέργεια αναλύεται σε διαδοχικά βήματα, ώστε να μπορεί να εντοπιστεί το σημείο ολοκλήρωσης, αποτυχίας ή απόρριψης.

Οι κυριότεροι αριθμοδείκτες που παράγει η τηλεμετρία αφορούν:

- στη χρήση του πράκτορα και των MCP εργαλείων,
- τη συμπεριφορά των χρηστών ανά ρόλο,
- την εξέλιξη βασικών ροών λειτουργίας, και
- τη συνολική ημερήσια δραστηριότητα της πλατφόρμας.

Ειδικότερα, το σύστημα αποτυπώνει πλήθος κλήσεων εργαλείων, επιτυχημένες, απορριφθείσες και αποτυχημένες κλήσεις, καθώς και το ποσοστό επιτυχίας τους, το οποίο υπολογίζεται από τον λόγο των επιτυχών κλήσεων προς το σύνολο αυτών. Παράλληλα, παράγει δείκτες χρήσης ανά ρόλο χρήστη, συγκεντρωτικά βήματα για ροές όπως η σύνδεση στο σύστημα, ο κύκλος ζωής κάθε παιγνιδιού, καθώς και ημερήσια τάση των βασικών δεικτών, ώστε να είναι δυνατή η συνολική παρακολούθηση της λειτουργίας και της αξιοποίησης του RLGame.

Όπως και στο σύστημα Δομημένης Καταγραφής Συμβάντων, η συλλογή δεδομένων περιορίζεται σε λειτουργικά συμβάντα και μεταδεδομένα. Δεν καταγράφονται κωδικοί πρόσβασης ή περιεχόμενο που δεν είναι απαραίτητο για την αξιολόγηση της λειτουργίας του συστήματος. Με τον τρόπο αυτό, η τηλεμετρία παρέχει χρήσιμη εικόνα για την κατάσταση και τη χρήση του RLGame, διατηρώντας παράλληλα σαφή όρια ως προς το είδος των δεδομένων που συλλέγονται.

8. Περιορισμοί / παραδοχές

8.1. RLGameLauncher

- Η εκτέλεση του RLGame θεωρείται ότι πραγματοποιείται σε ελεγχόμενο και έμπιστο τοπικό περιβάλλον ανάπτυξης ή δοκιμών.
- Τα προεπιλεγμένα διαπιστευτήρια χρηστών είναι ενδεικτικά και χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για ανάπτυξη και δοκιμές.
- Η βάση δεδομένων υλοποιείται ως τοπικό αρχείο SQLite και δεν εξετάστηκε σενάριο χρήσης απομακρυσμένης βάσης δεδομένων.
- Η δικτυακή επικοινωνία browser–RLGameEcoServer παραμένει τοπική και μη κρυπτογραφημένη, μέσω `ws://127.0.0.1:33313` και όχι μέσω `wss://`. Το προγενέστερο ζήτημα SSL της σύνδεσης MySQL/MariaDB δεν υφίσταται πλέον, επειδή η τελική βάση δεδομένων είναι τοπικό αρχείο SQLite.
- Δεν εφαρμόζονται μηχανισμοί ενισχυμένης πιστοποίησης, κρυπτογραφημένης αποθήκευσης δεδομένων ή προηγμένης ασφάλειας.
- Η συμβατότητα με Microsoft Windows έχει ελεγχθεί σε συγκεκριμένο περιβάλλον δοκιμών, δηλαδή σε εικονική μηχανή με Windows 11 Education. Δεν τεκμηριώνεται πλήρως η ορθή λειτουργία σε όλες τις εκδόσεις ή διαμορφώσεις Windows.
- Η υποστήριξη Windows εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα του winget και από την επιτυχή εγκατάσταση των απαιτούμενων εξαρτίσεων. Σε παλαιότερα ή περιορισμένα περιβάλλοντα Windows η αυτοματοποιημένη εγκατάσταση ενδέχεται να αποτύχει.

8.2. Σύστημα καταγραφής συμβάντων

- Η καταγραφή συμβάντων έχει σχεδιαστεί για τοπικό και ελεγχόμενο περιβάλλον, χωρίς μηχανισμούς προστασίας των αρχείων καταγραφής (λ.χ. μέσω κρυπτογράφησης αυτών).
- Η καταγραφή αναλυτικών συμβάντων εξαρτάται από το επιλεγμένο επίπεδο καταγραφής.
- Δεν περιλαμβάνονται μηχανισμοί ή λειτουργίες αυτοματοποιημένης ανάλυσης.
- Η υλοποίηση προϋποθέτει προσεκτική επιλογή των καταγραφόμενων πεδίων, ώστε να αποφεύγεται η αποθήκευση ευαίσθητων δεδομένων, όπως κωδικοί πρόσβασης.

8.3. Σύστημα τηλεμετρίας

- Το σύστημα τηλεμετρίας βασίζεται σε προκαθορισμένο σύνολο γεγονότων και πεδίων. Η προσθήκη νέων τύπων δεδομένων απαιτεί τροποποίηση του υφιστάμενου σχήματος.
- Δεν υλοποιήθηκε σύστημα οπτικοποίησης των παραγόμενων δεδομένων τηλεμετρίας.
- Ο αριθμός των παραγόμενων αριθμοδεικτών είναι περιορισμένος και η εξειδίκευσή τους παραμένει σχετικά χαμηλή, γεγονός που περιορίζει το βάθος των συμπερασμάτων που μπορούν να εξαχθούν.

8.4. Πράκτορας τεχνητής νοημοσύνης και MCP υποσύστημα

- Η λειτουργία του Πράκτορα TN εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα και τη σωστή ρύθμιση εξωτερικού Μεγάλου Γλωσσικού Μοντέλου. Σε περίπτωση απουσίας ή αστοχίας του LLM, η λειτουργικότητα του πράκτορα περιορίζεται σημαντικά.
- Πιθανές αστοχίες στην αναγνώριση πρόθεσης ή στην επιλογή εργαλείου από το LLM ενδέχεται να οδηγήσουν σε μη αναμενόμενη ή μη επιθυμητή συμπεριφορά.
- Το MCP υποσύστημα είναι ενσωματωμένο στον RLGameEcoServer και δεν λειτουργεί ως πλήρως ανεξάρτητη υπηρεσία, γεγονός που περιορίζει την επαναχρησιμοποίησή του σε τρίτα συστήματα.
- Η εργαλειοθήκη περιλαμβάνει περιορισμένο σύνολο MCP εργαλείων, το οποίο καλύπτει βασικές λειτουργίες του συστήματος, χωρίς να υποστηρίζει σύνθετα σενάρια χρήσης.
- Δεν υποστηρίζεται εκτέλεση πολλαπλών εργαλείων στο ίδιο σύνθετο αίτημα.
- Η προσθήκη νέων εργαλείων απαιτεί επανεκκίνηση του RLGameEcoServer, ώστε να φορτωθούν οι αλλαγές στο μητρώο εργαλείων.
- Ως «πηγή γνώσης» για την παροχή οδηγιών χρήσης του συστήματος από τον Πράκτορα χρησιμοποιείται στατικό εγχειρίδιο Markdown, που εντοπίζεται στον πηγαίο κώδικά του.

8.5. Διαχείριση χρηστών και δικαιωμάτων

- Η διαχείριση χρηστών γίνεται μέσω της δικτυακής διεπαφής και δεν έχει υλοποιηθεί ξεχωριστή διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών (Application Programming Interface – API) για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας.

- Το μοντέλο ελέγχου πρόσβασης έχει υλοποιηθεί με στατικούς κανόνες στον RLGameEcoServer, γεγονός που περιορίζει τη δυναμική προσαρμογή πολιτικών ασφάλειας χωρίς τροποποίηση του κώδικα.

8.6. Φόρουμ συζήτησης χρηστών

- Η κατάργηση του στοιχείου *Shout!* απλοποιεί τη διεπαφή, αλλά αφαιρεί έναν άμεσο μηχανισμό σύντομης επικοινωνίας. Το φόρουμ καλύπτει κυρίως ασύγχρονη και οργανωμένη επικοινωνία.
- Δεν έχουν υλοποιηθεί μηχανισμοί ελέγχου ως προς την αποτροπή κακόβουλου ή ανεπιθύμητου περιεχομένου στο εμπλουτισμένο κείμενο του φόρουμ.

8.7. Φόρουμ συνεργατικής ανάπτυξης

Η χρήση GLFM με ενσωματωμένα τα εργαλεία KaTeX και Mermaid.js αυξάνει την εκφραστικότητα των τεχνικών αναρτήσεων, αλλά απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή ως προς την ασφάλεια, ιδίως για την αποτροπή επιθέσεων Cross-Site Scripting (XSS).

9. Αξιολόγηση υλοποίησης και σενάρια ελέγχου

9.1. Σκοπός της αξιολόγησης

Σκοπός της ενότητας είναι η επαλήθευση της ορθής λειτουργίας των βασικών υποσυστημάτων που αναπτύχθηκαν ή επεκτάθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας. Η αξιολόγηση δεν αποσκοπεί στη μέτρηση επιδόσεων υπό συνθήκες φόρτου, αλλά στον έλεγχο λειτουργικής πληρότητας, συμβατότητας και ορθής ενσωμάτωσης των επιμέρους προσθηκών στο οικοσύστημα του RLGame.

Οι έλεγχοι επικεντρώνονται στα ακόλουθα σημεία:

1. στην εκκίνηση και λειτουργία του RLGameLauncher,
2. στην εγκατάσταση ή επαλήθευση των αναγκαίων εξαρτίσεων,
3. στην αρχικοποίηση της βάσης δεδομένων,
4. στην εκκίνηση του RLGameEcoServer, του rl-eco-client και των avatar clients,
5. στη λειτουργία του MCP υποσυστήματος,
6. στη λειτουργία του Πράκτορα TN,
7. στον έλεγχο δικαιωμάτων εκτέλεσης εργαλείων,
8. στη λειτουργία των φόρα συζήτησης και συνεργατικής ανάπτυξης,
9. στη δημιουργία καταγραφών συμβάντων και δεδομένων τηλεμετρίας.

Με τον τρόπο αυτό επιδιώκεται να τεκμηριωθεί ότι οι υλοποιημένες παρεμβάσεις ανταποκρίνονται στους στόχους της εργασίας και ότι μπορούν να υποστηρίξουν την εγκατάσταση, χρήση, διαχείριση και επέκταση του RLGame σε ελεγχόμενο περιβάλλον δοκιμών.

9.2. Περιβάλλον ελέγχου

Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε τοπικό και ελεγχόμενο περιβάλλον, χωρίς έκθεση του συστήματος σε δημόσιο δίκτυο. Το περιβάλλον αυτό είναι συμβατό με τις παραδοχές της

εργασίας, σύμφωνα με τις οποίες το RLGame εκτελείται κυρίως για σκοπούς ανάπτυξης, δοκιμών και επίδειξης.

9.2.1. Λειτουργικό σύστημα

Οι βασικοί έλεγχοι εκτελέστηκαν σε δύο κατηγορίες λειτουργικών συστημάτων:

Λειτουργικό Σύστημα	Περιγραφή και Αιτιολόγηση επιλογής
Lubuntu	Ελαφρύ λειτουργικό σύστημα της οικογένειας Debian. Επιλέχθηκε λόγω του εξαιρετικά περιορισμένου αριθμού προεγκατεστημένων εξαρτίσεων, προσομοιώνοντας ουσιαστικά το «χειρότερο δυνατό σενάριο» ως προς την κάλυψη των απαιτούμενων εξαρτίσεων.
Microsoft Windows	Το πλέον διαδεδομένο λειτουργικό σύστημα για προσωπικούς υπολογιστές. Η επιλογή του διευρύνει σημαντικά το κοινό στο οποίο απευθύνεται η υλοποίηση.

Πίνακας 9-1: Λειτουργικά συστήματα δοκιμών

Για τη διενέργεια των ελέγχων του Πίνακα 9-3 χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό εικονοποίησης (virtualization software) Oracle VirtualBox.

9.2.2. Εκδόσεις Python, Java/JDK και βάσης δεδομένων

Το περιβάλλον ελέγχου περιλαμβάνει τις ακόλουθες βασικές εξαρτίσεις:

Συνιστώσα	Έκδοση
Python	3.12.10
Java Development Kit	17.0.19
SQLite	3.7.15
Browser	Lubuntu: Mozilla Firefox 149.0.2 Microsoft Windows: Microsoft Edge 149.0.4022.52
Λειτουργικό σύστημα	Lubuntu: 26.04 LTS Microsoft Windows: 11 (Education Edition)
Oracle VirtualBox	7.2.6

Πίνακας 9-2: Χρησιμοποιούμενες εκδόσεις του εμπλεκόμενου λογισμικού στις δοκιμές

9.2.3. Περιορισμοί περιβάλλοντος ελέγχου

Οι έλεγχοι πραγματοποιούνται υπό τους εξής περιορισμούς:

1. Το σύστημα εκτελείται σε τοπικό περιβάλλον.
2. Δεν αξιολογείται η συμπεριφορά υπό μεγάλο αριθμό ταυτόχρονων χρηστών.
3. Δεν πραγματοποιείται έλεγχος ασφάλειας παραγωγικού επιπέδου.
4. Η επικοινωνία client-server γίνεται τοπικά μέσω μη κρυπτογραφημένου WebSocket και όχι μέσω SSL/TLS. Το προγενέστερο ζήτημα SSL της MySQL/MariaDB δεν εξετάζεται πλέον ως ενεργός περιορισμός, επειδή η τελική υλοποίηση χρησιμοποιεί τοπική SQLite.
5. Η λειτουργία του Πράκτορα TN εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα και ορθή ρύθμιση του εξωτερικού LLM.
6. Η αξιολόγηση των απαντήσεων φυσικής γλώσσας του Πράκτορα γίνεται λειτουργικά και όχι με μετρικές ποιότητας γλωσσικών μοντέλων.

Οι περιορισμοί αυτοί δεν αναιρούν τη χρησιμότητα των ελέγχων, καθώς η παρούσα αξιολόγηση αποσκοπεί πρωτίστως στην επιβεβαίωση της λειτουργικής ορθότητας των προσθηκών.

9.3. Προκαταρκτικοί έλεγχοι βασικής λειτουργίας (sanity tests).

9.3.1. Εκκίνηση του RLGameLauncher με ελλειπείς εξαρτήσεις (ST-1)

Σκοπός ελέγχου: Να διαπιστωθεί ότι τα εκτελέσιμα scripts περιβλήματος (*wrapper scripts*) του RLGameLauncher μπορούν να εντοπίσουν ελλειπείς βασικές εξαρτήσεις και να επιχειρήσουν την εγκατάστασή τους πριν από την εκκίνηση της γραφικής εφαρμογής.

Βήματα ελέγχου:

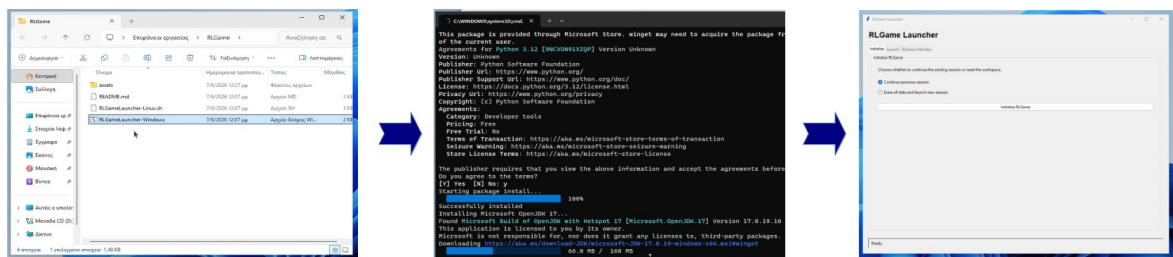
1. Εκκινείται το εκτελέσιμο αρχείο εκκίνησης του RLGameLauncher μέσα από τον Διαχειριστή Αρχείων ή το Τερματικό. Υπάρχουν δύο διαθέσιμα εκτελέσιμα αρχεία εκκίνησης:
 - Το `RLGameLauncher-Linux.sh`, κατάλληλο για περιβάλλοντα Debian GNU/Linux.
 - Το `RLGameLauncher-Windows.bat`, κατάλληλο για περιβάλλοντα Microsoft Windows 11 ή νεώτερα.

2. Ελέγχεται η ύπαρξη Java/JDK, των Python εξαρτίσεων και της κεντρικής βάσης δεδομένων.
3. Παρατηρείται η συμπεριφορά του Launcher σε περίπτωση επιτυχούς ή ανεπιτυχούς ελέγχου.

Αναμενόμενο αποτέλεσμα: Οι ελλείψεις εξαρτίσεις εγκαθίστανται ή επαληθεύονται επιτυχώς και, στη συνέχεια, εμφανίζεται η γραφική διεπαφή του RLGameLauncher. Η εγκατάσταση των βασικών εξαρτίσεων δεν γίνεται από την ίδια τη γραφική εφαρμογή, αλλά από τα αντίστοιχα εκτελέσιμα αρχεία εκκίνησης.

Εξέταση αποτελεσμάτων:

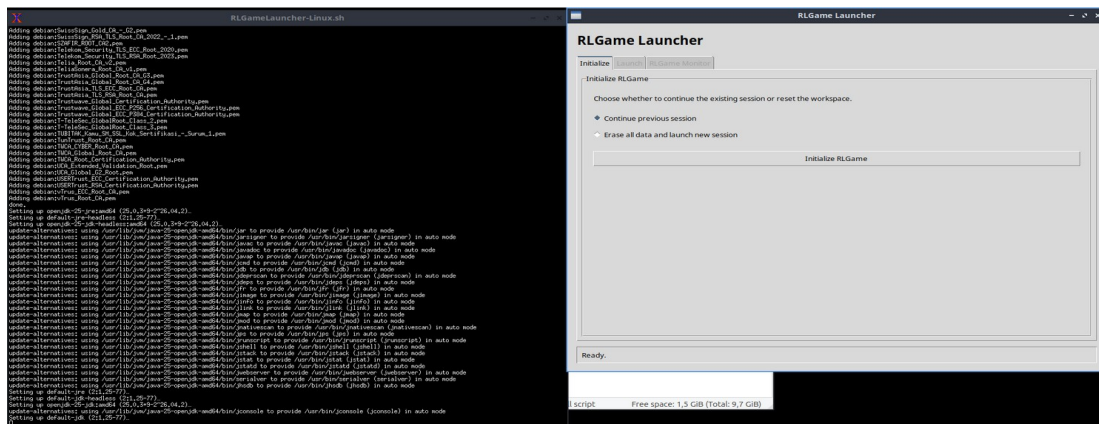
- Σε Microsoft Windows:



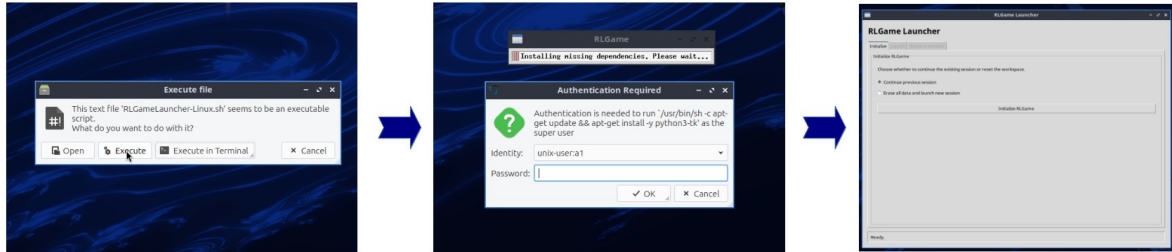
Εικόνα 9-1: Εκτέλεση του εκκινήτη σε Windows με αυτόματη εγκατάσταση εξαρτίσεων.

Αποτέλεσμα: Επιτυχές

- Σε Ubuntu:



Εικόνα 9-2: Εκτέλεση του εκκινήτη μέσω τερματικού σε Ubuntu με αυτόματη εγκατάσταση εξαρτίσεων.



Εικόνα 9-3: Εκτέλεση του εκκινήτη γραφικά σε Ubuntu με αυτόματη εγκατάσταση εξαρτίσεων.

Αποτέλεσμα: **Επιτυχές**

9.3.2. Εκκίνηση RLGameLauncher με πλήρεις εξαρτίσεις (ST-2)

Σκοπός ελέγχου: Να διαπιστωθεί ότι ο RLGameLauncher εκκινεί επιτυχώς και εμφανίζει τη γραφική διεπαφή όταν οι απαιτούμενες εξαρτίσεις είναι ήδη διαθέσιμες στο σύστημα.

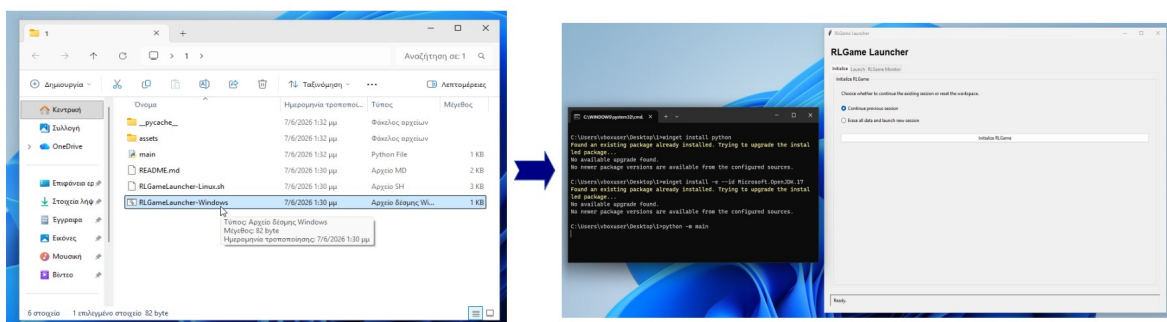
Βήματα ελέγχου:

1. Εκτελείται ο RLGameLauncher μέσω του αρχείου που αντιστοιχεί στο τρέχον λειτουργικό σύστημα.
2. Το εκτελέσιμο αρχείο εκκίνησης δεν εγκαθιστά νέα πακέτα, επειδή οι απαιτούμενες εξαρτίσεις είναι ήδη διαθέσιμες.
3. Εκτελείται η Python εφαρμογή και εμφανίζεται η αρχική καρτέλα Initialize.

Αναμενόμενο αποτέλεσμα: Ο RLGameLauncher εκκινεί χωρίς σφάλμα και εμφανίζει τη γραφική διεπαφή αρχικοποίησης.

Εξέταση αποτελεσμάτων:

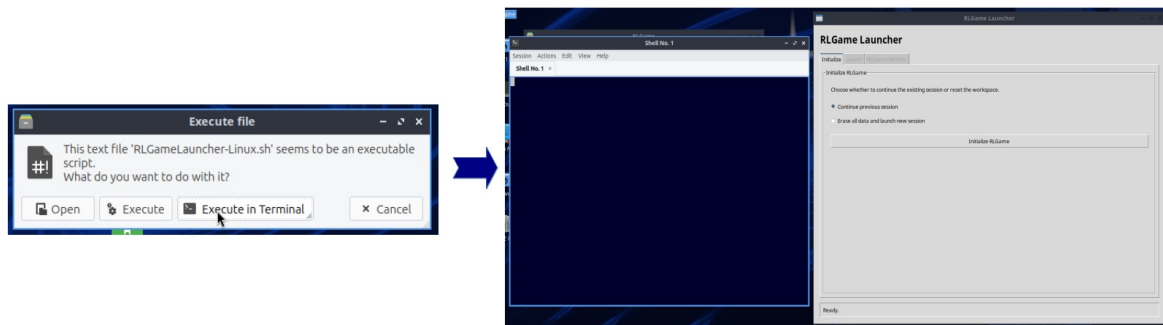
Σε Windows:



Εικόνα 9-4: Εκτέλεση του εκκινήτη σε Windows με πλήρεις εξαρτίσεις.

Αποτέλεσμα: **Επιτυχές**

Σε Ubuntu:



Εικόνα 9-5: Εκτέλεση του εκκινήτη σε Ubuntu με πλήρεις εξαρτήσεις.

Αποτέλεσμα: **Επιτυχές**

9.3.3. Αρχικοποίηση RLGame - εκκίνηση server, web client και avatar client (ST-3)

Σκοπός ελέγχου: Να επιβεβαιωθεί ότι ο RLGameLauncher μπορεί να προετοιμάσει τον φάκελο εκτέλεσης του RLGame, να ρυθμίσει το backend ώστε να χρησιμοποιεί τοπική SQLite βάση, να μεταγλωττίσει τα αναγκαία Java modules και να εκκινήσει τον RLGameEcoServer με ή χωρίς avatar client.

Βήματα ελέγχου:

1. Ο χρήστης στην καρτέλα *Initialize* (Αρχικοποίηση) επιλέγει είτε *Continue previous session* (Συνέχιση προηγούμενης συνεδρίας) ή *Erase all data and launch new session* (Διαγραφή όλων των δεδομένων και έναρξη νέας συνεδρίας) και στη συνέχεια πατά το κομβίο *Initialize RLGame* (Αρχικοποίηση RLGame).
2. Σε περίπτωση που επιλεγεί η έναρξη νέας συνεδρίας ή ο φάκελος `rlgame` δεν είναι διαθέσιμος στον ριζικό φάκελο του αποθετηρίου, ο Launcher αποσυμπίεζει τον φάκελο `rlgame` από το περιεχόμενο του πακέτου `assets/rl-source.zip`. Ο φάκελος αυτός περιλαμβάνει τον πηγαίο κώδικα των πακέτων της έκδοσης βάσης.

3. Ο χρήστης μεταβαίνει στην καρτέλα *Launch* (Εκκίνηση) και επιλέγει εκκίνηση χωρίς avatars ή εκκίνηση με avatar client και συγκεκριμένο αλγόριθμο.

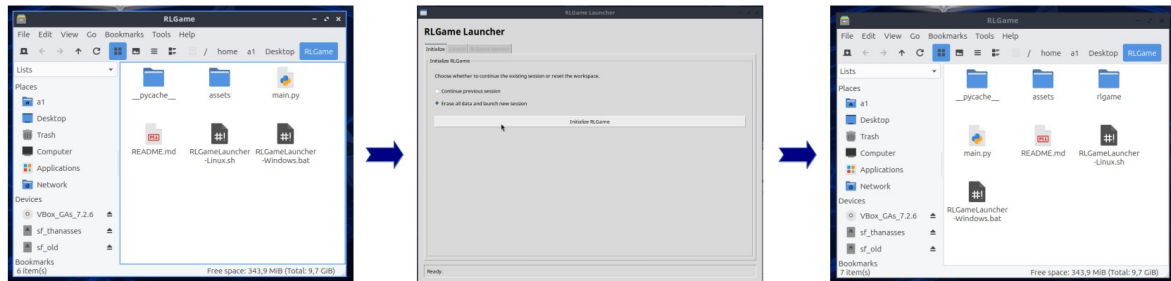
Με το κομβίο *Launch RLGame Backend*, ο Launcher μεταγλωττίζει τα απαιτούμενα Java αρχεία. Στη λειτουργία χωρίς avatars μεταγλωττίζεται και εκκινείται μόνον ο *RLGameEcoServer*, ενώ στη λειτουργία με avatars μεταγλωττίζονται επιπλέον το *RLLib* και ο *RLGameEcoClient*, δηλαδή τα πακέτα ενισχυτικής μάθησης και avatar client αντίστοιχα.

4. Το σύστημα εμφανίζει την καρτέλα *RLGame Monitor*, όπου ο χρήστης μπορεί να παρακολουθήσει την έξοδο των διεργασιών πατώντας το κομβίο *View Terminal* (Εμφάνιση τερματικού), να ανοίξει τη δικτυακή διεπαφή μέσω του κομβίου *Open Web Client* (Άνοιγμα Δικτυακής Διεπαφής), και να διακόψει τις υπηρεσίες παρασκηνίου μέσω του κομβίου *Stop RLGame Background Services* (Διακοπή Υπηρεσιών Παρασκηνίου *RLGame*).

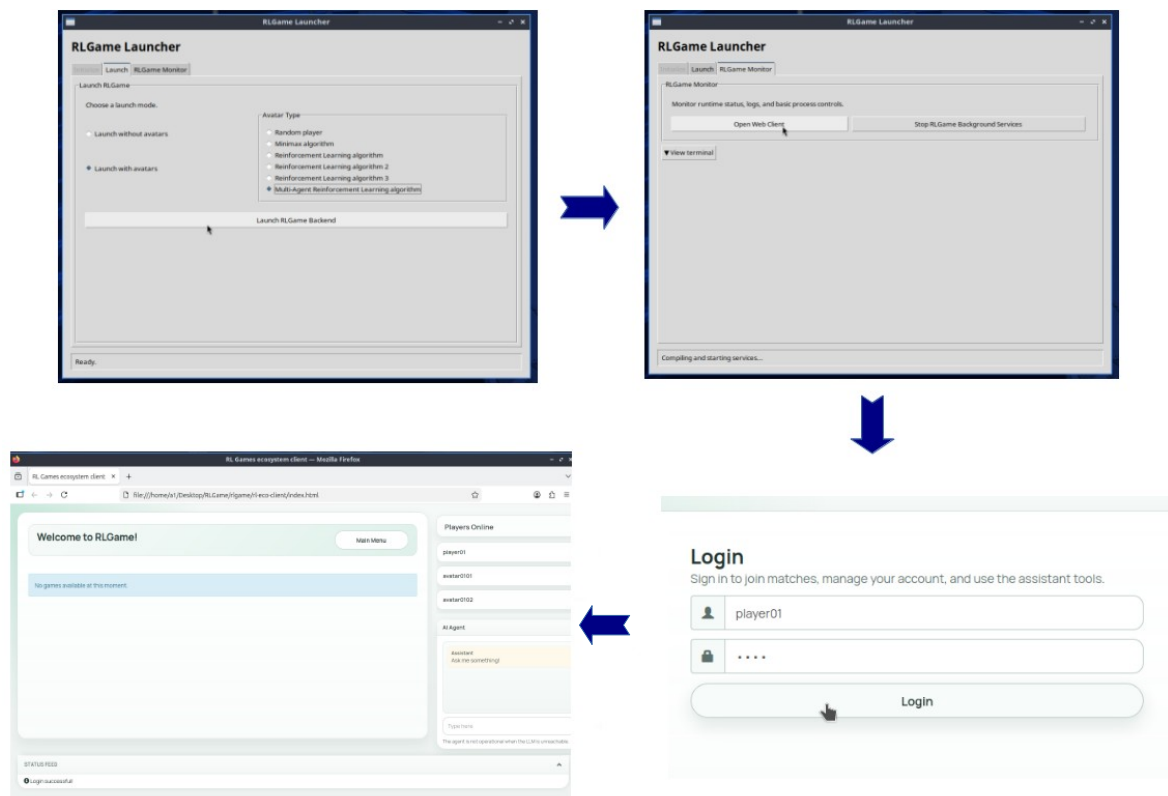
Αναμενόμενα αποτελέσματα:

- Ο φάκελος *rlgame* δημιουργείται επιτυχώς εάν ζητηθεί έναρξη νέας συνεδρίας.
- Ο *RLGameEcoServer* μεταγλωττίζεται και εκκινεί χωρίς σφάλμα.
- Η δικτυακή διεπαφή ανοίγει ως τοπικό αρχείο στον φυλλομετρητή και επικοινωνεί επιτυχώς με τον εξυπηρετητή, γεγονός που επιβεβαιώνει την ορθή λειτουργία και των δύο.
- Ο χρήστης μπορεί να συνδεθεί με προεπιλεγμένα διαπιστευτήρια, επιβεβαιώνοντας τη σωστή λειτουργία της *SQLite* βάσης και του *RLGameEcoServer*.
- Όταν έχει επιλεγεί εκκίνηση με avatars, οι δύο προεπιλεγμένοι χρήστες άβαταρ εμφανίζονται στη λίστα συνδεδεμένων χρηστών, επιβεβαιώνοντας τη σωστή εκκίνηση του avatar client.
- Σε περίπτωση που επιλεγθεί η διακοπή των λειτουργιών παρασκηνίου, η δικτυακή διεπαφή παύει να λειτουργεί και εμφανίζεται σχετικό μήνυμα σφάλματος.

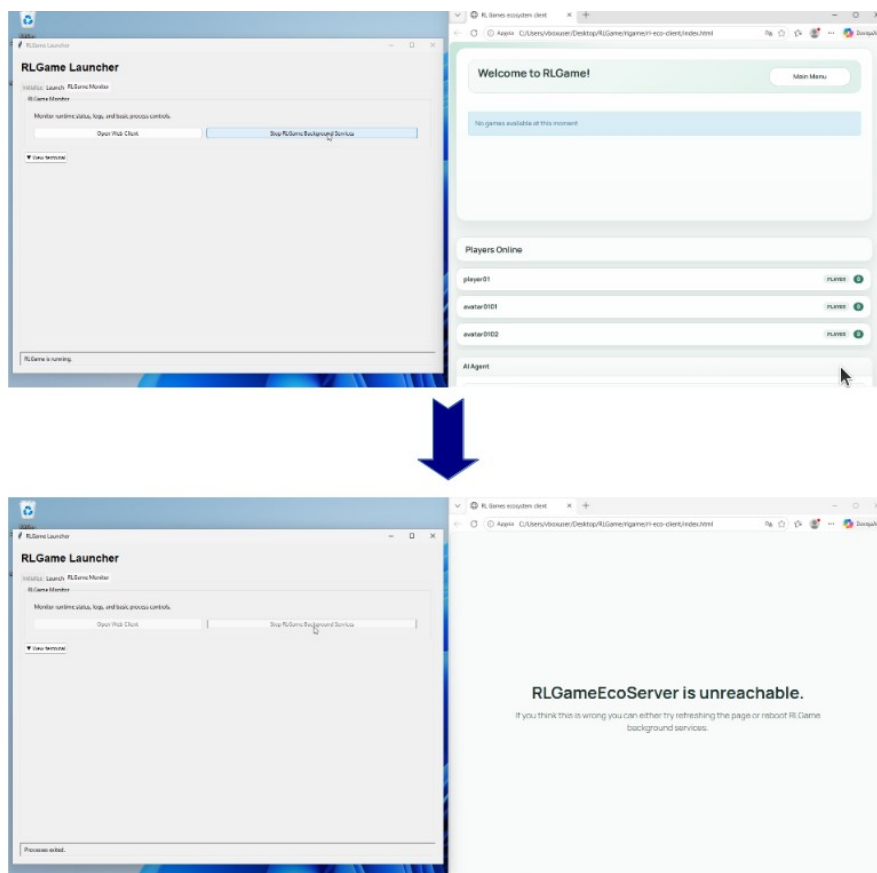
Εξέταση αποτελεσμάτων:



Εικόνα 9-6: Ο ριζικός φάκελος πριν την αρχικοποίηση (αριστερά) και μετά (δεξιά)



Εικόνα 9-7: Δοκιμή εκκίνησης και εισόδου RLGame



Εικόνα 9-8: Δοκιμή απενεργοποίησης υπηρεσιών παρασκήνιου με ενεργή τη δικτυακή διεπαφή

Αποτέλεσμα: **Επιτυχές**

9.3.4. Είσοδος με λανθασμένα διαπιστευτήρια (ST-4)

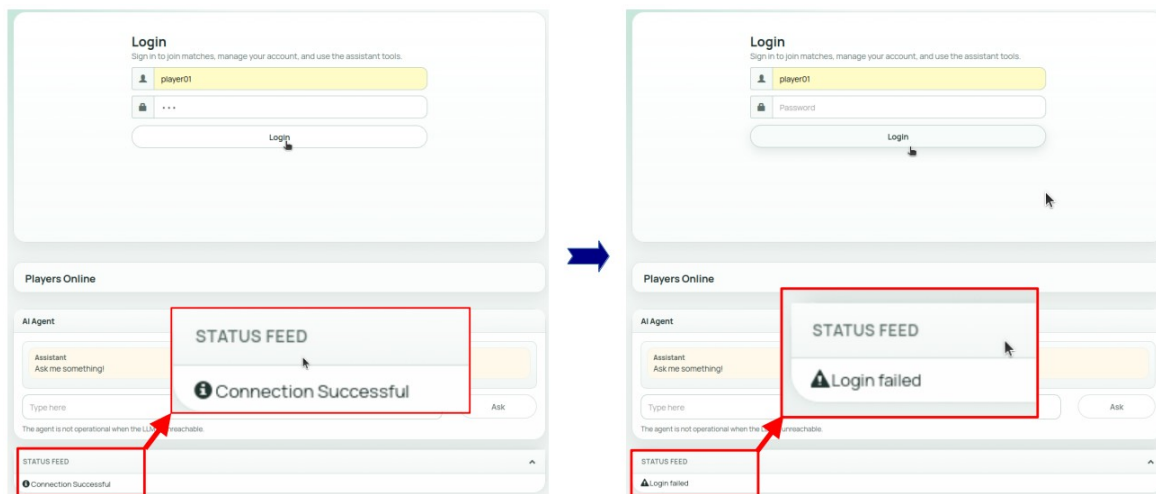
Σκοπός ελέγχου: Η διακρίβωση σωστής λειτουργίας του μηχανισμού ελέγχου πρόσβασης του RLGame.

Βήματα ελέγχου:

1. Εισαγωγή λανθασμένων διαπιστευτηρίων στην οθόνη σύνδεσης και προσπάθεια εισόδου.
2. Παρατήρηση της απόκρισης του συστήματος

Αναμενόμενο αποτέλεσμα: Το σύστημα απορρίπτει την προσπάθεια εισόδου.

Εξέταση αποτελεσμάτων:



Εικόνα 9-9: Δοκιμή εισόδου στο σύστημα με λανθασμένα στοιχεία (αριστερά) και η απόρριψη της σύνδεσης από το σύστημα (δεξιά).

Αποτέλεσμα: **Επιτυχές**

9.3.5. Χρήση του Πράκτορα TN ελλείπει LLM (ST-5)

Σκοπός ελέγχου: Η μελέτη της συμπεριφοράς του Πράκτορα, όταν το LLM δεν είναι διαθέσιμο.

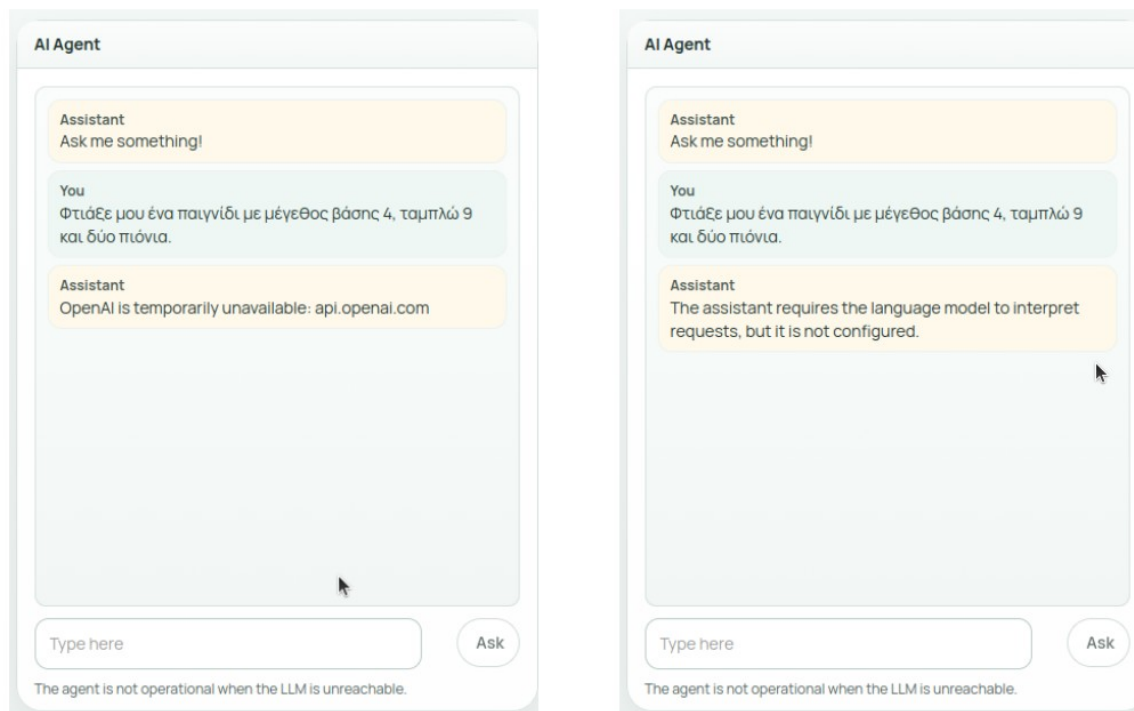
Βήματα ελέγχου:

1. Υποβολή ερωτήματος στον Πράκτορα ενώ η συσκευή είναι εκτός σύνδεσης και, κατ' επέκταση, το LLM δεν είναι προσβάσιμο.
2. Υποβολή ερωτήματος στον Πράκτορα με το LLM μη ρυθμισμένο.
3. Μελέτη των αποκρίσεων του Πράκτορα.

Αναμενόμενο αποτέλεσμα:

Ο Πράκτορας επιστρέφει μήνυμα σφάλματος, χωρίς να κάνει καμμία περαιτέρω ενέργεια.

Εξέταση αποτελεσμάτων:



Εικόνα 9-10: Δοκιμές κλήσης εργαλείου εκτός σύνδεσης (αριστερά) και με το LLM μη ρυθμισμένο (δεξιά).

Αποτέλεσμα: **Επιτυχές**

9.3.6. Πλήρης βασική ροή παιχνιδιού με avatar (ST-6)

Σκοπός ελέγχου: Η διακρίβωση της ορθής λειτουργίας του υποσυστήματος διεξαγωγής παιχνιδιών καθώς και του avatar client.

Βήματα ελέγχου:

1. Παραμετροποίηση και δημιουργία παιχνιδιού μέσω της σχετικής οθόνης.
2. Είσοδος των παικτών στο παιχνίδι και συμμετοχή τους σε αυτό.
3. Παρατήρηση της συμπεριφοράς του συστήματος.

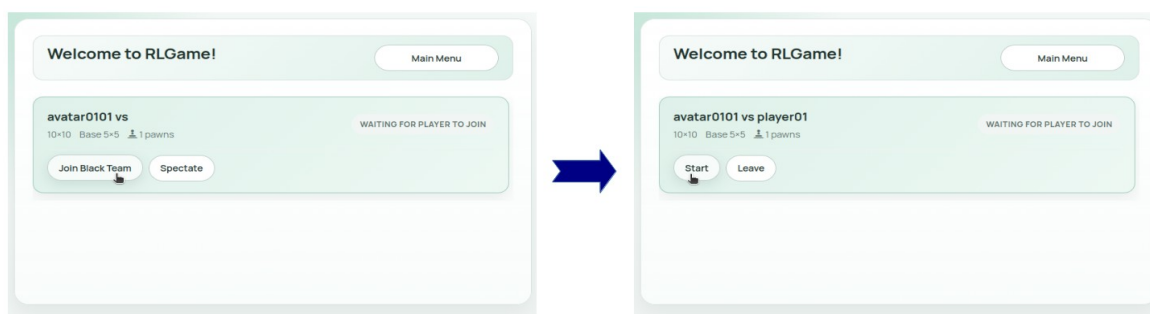
Αναμενόμενα αποτελέσματα:

- Το παιχνίδι δημιουργείται.
- Οι παίκτες εισέρχονται, συμμετέχουν και ολοκληρώνουν το παιχνίδι επιτυχώς.

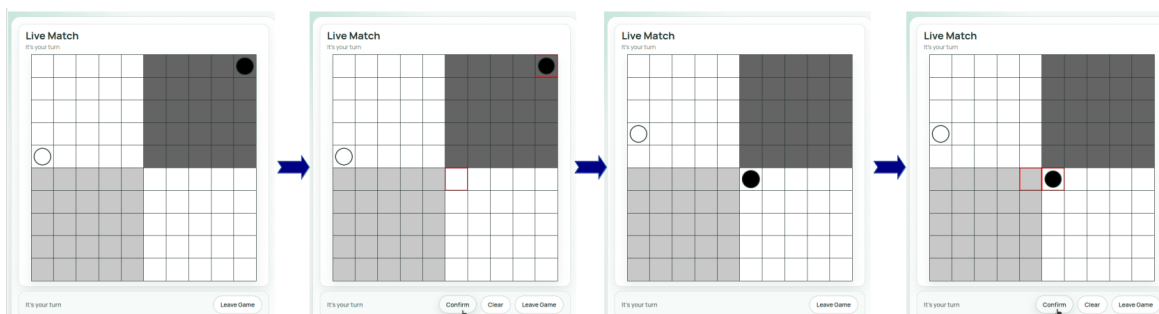
Εξέταση αποτελεσμάτων:



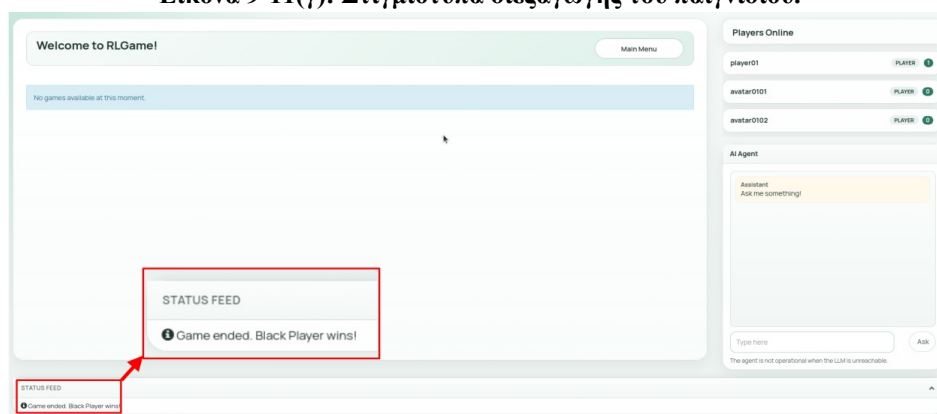
Εικόνα 9-11(α): Παραμετροποίηση παιχνιδιού πριν τη δημιουργία του.



Εικόνα 9-11(β): Προετοιμασία εισόδου στο παιχνίδι.



Εικόνα 9-11(γ): Στιγμιότυπα διεξαγωγής του παιχνιδιού.



Εικόνα 9-11(δ): Μήνυμα επιτυχούς ολοκλήρωσης του παιχνιδιού.

Αποτέλεσμα: **Επιτυχές**

9.4. Σενάρια ελέγχου οθόνης διαχείρισης χρηστών και δικαιωμάτων εκτέλεσης MCP εργαλείων

9.4.1. Δημιουργία χρήστη (FT-1)

Σκοπός ελέγχου: Η διακρίβωση της ικανότητας δημιουργίας νέου χρήστη μέσα από την οθόνη.

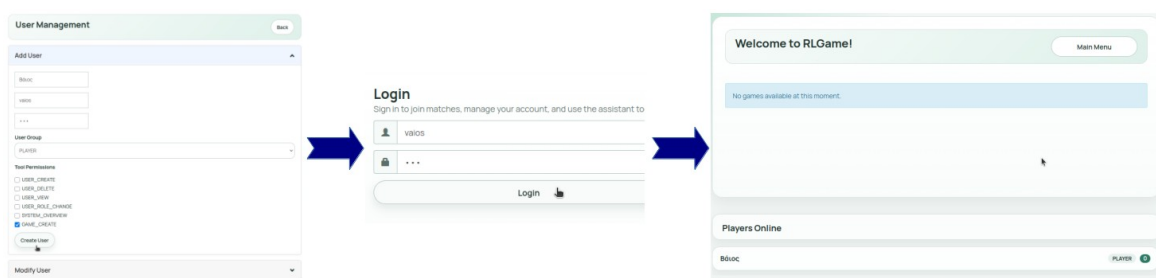
Βήματα ελέγχου:

1. Ο διαχειριστής εισέρχεται στην οθόνη και δημιουργεί έναν νέο χρήστη.
2. Ο νέος χρήστης εισέρχεται με τα διαπιστευτήριά του στο σύστημα.

Αναμενόμενο αποτέλεσμα:

Ο νέος χρήστης εισέρχεται επιτυχώς στο Σύστημα.

Εξέταση αποτελεσμάτων:



Εικόνα 9-12: Δοκιμή δημιουργίας χρήστη

Αποτέλεσμα: **Επιτυχές**

9.4.2. Τροποποίηση χρήστη (FT-2)

Σκοπός ελέγχου: Η διακρίβωση της ικανότητας να τροποποιεί έναν χρήστη μέσα από την οθόνη.

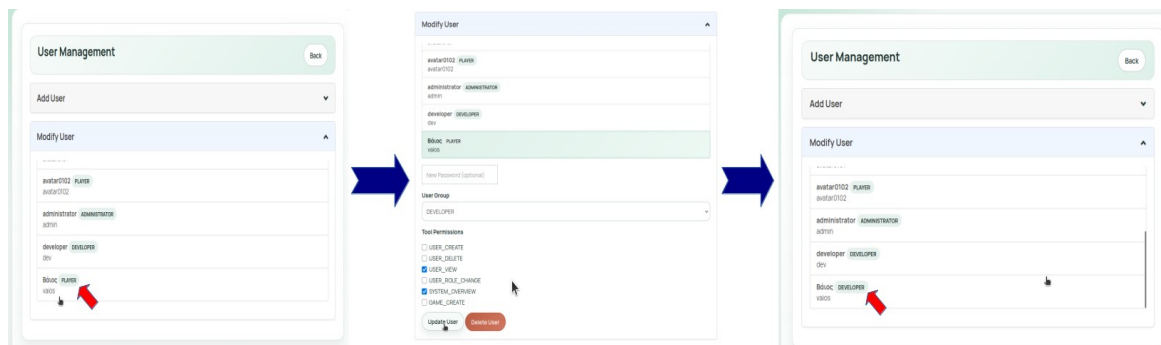
Βήματα ελέγχου:

1. Ο διαχειριστής εισέρχεται στην οθόνη και τροποποιεί τον ρόλο του χρήστη που δημιούργησε στην προηγούμενη παράγραφο.
2. Ο νέος χρήστης εισέρχεται με τα διαπιστευτήριά του στο σύστημα και ελέγχει εάν έχει αλλάξει ο ρόλος του.

Αναμενόμενο αποτέλεσμα:

Ο ρόλος του χρήστη έχει τροποποιηθεί επιτυχώς.

Εξέταση αποτελεσμάτων:



Εικόνα 9-13: Δοκιμή τροποποίησης ρόλου χρήστη

Αποτέλεσμα: Επιτυχές

9.5. Σενάρια ελέγχου πράκτορα TN - MCP εξυπηρετητή, καταγραφών και τηλεμετρίας

9.5.1. Παροχή δυναμικών οδηγιών χρήσης (FT-3)

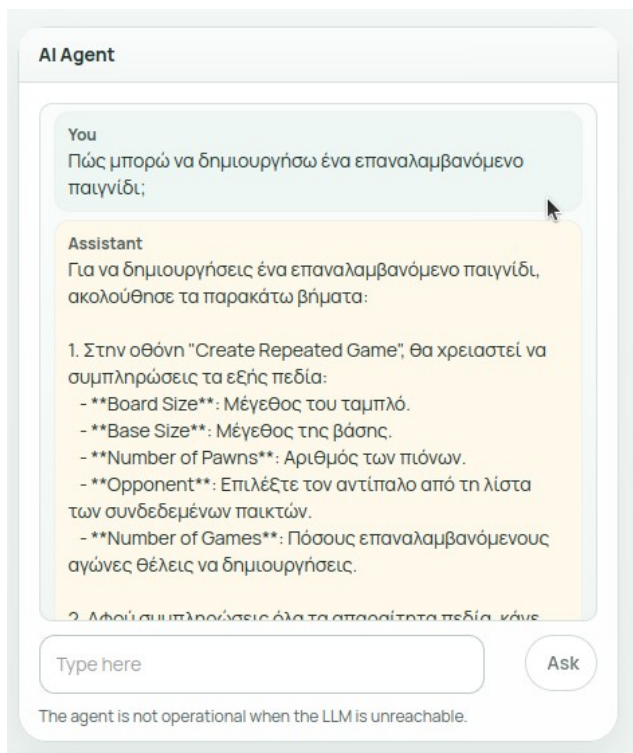
Σκοπός ελέγχου: Να επιβεβαιωθεί ότι ο χρήστης μπορεί να αποστείλει ερώτημα στον Πράκτορα TN μέσω της δικτυακής διεπαφής.

Βήματα ελέγχου:

1. Ο χρήστης υποβάλλει ερώτημα σχετικό με τη χρήση του συστήματος.
2. Ελέγχεται η απάντηση του Πράκτορα.

Αναμενόμενο αποτέλεσμα: Ο Πράκτορας επιστρέφει απάντηση φυσικής γλώσσας σχετική με το ερώτημα του χρήστη.

Εξέταση αποτελεσμάτων:



Εικόνα 9-14: Δοκιμή δυναμικής παροχής οδηγιών χρήσης από τον πράκτορα

Αποτέλεσμα: Επιτυχές

9.5.2. Κλήση εργαλείων από τον πράκτορα ΤΝ και επιβεβαίωση στα αρχεία καταγραφής και τηλεμετρίας (FT-4)

Σκοποί ελέγχου:

1. Να επιβεβαιωθεί ότι ο Πράκτορας μπορεί να αξιοποιήσει διαθέσιμα MCP εργαλεία, όταν το ερώτημα του χρήστη το απαιτεί.
2. Η διακρίβωση της σωστής λειτουργίας των συστημάτων δομημένης καταγραφής συμβάντων και τηλεμετρίας.

Βήματα ελέγχου:

1. Ο παίκτης `player01` υποβάλλει αίτημα (prompt) που μπορεί να ικανοποιηθεί με χρήση εργαλείου.
2. Το `AgentService` αποστέλλει στο LLM τις διαθέσιμες δηλώσεις εργαλείων.

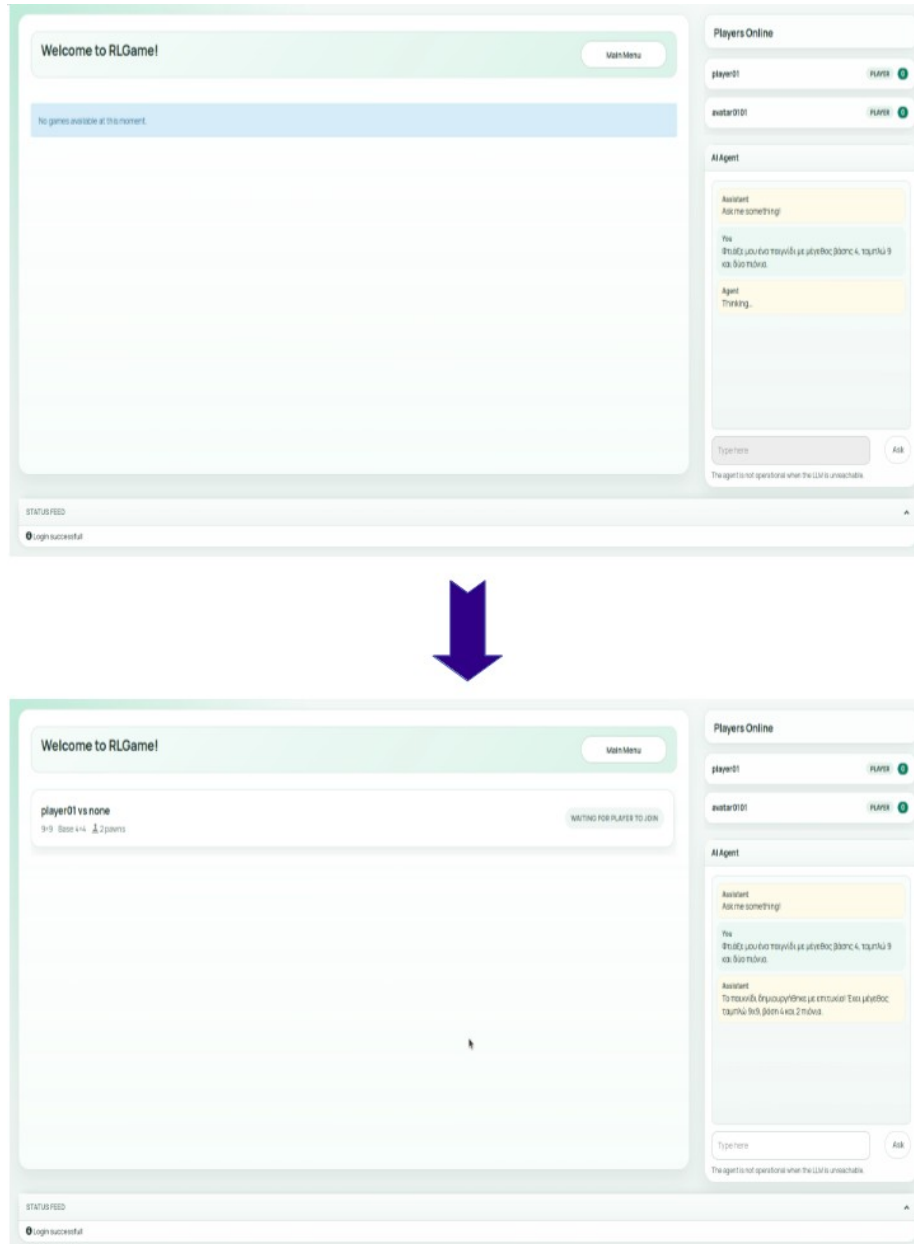
3. Το LLM επιστρέφει πρόταση κλήσης εργαλείου.
4. Το σύστημα ελέγχει τα δικαιώματα του χρήστη.
5. Το εργαλείο εκτελείται εφόσον ο χρήστης έχει το απαιτούμενο δικαίωμα.
6. Το αποτέλεσμα ενσωματώνεται στην απάντηση προς τον χρήστη.

Όλη η παραπάνω διαδικασία καταγράφεται στα αρχεία καταγραφής και τηλεμετρίας του οικοσυστήματος με τον προβλεπόμενο τρόπο.

Αναμενόμενο αποτέλεσμα:

- Ο Πράκτορας αξιοποιεί το κατάλληλο εργαλείο, το εκτελεί και επιστρέφει απάντηση βασισμένη στο αποτέλεσμα της εκτέλεσης.
- Η σωστή αποτύπωση της λειτουργίας του οικοσυστήματος στα αρχεία καταγραφής και τηλεμετρίας.
- Η επιβεβαίωση της ορθότητας της υλοποίησης του MCP στο οικοσύστημα.

Εξέταση αποτελεσμάτων:



Εικόνα 9-15: Δοκιμή κλήσης εργαλείου δημιουργίας παιγνιδιού μέσω του πράκτορα TN

Η κλήση του παραπάνω εργαλείου στα συστήματα δομημένης καταγραφής συμβάντων και τηλεμετρίας αποτυπώνονται όπως παρακάτω:



Εικόνα 9-16: Καταγραφή κλήσης εργαλείου από τον πράκτορα στο σύστημα δομημένης καταγραφής συμβάντων



Εικόνα 9-17: Καταγραφή κλήσης εργαλείου από τον πράκτορα στο σύστημα τηλεμετρίας

Και στις δύο περιπτώσεις η ροή εκτέλεσης του MCP είναι εμφανής:

1. Υποβολή αιτήματος του χρήστη στη δικτυακή διεπαφή.

2. Εκτέλεση `initialize` (αρχικοποίηση σύνδεσης με το LLM).
3. Εκτέλεση `tools/list` (αποστολή αιτήματος στο LLM μαζί με λίστα των διαθέσιμων εργαλείων).
4. Εκτέλεση `tools/call` (κλήση εργαλείου).
5. Επιτυχής εκτέλεση του εργαλείου και επιστροφή τελικής απάντησης στον χρήστη.

Αποτέλεσμα: **Επιτυχές**

9.5.3. Έλεγχος εφαρμογής δικαιωμάτων εκτέλεσης εργαλείων (FT-5)

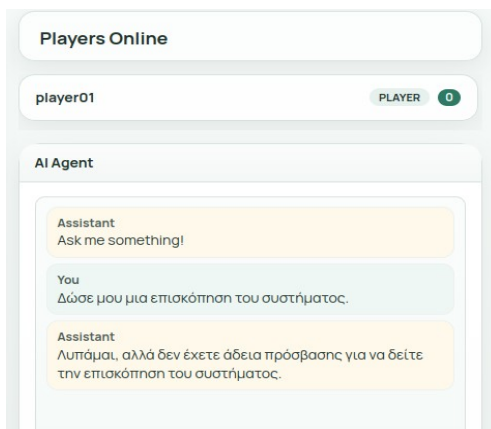
Σκοπός ελέγχου: Να επιβεβαιωθεί ότι η εκτέλεση εργαλείων ελέγχεται βάσει των δικαιωμάτων του χρήστη.

Βήματα ελέγχου:

1. Ο παίκτης υποβάλλει αίτημα στον Πράκτορα για χρήση εργαλείου στο οποίο δεν έχει πρόσβαση. Στο παρόν παράδειγμα θα γίνει χρήση του εργαλείου `SYSTEM_OVERVIEW` (επισκόπηση συστήματος), πρόσβαση στο οποίο έχουν μόνο διαχειριστές και προγραμματιστές.
2. Καταγράφονται οι αποκρίσεις του συστήματος.

Αναμενόμενο αποτέλεσμα: Το σύστημα απορρίπτει την εκτέλεση του εργαλείου.

Εξέταση αποτελεσμάτων:



Εικόνα 9-18: Δοκιμή εκτέλεσης μη εξουσιοδοτημένου εργαλείου

Αποτέλεσμα: **Επιτυχές**

9.6. Σενάρια ελέγχου ενσωματωμένων φόρα

9.6.1. Έλεγχος φόρουμ συζήτησης χρηστών (FT-6)

Σκοπός ελέγχου: Η διακρίβωση σωστής λειτουργίας του Φόρουμ Συζήτησης Χρηστών.

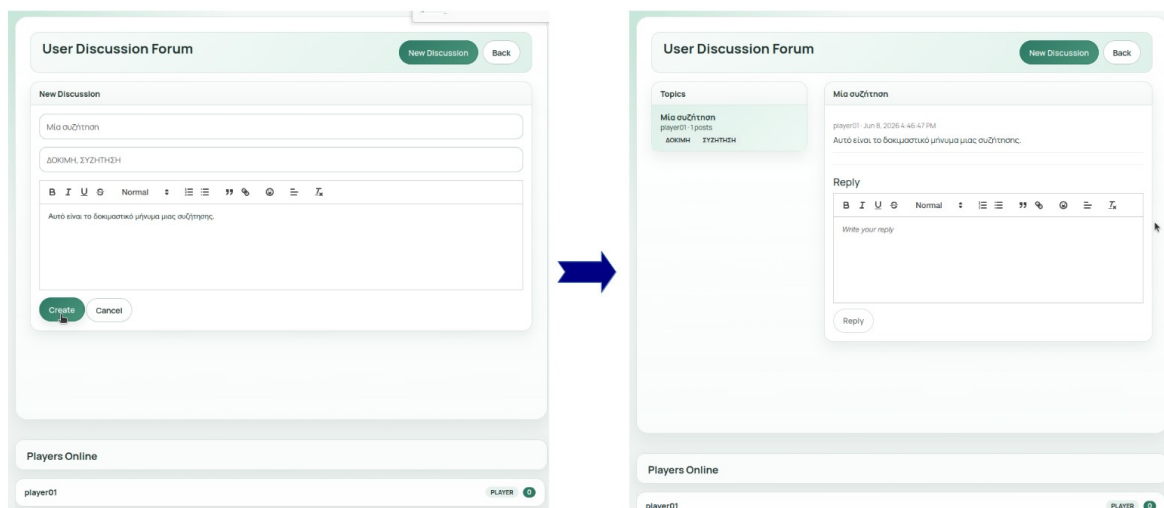
Βήματα ελέγχου:

1. Ο χρήστης player01 εισέρχεται στο Φόρουμ Συζήτησης Χρηστών και δημιουργεί νέο θέμα συζήτησης, ορίζοντας τίτλο, λέξεις κλειδιά και περιεχόμενο.
2. Ο χρήστης player02 εισέρχεται στο Φόρουμ Συζήτησης Χρηστών και προσθέτει απάντηση στο παραπάνω θέμα.
3. Ο χρήστης player02 επεξεργάζεται και έπειτα διαγράφει δική του ανάρτηση.
4. Ελέγχεται ότι οι αλλαγές εμφανίζονται στη διεπαφή.

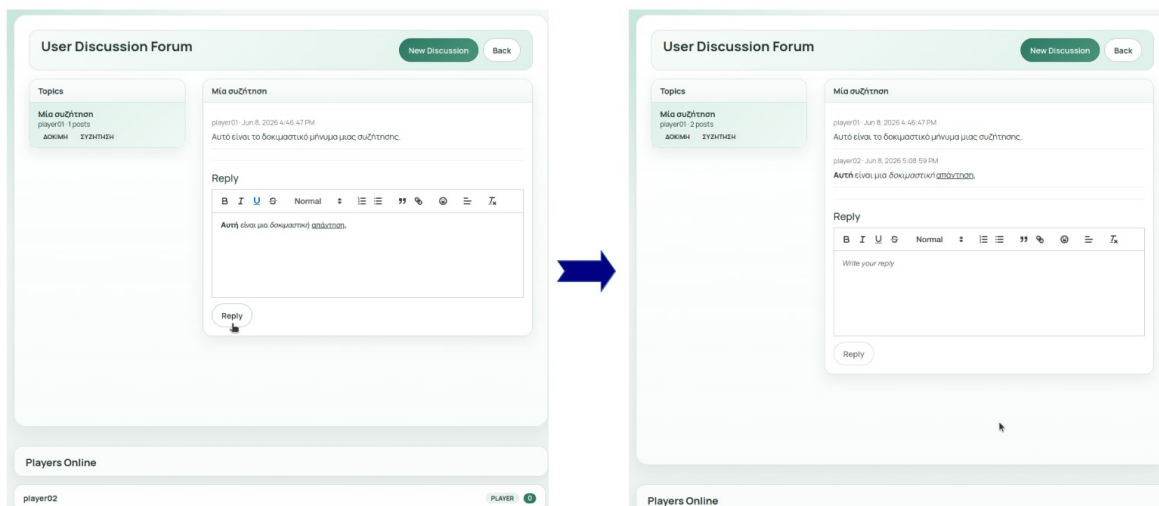
Αναμενόμενο αποτέλεσμα:

Η επιτυχής εκτέλεση των παραπάνω ενεργειών.

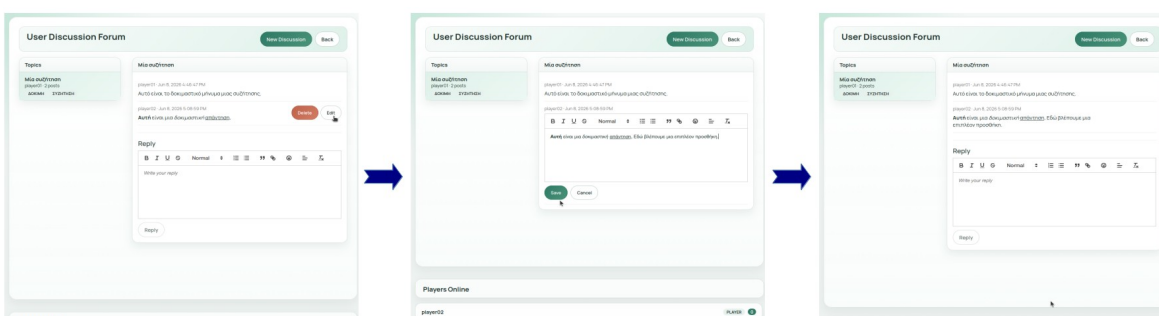
Εξέταση αποτελεσμάτων:



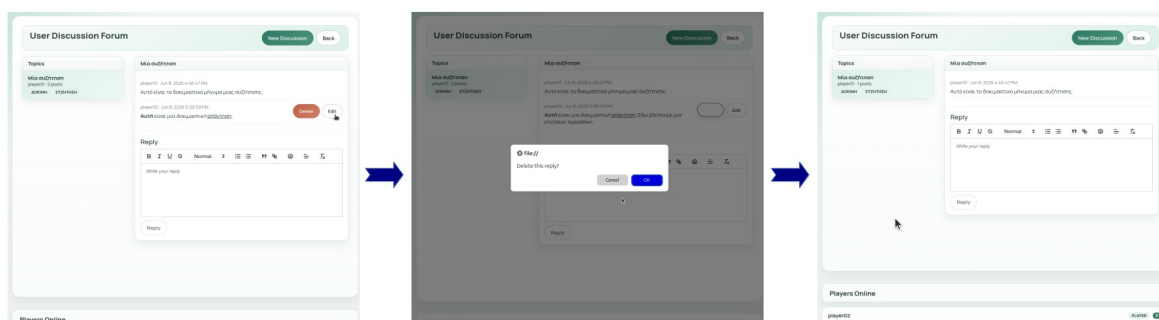
Εικόνα 9-19: Δοκιμή δημιουργίας συζήτησης στο φόρουμ συζήτησης χρηστών



Εικόνα 9-20: Δοκιμή απάντησης στο φόρουμ συζήτησης χρηστών



Εικόνα 9-21: Δοκιμή επεξεργασίας απάντησης στο φόρουμ συζήτησης χρηστών



Εικόνα 9-22: Δοκιμή διαγραφής απάντησης στο φόρουμ συζήτησης χρηστών

Αποτέλεσμα: Επιτυχές

9.6.2. Έλεγχος φόρουμ συνεργατικής ανάπτυξης (FT-7)

Σκοπός ελέγχου: Η διακρίβωση της σωστής λειτουργίας του Φόρουμ Συνεργατικής Ανάπτυξης.

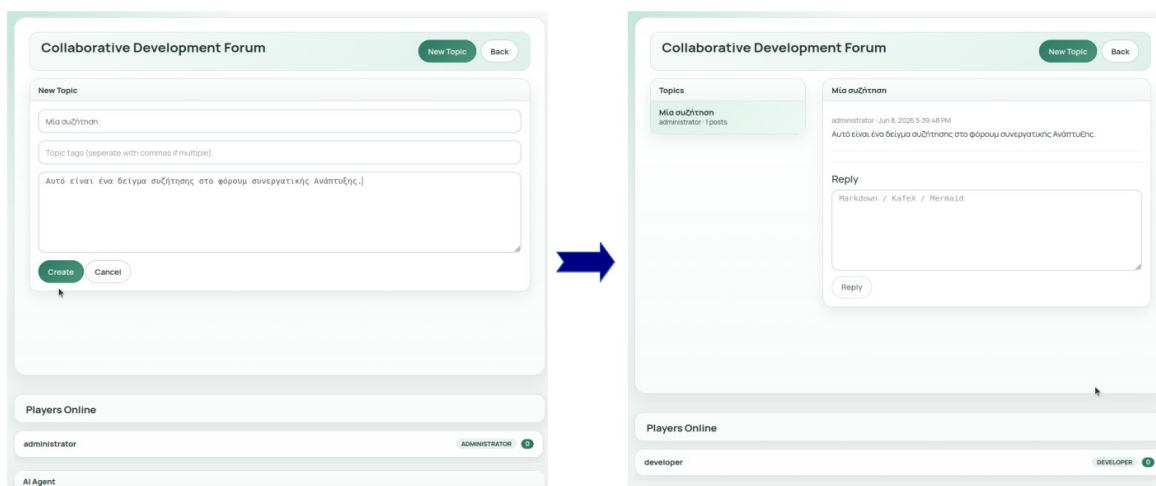
Βήματα ελέγχου:

1. Ο διαχειριστής δημιουργεί μία τεχνική ανάρτηση.
2. Ένας προγραμματιστής απαντά χρησιμοποιώντας σε κώδικα Markdown / KaTeX / Mermaid.js.
3. Ελέγχει την ορθή απεικόνιση του περιεχομένου.

Αναμενόμενο αποτέλεσμα:

- Η αρχική ανάρτηση εμφανίζεται στο φόρουμ.
- Η απάντηση του προγραμματιστή απεικονίζει ορθά μορφοποίηση Markdown, μαθηματικούς τύπους και διαγράμματα Mermaid.js.

Εξέταση αποτελεσμάτων:



Εικόνα 9-23: Δοκιμή δημιουργίας συζήτησης στο φόρουμ συνεργατικής ανάπτυξης

Για τον έλεγχο της ορθής λειτουργίας του GLFM με τα εργαλεία που το συνοδεύουν, ο προγραμματιστής δίνει την παρακάτω ενδεικτική απάντηση σε κώδικα Markdown:

```
#### Lorem ipsum

Dolor *sit* **amet**.
```

~KaTeX~

```
- Inline τύπος:  $O(n^3)$ 
- Block τύπος:

$$\int_0^1 x^2 dx = \frac{1}{3}$$

```

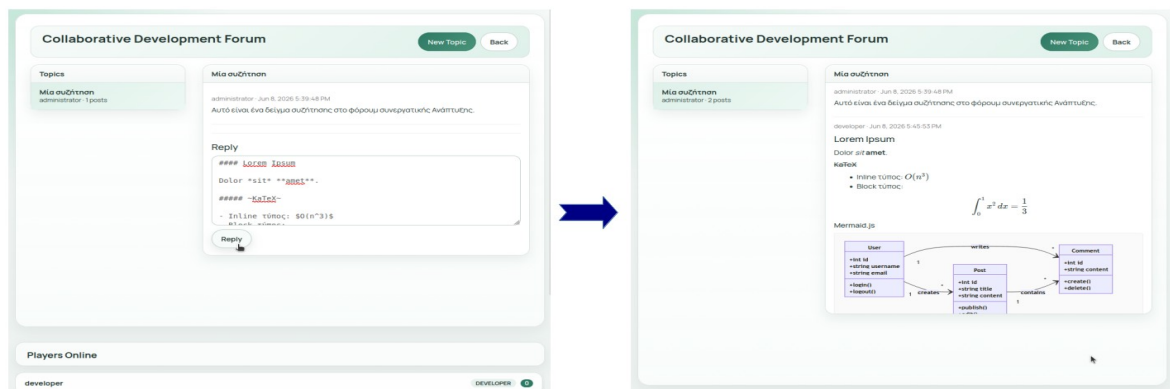
Mermaid.js

```
```mermaid
classDiagram
 direction LR
 class User {
 +int id
 +string username
 +string email
 +login()
 +logout()
 }

 class Post {
 +int id
 +string title
 +string content
 +publish()
 +edit()
 }

 class Comment {
 +int id
 +string content
 +create()
 +delete()
 }

 User "1" --> "*" Post : creates
 User "1" --> "*" Comment : writes
 Post "1" --> "*" Comment : contains
```
```



Εικόνα 9-24: Δοκιμή GLFM απάντησης στο φόρουμ συνεργατικής ανάπτυξης

Αποτέλεσμα: **Επιτυχές**

9.7. Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων ελέγχου

| Κωδικός | Σενάριο ελέγχου που πραγματοποιήθηκε | Κύρια σημεία επιβεβαίωσης | Επιτυχία |
|---------|---|---|----------|
| ST-1 | Εκκίνηση του RLGame Launcher με ελλείψεις εξαρτήσεις σε Microsoft Windows και Ubuntu | Εντοπισμός απαιτούμενων εξαρτήσεων, αυτόματη εγκατάσταση μέσω winget ή APT και εμφάνιση της γραφικής διεπαφής | ✓ |
| ST-2 | Εκκίνηση RLGameLauncher με πλήρεις εξαρτήσεις σε Microsoft Windows και Ubuntu | Εκκίνηση χωρίς σφάλμα και εμφάνιση της γραφικής διεπαφής του RLGameLauncher | ✓ |
| ST-3 | Αρχειοποίηση RLGame και εκκίνηση Server, Web Client και Avatar Client | Εξαγωγή πηγαίου κώδικα, διαθεσιμότητα οθόνης σύνδεσης, επιτυχής είσοδος χρήστη και εμφάνιση των avatar client στη λίστα συνδεδεμένων χρηστών | ✓ |
| ST-4 | Προσπάθεια εισόδου με λανθασμένα διαπιστευτήρια | Οπτικά, από το μήνυμα απόρριψης σύνδεσης στη διεπαφή | ✓ |
| ST-5 | Χρήση του Πράκτορα TN ελλείπει LLM | Ο Πράκτορας εμφανίζει μήνυμα σφάλματος, χωρίς να κάνει κάποια περαιτέρω ενέργεια | ✓ |
| ST-6 | Πλήρης βασική ροή παιχνιδιού με avatar | Δημιουργία, διενέργεια και ολοκλήρωση παιχνιδιού χωρίς σφάλματα. | ✓ |
| FT-1 | Δημιουργία χρήστη | Επιτυχής σύνδεση του νέου χρήστη στο σύστημα. | ✓ |
| FT-2 | Τροποποίηση χρήστη | Επιτυχής αλλαγή του ρόλου χρήστη από απλό παίκτη σε προγραμματιστή. | ✓ |
| FT-3 | Παροχή δυναμικών οδηγιών χρήσης μέσω της δικτυακής διεπαφής | Υποβολή ερωτήματος, εκτέλεση της τυπικής ροής MCP και επιστροφή σχετικής απάντησης φυσικής γλώσσας | ✓ |
| FT-4 | Κλήση εργαλείου από τον Πράκτορα TN και επιβεβαίωση στα αρχεία καταγραφής και τηλεμετρίας | Επιλογή και εκτέλεση κατάλληλου εργαλείου, καταγραφή των βημάτων initialize, tools/list, tools/call και αποτύπωση της κλήσης στη δομημένη καταγραφή συμβάντων και στην τηλεμετρία | ✓ |
| FT-5 | Έλεγχος εφαρμογής δικαιωμάτων εκτέλεσης εργαλείων | Απόρριψη εκτέλεσης εργαλείου SYSTEM_OVERVIEW από | ✓ |

| | | | |
|------|---|--|---|
| | | χρήστη χωρίς το απαιτούμενο δικαίωμα | |
| FT-6 | Δημιουργία θέματος, απάντηση, επεξεργασία και διαγραφή απάντησης | Ορθή αποθήκευση και εμφάνιση των ενεργειών στη διεπαφή του φόρουμ χρηστών | ✓ |
| FT-7 | Δημιουργία τεχνικής ανάρτησης και απάντηση με εμπλουτισμένο περιεχόμενο | Ορθή απεικόνιση Markdown, KaTeX και Mermaid.js στο φόρουμ συνεργατικής ανάπτυξης | ✓ |

Πίνακας 9-3: Αποτελέσματα ελέγχων

9.8. Συζήτηση ευρημάτων

Από τα σενάρια ελέγχου προκύπτει ότι οι βασικές προσθήκες της εργασίας ενσωματώνονται ορθά στο RLGame. Ο RLGameLauncher επιβεβαιώνει την απλοποίηση της αρχικοποίησης και εκκίνησης του συστήματος, ενώ ο Πράκτορας TN λειτουργεί σε σύνδεση με το MCP υποσύστημα και τα αντίστοιχα δικαιώματα εκτέλεσης εργαλείων.

Παράλληλα, οι μηχανισμοί καταγραφής συμβάντων και τηλεμετρίας αποτυπώνουν τις κρίσιμες ενέργειες του συστήματος, επιτρέποντας βασική ιχνηλασιμότητα της λειτουργίας του. Οι έλεγχοι των φόρα επιβεβαιώνουν την ορθή λειτουργία των βασικών ενεργειών δημιουργίας, προβολής, επεξεργασίας και διαγραφής περιεχομένου.

Πρέπει να σημειωθεί, ωστόσο, πως η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε σε ελεγχόμενο περιβάλλον ανάπτυξης. Συνεπώς, τεκμηριώνει τη λειτουργική ορθότητα και τη συνεργασία των υποσυστημάτων, χωρίς να καλύπτει ζητήματα φόρτου, ασφάλειας παραγωγικού περιβάλλοντος ή μακροχρόνιας χρήσης.

10. Επίλογος

10.1. Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία είχε ως στόχο την επέκταση του RLGame με λειτουργίες που διευκολύνουν την εγκατάσταση, τη χρήση, την παρακολούθηση και τη συνεργατική υποστήριξη των χρηστών. Στο Σύστημα ενσωματώθηκαν πρόσθετα υποσυστήματα που βελτιώνουν τη χρηστικότητα, τη συντηρησιμότητα και την επεκτασιμότητά του, χωρίς, ωστόσο, αυτές οι αλλαγές να επηρεάζουν την φυσιογνωμία του ως πλατφόρμας παιχνιδιών ενισχυτικής μάθησης.

Ο RLGameLauncher μειώνει ουσιαστικά την πολυπλοκότητα εκκίνησης του συστήματος, αυτοματοποιώντας κρίσιμες ενέργειες που στην αρχική έκδοση απαιτούσαν χειροκίνητη παρέμβαση. Η μετάβαση σε ενιαία διαδικασία αρχικοποίησης και εκκίνησης καθιστά το RLGame πιο προσιτό σε χρήστες χωρίς ιδιαίτερη τεχνική εξοικείωση.

Η ενσωμάτωση του Πράκτορα TN προσθέτει ένα νέο επίπεδο υποστήριξης, καθώς ο χρήστης μπορεί να λαμβάνει οδηγίες σε φυσική γλώσσα και, όπου προβλέπεται, να εκτελεί επιλεγμένα MCP εργαλεία. Η ενσωμάτωση υβριδικού μηχανισμού RBAC στον Πράκτορα περιορίζει την ανεξέλεγκτη εκτέλεση ενεργειών και καθιστά τη λειτουργία του συμβατή με τις ανάγκες διαχείρισης της πλατφόρμας.

Παράλληλα, η προσθήκη των λειτουργιών δομημένης καταγραφής συμβάντων και τηλεμετρίας ενισχύει την παρατηρησιμότητα του συστήματος. Οι βασικές ενέργειες του χρήστη, του πράκτορα και του εξυπηρετητή μπορούν πλέον να αποτυπώνονται με συστηματικό τρόπο, παρέχοντας βάση για διάγνωση προβλημάτων και εξαγωγή βασικών στατιστικών χρήσης.

Τέλος, η ενσωμάτωση φόρουμ συζήτησης χρηστών και φόρουμ συνεργατικής ανάπτυξης επεκτείνει το RLGame προς την κατεύθυνση της ασύγχρονης επικοινωνίας και της τεκμηριωμένης συνεργασίας. Με τον τρόπο αυτό, η πλατφόρμα αποκτά λειτουργίες που υποστηρίζουν όχι μόνο την άμεση χρήση του παιχνιδιού, αλλά και τη συλλογική επίλυση προβλημάτων και τη μελλοντική του εξέλιξη.

10.2. Μελλοντικές κατευθύνσεις

10.2.1. Ενίσχυση των μηχανισμών ασφάλειας

Η υιοθέτηση ασφαλούς επικοινωνίας μέσω HTTPS/TLS θα ενίσχυε την προστασία της ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ client και server, ενώ η διαχείριση των κωδικών πρόσβασης θα μπορούσε να βελτιωθεί με τη χρήση πρακτικών, όπως αλγορίθμων κατακερματισμού (hashing algorithms) για την ασφαλή αποθήκευσή τους στην κεντρική βάση δεδομένων.

10.2.2. Επέκταση της MCP εργαλειοθήκης

Η υπάρχουσα εργαλειοθήκη είναι σχετικά περιορισμένη και μπορεί να επεκταθεί με επιπρόσθετα εργαλεία διαχείρισης, διάγνωσης προβλημάτων και υποστήριξης χρηστών. Με αυτόν τον τρόπο, ο Πράκτορας TN θα μπορούσε να αναλαμβάνει μεγαλύτερο εύρος τυποποιημένων διαδικασιών, καθιστώντας αποτελεσματικότερη τη διασύνδεσή του με τις επιμέρους λειτουργίες του οικοσυστήματος.

10.2.3. Αξιολόγηση με πραγματικούς χρήστες και έλεγχοι φόρτου

Η αξιολόγηση του συστήματος με πραγματικούς χρήστες, αφενός, θα επέτρεπε την αποτίμηση της πρακτικής του χρησιμότητας σε ρεαλιστικές συνθήκες χρήσης, όπου μέσα από κατάλληλα σενάρια θα μπορούσε να εξεταστεί η αποτελεσματικότητα του Πράκτορα TN, η χρηστικότητα των φόρα και η λειτουργικότητα του RLGameLauncher. Παράλληλα, η συλλογή ανατροφοδότησης από τους χρήστες θα μπορούσε να αναδείξει σημεία βελτίωσης που δεν είναι άμεσα εμφανή κατά τη φάση της τεχνικής ανάπτυξης.

Οι έλεγχοι φόρτου, αφετέρου, θα επέτρεπαν την αξιολόγηση της συμπεριφοράς του οικοσυστήματος υπό συνθήκες αυξημένης ταυτόχρονης χρήσης, μια διαδικασία, μέσω της οποίας θα μπορούσαν να εντοπιστούν πιθανά σημεία συμφόρησης και περιορισμοί στην απόκριση του συστήματος. Τα αποτελέσματα των ελέγχων θα μπορούσαν να καθοδηγήσουν στοχευμένες παρεμβάσεις, τόσο σε επίπεδο εφαρμογής όσο και σε επίπεδο υποδομής.

10.2.4. Επέκταση συμβατότητας

Η συμβατότητα του συστήματος μπορεί να επεκταθεί σε περισσότερα λειτουργικά συστήματα και εναλλακτικά περιβάλλοντα εκτέλεσης, μια ενέργεια που θα συνέβαλε στην

ευρύτερη αξιοποίηση του οικοσυστήματος και στην αξιόπιστη εγκατάσταση και λειτουργία του σε μεγαλύτερο εύρος υπολογιστικών περιβαλλόντων. Μελλοντικά, η συστηματική δοκιμή σε διαφορετικές πλατφόρμες θα μπορούσε να ενισχύσει τη φορητότητα και τη συνολική ωριμότητα της υλοποίησης.

Βιβλιογραφία

Beyer, B., Jones, C., Petoff, J., & Murphy, N. R. (Eds.). (2016). *Site reliability engineering: How Google runs production systems*. O'Reilly Media.

Chuvakin, A., Schmidt, K., & Phillips, C. (2013). *Logging and log management: The authoritative guide to understanding the concepts surrounding logging and log management*. Syngress.

Delahunty, J. (2018). Connecting to learn, learning to connect: Thinking together in asynchronous forum discussion. *Linguistics and Education*, 46, 12–22. Ανακτήθηκε από <https://doi.org/10.1016/j.linged.2018.05.003>

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.

Haykin, S. (2009). *Neural networks and learning machines* (3rd ed.). Pearson.

Kalles, D. & Kanellopoulos P. (2001), *On Verifying Game Designs and Playing Strategies using Reinforcement Learning*, ACM Symposium on Applied Computing, Las Vegas, 2001, pp. 6-11

Li, Z., Avgeriou, P., & Liang, P. (2015). A systematic mapping study on technical debt and its management. *Journal of Systems and Software*, 101, 193–220. Ανακτήθηκε από <https://doi.org/10.1016/j.jss.2014.12.027>.

OASIS. (2014). *XACML v3.0 core and hierarchical role based access control (RBAC) profile, Version 1.0*. OASIS.

Shkuro, Y., Renard, B., & Singh, A. (2022). Positional paper: Schema-first application telemetry. *ACM SIGOPS Operating Systems Review*, 56(1), 8–17. Ανακτήθηκε από <https://doi.org/10.1145/3544497.3544500>

Schmidt, K., & Bannon, L. (1992). Taking CSCW seriously: Supporting articulation work. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 1(1–2), 7–40. Ανακτήθηκε από <https://doi.org/10.1007/BF00752449>

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. In *Advances in Neural Information Processing Systems* (Vol. 30). Curran Associates.

Wooldridge, M., & Jennings, N. R. (1995). Intelligent agents: Theory and practice. *The Knowledge Engineering Review*, 10(2), 115–152. Ανακτήθηκε από <https://doi.org/10.1017/S0269888900008122>

Zhao, W. X., Zhou, K., Li, J., Tang, T., Wang, X., Hou, Y., Min, Y., Zhang, B., Zhang, J., Dong, Z., Du, Y., Yang, C., Chen, Y., Chen, Z., Jiang, J., Ren, R., Li, Y., Tang, X., Liu, Z., ... Wen, J.-R. (2023). *A survey of large language models*. ArXiv. Ανακτήθηκε από <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.18223>

Αυγερινός, Ζ. (2014). *Εφαρμογή για ανταγωνιστικά παιχνίδια σε κινητό τηλέφωνο - Πλατφόρμα iOS*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Βασιλόπουλος, Γ. (2019). *Συνεργατικοί πράκτορες σε συστήματα για παιχνίδια στρατηγικής*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Βλάση, Α. (2008). *Συστήματα για παιχνίδια στρατηγικής*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Γαβαλάς, Ν. (2012). *Συστήματα για παιχνίδια στρατηγικής: Αρχιτεκτονική Επανασχεδίαση με στόχο το Διαχωρισμό του Μηχανισμού Μάθησης από το Μηχανισμό Κινήσεων*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Γαλάζιος, Κ. (2016). *Παιχνίδια στρατηγικής με πλοήγηση σε χάρτες*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Γεώργας, Α. (2012). *Συστήματα για παιχνίδια στρατηγικής: Δικτυακές εφαρμογές στο υπολογιστικό πλέγμα*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Γιατζόγλου, Κ. (2017). *Εφαρμογή για παιχνίδι στρατηγικής: Ανάπτυξη Οικοσυστημάτων*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Δήμας, Ι. (2011). *Ανάπτυξη και λειτουργία δικτυακού εξυπηρετητή παιχνιδιών*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Δίκaros, Ν. (2014). *Ανάπτυξη Διαδικτυακού Εξυπηρετητή για Παιχνίδια Στρατηγικής με Σύγχρονες Τεχνολογίες*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Μακρής, Β. (2016). *Ανάπτυξη παιχνιδιού με χρήση τεχνητής νοημοσύνης σε κινητή πλατφόρμα*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Νικολαΐδης, Σ. (2014). *Τεχνητή νοημοσύνη και ενισχυτική μάθηση: Ανάπτυξη παιχνιδιού στρατηγικής ως εφαρμογής πολλαπλών συσκευών*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Νικολακάκης, Α. (2016). *Ενισχυτική μάθηση σε παιχνίδια στρατηγικής: Ανάπτυξη παιχνιδιού τύπου "σκάκι"*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Ντόκος, Γ. (2010). *Συστήματα για παιχνίδια στρατηγικής: Ανάπτυξη περιβάλλοντος αναπαραγωγής και σύγκρισης στιγμιότυπων παιχνιδιών*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Ντούτση, Ε. (2001). *Μοντελοποίηση και βελτίωση της ανθρώπινης ικανότητας σε παιχνίδια στρατηγικής*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Παπαγεωργίου, Χ. (2008). *Συστήματα για παιχνίδια στρατηγικής: Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Σαραντινός, Π. (2015). *Ενισχυτική μάθηση σε παιχνίδια στρατηγικής σε γράφους χαρτών*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Σταμάτης, Ε. (2014). *Κατασκευή Παιχνιδιού σε Κινητή Πλατφόρμα και Ενσωμάτωση Μηχανισμών Τεχνητής Νοημοσύνης*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Τάτσης, Β. (2011). *Συστήματα για παιχνίδια στρατηγικής: Επιστημονικές ροές εργασίας*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Φούκουρας Η. (2008). *Συστήματα για παιχνίδια στρατηγικής: Ανάπτυξη και λειτουργία δικτυακής υπηρεσίας διεξαγωγής παιχνιδιών*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Παράρτημα Α: Τεχνικά Στοιχεία Πηγαίου Κώδικα RLGame Launcher

Στο παράρτημα παρατίθενται λεπτομερείς πίνακες που αφορούν στη δομή του πηγαίου κώδικα του RLGameLauncher καθώς και τις εξωτερικές και εσωτερικές εξαρτήσεις αυτού.

| Αρχείο | Ρόλος |
|----------------------------|--|
| RLGameLauncher-Linux.sh | Εκκινεί τον Launcher σε Debian GNU/Linux. |
| RLGameLauncher-Windows.bat | Εκκινεί τον Launcher σε Microsoft Windows. |
| main.py | Σημείο εισόδου της Python εφαρμογής. Προετοιμάζει τις διεργασίες παρασκηνίου του RLGame και εκκινεί τη γραφική διεπαφή. |
| assets/gui.py | Η γραφική διεπαφή του εκκινήτη. Υλοποιήθηκε με τη βιβλιοθήκη tkinter της Python. |
| assets/initializer.py | Αρχικοποιεί τον φάκελο rlgame και παραμετροποιεί τις ρυθμίσεις παρασκηνίου. |
| assets/utilities.py | Περιλαμβάνει βοηθητικές λειτουργίες για έλεγχο εξαρτήσεων, εξαγωγή πηγαίου κώδικα, μεταγλώττιση Java, εκκίνηση διεργασιών και άνοιγμα browser. |
| assets/patches.py | Δημιουργεί το αρχείο ρυθμίσεων του avatar client, ανάλογα με τον αλγόριθμο που επιλέγει ο χρήστης. |
| assets/scripts.py | Περιλαμβάνει σταθερά κείμενα ρυθμίσεων, όπως το πρότυπο settings του avatar client. |

Πίνακας Α-1: Δομή αρχείων του RLGameLauncher

Οι εξαρτήσεις του RLGame Launcher παρατίθενται στον

| Λειτουργικό Σύστημα | Διαχειριστής Πακέτων | Αρχείο εκκίνησης | Εξαρτήσεις Διαχειριστή Πακέτων |
|---------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Debian GNU/Linux | APT | RLGameLauncher-Linux.sh | python3 |
| | | | python3-pip |
| | | | python3-tk |
| | | | default-jdk |
| Microsoft Windows | winget | RLGameLauncher-Windows.bat | python |
| | | | Microsoft.OpenJDK.17 |

Πίνακας Α-2: Εξωτερικές εξαρτήσεις RLGame Launcher.

| Βιβλιοθήκη | Εκτελέσιμο αρχείο
στον πηγαίο κώδικα | Περιγραφή |
|-------------------------------|---|--|
| Gson | gson-2.8.0.jar | Βιβλιοθήκη της Google για μετατροπή αντικειμένων Java σε JSON και αντίστροφα. |
| JDBC Helper | jdbc-helper-0.3.1.jar | Βοηθητική βιβλιοθήκη για απλοποίηση εργασιών με JDBC και βάσεις δεδομένων. |
| TooTallNate Java
WebSocket | TooTallNate-Java-
WebSocket.jar | Βιβλιοθήκη για υλοποίηση WebSocket client/server σε Java. |
| SLF4J API | slf4j-api-2.0.12.jar | API καταγραφής μηνυμάτων log, το οποίο λειτουργεί ως κοινή διεπαφή για διάφορα logging frameworks. |
| Πυρήνας Logback | logback-
core-1.4.14.jar | Βασικό τμήμα του Logback logging framework. |
| Logback Classic | logback-
classic-1.4.14.jar | Υλοποίηση του SLF4J με χρήση Logback για καταγραφή logs. |
| SQLite JDBC | sqlite-jdbc-3.53.1.0.jar | Βιβλιοθήκη διασύνδεσης της Java με βάσεις δεδομένων SQLite3. |

Πίνακας Α-3: Εσωτερικές εξαρτήσεις (βιβλιοθήκες) RLGame Launcher.

Παράρτημα Β: Τεχνικά Στοιχεία Πράκτορα ΤΝ

Β.1. Δομή και τεχνικά στοιχεία MCP υποσυστήματος

Ο πυρήνας του MCP υποσυστήματος αποτελείται από διακριτές κλάσεις και διεπαφές, οι οποίες επιτρέπουν την αρθρωτή οργάνωση των εργαλείων, οι οποίες αναλύονται λεπτομερέστερα στον παρακάτω πίνακα:

| Κλάση / Αρχείο | Ρόλος |
|--------------------------|--|
| McpStdioServer.java | Κύριος MCP εξυπηρετητής. Υλοποιεί επικοινωνία μέσω JSON-RPC 2.0. |
| McpTool.java | Interface που τυποποιεί τα MCP εργαλεία. |
| McpToolProvider.java | Interface για την αρθρωτή δήλωση εργαλειοθηκών. |
| McpToolLoader.java | Φορτώνει διαθέσιμους παρόχους εργαλείων μέσω Java ServiceLoader. |
| McpToolRegistry.java | Κεντρικό μητρώο καταχώρισης και αναζήτησης εργαλείων. |
| CoreMcpToolProvider.java | Αρχικοποιεί τα βασικά εργαλεία του συστήματος. |
| McpSchemaSupport.java | Υποστηρίζει τη δημιουργία JSON σχήματος παραμέτρων. |
| McpToolSupport.java | Παρέχει κοινές βοηθητικές λειτουργίες για τα εργαλεία. |

Πίνακας Β-1: Δομή πηγαιού κώδικα MCP υποσυστήματος στον RLGameEcoServer

Η αρχιτεκτονική του Πίνακα Β-1 επιτρέπει τη μελλοντική προσθήκη νέων εργαλείων χωρίς ριζικές αλλαγές στον υπόλοιπο κώδικα.

Β.2. Σχήμα δήλωσης εργαλείων

Κάθε MCP εργαλείο δηλώνεται με τυποποιημένο τρόπο, ώστε να μπορεί να αναγνωρίζεται, να περιγράφεται και να καλείται με ενιαίο μηχανισμό. Η βασική διεπαφή ενός εργαλείου περιλαμβάνει τις μεθόδους του Πίνακα Β-2.

| Μέθοδος | Περιγραφή |
|--------------------------|---|
| getName () | Επιστρέφει το όνομα του εργαλείου. |
| getDescription () | Επιστρέφει περιγραφή της λειτουργίας του εργαλείου. |
| getRequiredPermission () | Δηλώνει το απαιτούμενο δικαίωμα εκτέλεσης. |
| getJsonSchema () | Περιγράφει το σχήμα των παραμέτρων του εργαλείου. |
| execute () | Εκτελεί τη λειτουργία του εργαλείου.\ |

Πίνακας Β-2: Υποχρεωτικές μέθοδοι σχήματος MCP εργαλείων

Πιο συγκεκριμένα, η προσθήκη ενός MCP Εργαλείου στον `RLGameEcoServer` γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο:

1. Σύνταξη Πηγαίου Κώδικα

Ο χρήστης δημιουργεί μια νέα κλάση στο πακέτο
`rlgame/RLGameEcoServer/src/gr/eap/RLGameEcoServer/mcp/tools/`
(λ.χ. `ExampleTool.java`) την οποία συμπληρώνει όπως παρακάτω:

```
package gr.eap.RLGameEcoServer.mcp.tools;

import java.util.Map;

import gr.eap.RLGameEcoServer.mcp.McpTool;
import gr.eap.RLGameEcoServer.player.Player;
import gr.eap.RLGameEcoServer.security.ToolPermission;

public class ExampleTool implements McpTool {
    @Override
    public String getName() {
        // Όνομα εργαλείου
        return "example_tool";
    }

    @Override
    public String getDescription() {
        // Περιγραφή Εργαλείου
        return "Example MCP tool.";
    }

    @Override
    public String getRequiredPermission() {
        // Δικαιώματα εκτέλεσης εργαλείου
        return ToolPermission.SYSTEM_OVERVIEW;
        /* Έχει, δηλαδή, το ίδιο δικαίωμα εκτέλεσης
        με το εργαλείο SYSTEM_OVERVIEW. */
    }
}
```

```
    }

    @Override
    public Map<String, Object> getJsonSchema() {
        // Ορίσματα
        return McpSchemaSupport.objectSchema(
            McpSchemaSupport.property("message", "string",
                "Message to process"));
    }

    @Override
    public String execute(Player actor, Map<String, Object>
arguments) {
        // Μέθοδος εκτέλεσης
        String message =
McpToolSupport.asString(arguments.get("message"));
        return "Received: " + message;
    }
}
```

2. Δήλωση Νέου Εργαλείου στον CoreMcpToolProvider

Γίνεται τροποποιώντας το αρχείο `rlgame/RLGameEcoServer/src/gr/eap/RLGameEcoServer/mcp/tools/CoreMcpToolProvider.java` στην γραμμή 11 ως ακολούθως:

```
return Arrays.<McpTool>asList(
    new CreateUserTool(),
    new DeleteUserTool(),
    new ShowUserInfoTool(),
    new ChangeUserRoleTool(),
    new GetSystemOverviewTool(),
    new CreateGameTool(),
    new ExampleTool()
);
```

Η ύπαρξη τυποποιημένου σχήματος δήλωσης επιτρέπει στο LLM να γνωρίζει ποια εργαλεία είναι διαθέσιμα και ποιες παραμέτρους απαιτούν, ενώ επιτρέπει στον εξυπηρετητή να τα διαχειρίζεται με ενιαίο τρόπο.

Παράρτημα Γ: Τεχνικά Στοιχεία Παρατηρησιμότητας

Γ.1. Δομή και τεχνικά στοιχεία υποσυστήματος δομημένης καταγραφής συμβάντων.

Ο πυρήνας του Συστήματος Δομημένης Καταγραφής Συμβάντων εντοπίζεται στο πακέτο `gr.eap.RLGameEcoServer.extra`, με τα αρχεία κώδικα που εμπλέκονται στη λειτουργία του να είναι τα ακόλουθα:

| Κλάση / Αρχείο | Ρόλος |
|-----------------------|---|
| StructuredLogger.java | Ο βασικός πυρήνας της δομημένης καταγραφής. Δημιουργεί τις JSON log εγγραφές και παρέχει τις μεθόδους info, warn, error, debug. |
| LogContext.java | Κρατά τα κοινά πεδία συσχέτισης μέσω ThreadLocal, όπως sessionId, requestId, user, remoteIp. |
| logback.xml | Ρυθμίζει πού και πώς γράφονται τα logs, κυρίως στο <code>RLGameEcoServer/src/logs/server.log</code> . |

Πίνακας Γ-1: Δομή πηγαιού κώδικα συστήματος δομημένης καταγραφής συμβάντων (Logging)

Η παραγωγή των εγγραφών καταγραφής πραγματοποιείται μέσω της κλάσης `StructuredLogger`, η οποία δημιουργεί δομημένες εγγραφές σε μορφή JSON. Το `Logback` χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των εγγραφών στο αρχείο `logs/server.log`, ενώ η κλάση `LogContext` υποστηρίζει τη συσχέτιση των συμβάντων με στοιχεία όπως η σύνδεση, το αίτημα και ο χρήστης. Η υλοποίηση έχει σχεδιαστεί ώστε να αποφεύγει την καταγραφή ευαίσθητων δεδομένων, όπως κωδικοί πρόσβασης ή τα αιτήματα / ερωτήματα των χρηστών στον Πράκτορα, και να διατηρεί τις εγγραφές κατάλληλες για έλεγχο και διάγνωση.

Γ.1.1. Σχήμα δομημένης καταγραφής

Το σχήμα της δομημένης καταγραφής παρουσιάζεται με λεπτομέρεια στους παρακάτω πίνακες:

| Συμβάν | Περιγραφή |
|-------------------|---|
| SERVER_START_OK | Επιτυχής εκκίνηση του <code>RLGameEcoServer</code> , μαζί με βασικά στοιχεία όπως η θύρα λειτουργίας. |
| SERVER_START_FAIL | Αποτυχία εκκίνησης του server ή σφάλμα κατά την αρχικοποίηση |

| Συμβάν | Περιγραφή |
|---------------------|---|
| | Βασικών ρυθμίσεων. |
| WS_OPEN | Άνοιγμα νέας σύνδεσης WebSocket από client ή avatar. |
| WS_CLOSE | Κλείσιμο σύνδεσης WebSocket, με στοιχεία όπως κωδικός κλεισίματος και αιτία. |
| WS_ERROR | Σφάλμα σε επίπεδο WebSocket ή κατά την επικοινωνία client-server. |
| WS_MESSAGE_IN | Λήψη εισερχόμενου μηνύματος ή εντολής από client προς server. |
| WS_MESSAGE_IN_DONE | Ολοκλήρωση επεξεργασίας εισερχόμενης εντολής, με διάρκεια και αποτέλεσμα. |
| SEC_INVALID_PAYLOAD | Απόρριψη μη έγκυρου ή μη αναγνωρίσιμου payload για λόγους ασφάλειας ή ορθότητας. |
| AUTH_LOGIN_ATTEMPT | Προσπάθεια σύνδεσης χρήστη στο σύστημα. |
| AUTH_LOGIN_OK | Επιτυχής αυθεντικοποίηση χρήστη. |
| AUTH_LOGIN_FAIL | Αποτυχημένη αυθεντικοποίηση χρήστη, λ.χ. λόγω λανθασμένων στοιχείων. |
| GAME_CREATE | Δημιουργία νέας παρτίδας από χρήστη ή μέσω πρόσκλησης. |
| GAME_START | Έναρξη παρτίδας όταν οι απαιτούμενοι παίκτες είναι έτοιμοι. |
| GAME_END | Λήξη παρτίδας, με στοιχεία όπως νικητής, διάρκεια και λόγος τερματισμού. |
| LOBBY_JOIN | Συμμετοχή παίκτη σε υπάρχουσα παρτίδα ή lobby. |
| LOBBY_LEAVE | Αποχώρηση παίκτη από παρτίδα ή lobby. |
| LOBBY_INVITE_SENT | Αποστολή ή αποτυχία αποστολής πρόσκλησης σε άλλο παίκτη για συμμετοχή σε παρτίδα. |
| ACTION_MOVE | Υποβολή ενέργειας κίνησης από παίκτη. |
| MOVE_PERFORM_START | Έναρξη εκτέλεσης κίνησης στο εσωτερικό game state. |
| MOVE_FINAL_DETECTED | Ανίχνευση τελικής κατάστασης παρτίδας μετά από κίνηση. |
| MOVE_PERFORM_DONE | Ολοκλήρωση εκτέλεσης κίνησης. |
| MCP_PROTOCOL_OK | Επιτυχής επεξεργασία αιτήματος MCP/JSON-RPC, όπως initialize, tools/list, tools/call ή ping. |
| MCP_PROTOCOL_FAIL | Αποτυχία ή απόρριψη αιτήματος MCP/JSON-RPC λόγω άκυρης μορφής, μη υποστηριζόμενης μεθόδου ή λανθασμένων παραμέτρων. |
| MCP_TOOL_CALL | Έναρξη κλήσης MCP εργαλείου μέσω της τυποποιημένης διεπαφής tools/call. |
| MCP_TOOL_OK | Επιτυχής ολοκλήρωση κλήσης MCP εργαλείου. |

| Συμβάν | Περιγραφή |
|-----------------|--|
| MCP_TOOL_DENIED | Απόρριψη κλήσης MCP εργαλείου λόγω έλλειψης αυθεντικοποιημένου χρήστη (να γίνεται, δηλαδή προσπάθεια κλήσης εργαλείου την οθόνη σύνδεσης) ή ανεπαρκών δικαιωμάτων. |
| MCP_TOOL_FAIL | Αποτυχία εκτέλεσης MCP εργαλείου λόγω σφάλματος κατά την επεξεργασία. |

Πίνακας Γ-2: Συστηματοποίηση συμβάντων συστήματος δομημένης καταγραφής συμβάντων

| Πεδίο | Συμβάν Ειδικού Πεδίου
(αν είναι) | Περιγραφή |
|--------------|---|---|
| ts | Μόνιμο πεδίο | Χρονική στιγμή καταγραφής του συμβάντος σε ISO μορφή. |
| level | Μόνιμο πεδίο | Επίπεδο σοβαρότητας του log, π.χ. INFO, WARN, ERROR, DEBUG. |
| event | Μόνιμο πεδίο | Το όνομα/είδος του συμβάντος, π.χ. GAME_CREATE, AUTH_LOGIN_OK. |
| service | Μόνιμο πεδίο | Η υπηρεσία που παρήγαγε την εγγραφή, συνήθως RLGameEcoServer. |
| env | Μόνιμο πεδίο | Περιβάλλον εκτέλεσης, π.χ. dev. |
| sessionId | Μόνιμο πεδίο | Αναγνωριστικό WebSocket session/σύνδεσης. |
| requestId | Μόνιμο πεδίο | Αναγνωριστικό συγκεκριμένου εισερχόμενου αιτήματος/μηνύματος. |
| user | Μόνιμο πεδίο | Όνομα χρήστη που σχετίζεται με το συμβάν, όταν είναι διαθέσιμο. |
| remoteIp | Μόνιμο πεδίο | Διεύθυνση IP του client. |
| userAgent | Μόνιμο πεδίο | User agent του client, όπου υπάρχει. |
| durationMs | WS_MESSAGE_IN_DONE, GAME_END | Διάρκεια επεξεργασίας ή διάρκειας παρτίδας σε milliseconds. |
| result | WS_MESSAGE_IN_DONE, GAME_END, LOBBY_INVITE_SENT | Αποτέλεσμα ενέργειας, π.χ. ok ή fail. |
| errorType | Μόνιμο πεδίο | Τύπος σφάλματος, όταν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία σφάλματος. |
| errorMessage | Μόνιμο πεδίο | Μήνυμα σφάλματος, όταν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία σφάλματος. |
| port | SERVER_START_OK | Θύρα στην οποία ξεκίνησε ο server. |

| Πεδίο | Συμβάν Ειδικού Πεδίου
(αν είναι) | Περιγραφή |
|-------------|--|---|
| path | WS_OPEN | Path της WebSocket σύνδεσης. |
| remotePort | WS_OPEN | Θύρα προέλευσης του client. |
| closeCode | WS_CLOSE | Κωδικός κλεισίματος WebSocket σύνδεσης. |
| reason | WS_CLOSE | Αιτία κλεισίματος της σύνδεσης. |
| clean | WS_CLOSE | Δηλώνει αν το κλείσιμο της σύνδεσης ήταν ομαλό. |
| commandType | WS_MESSAGE_IN,
SEC_INVALID_PAYLOAD | Τύπος εντολής που ελήφθη, π.χ. LoginCommand, MoveCommand. |
| payloadSize | WS_MESSAGE_IN,
AUTH_LOGIN_ATTEMPT | Μέγεθος εισερχόμενου payload ή μήκους σχετικού πεδίου. |
| method | AUTH_LOGIN_ATTEMPT | Μέθοδος αυθεντικοποίησης, π.χ. password. |
| username | AUTH_LOGIN_ATTEMPT,
AUTH_LOGIN_FAIL | Masked όνομα χρήστη που επιχειρεί σύνδεση. |
| userId | AUTH_LOGIN_OK,
LOBBY_JOIN,
LOBBY_LEAVE,
ACTION_MOVE | Αναγνωριστικό χρήστη/παίκτη. |
| failReason | AUTH_LOGIN_FAIL,
LOBBY_INVITE_SENT | Αιτία αποτυχίας ενέργειας. |
| gameId | GAME_CREATE,
GAME_START,
GAME_END,
ACTION_MOVE,
MOVE_* | Αναγνωριστικό παρτίδας. |
| mode | GAME_CREATE | Τρόπος δημιουργίας παρτίδας, π.χ. custom ή invite. |
| players | GAME_CREATE,
GAME_START,
GAME_END | Πλήθος παικτών που σχετίζονται με την παρτίδα. |
| lobbyId | LOBBY_JOIN,
LOBBY_LEAVE,
LOBBY_INVITE_SENT | Αναγνωριστικό lobby/παρτίδας αναμονής. |
| role | LOBBY_JOIN | Ρόλος συμμετοχής παίκτη, π.χ. WHITEPLAYER, BLACKPLAYER, |

| Πεδίο | Συμβάν Ειδικού Πεδίου
(αν είναι) | Περιγραφή |
|--------------------|---|--|
| | | SPECTATOR. |
| leaveReason | LOBBY_LEAVE | Αιτία αποχώρησης από lobby/παρτίδα. |
| fromUserId | LOBBY_INVITE_SENT | Αναγνωριστικό χρήστη που στέλνει πρόσκληση. |
| toUserId | LOBBY_INVITE_SENT | Αναγνωριστικό χρήστη που λαμβάνει πρόσκληση. |
| playerId | MOVE_PERFORM_START,
,
MOVE_PERFORM_DONE,
MOVE_FINAL_DETECTE
D | Αναγνωριστικό παίκτη που εκτελεί κίνηση. |
| pawnId | ACTION_MOVE,
MOVE_* | Αναγνωριστικό πιονιού που μετακινείται. |
| toX | ACTION_MOVE,
MOVE_* | Συντεταγμένη X προορισμού της κίνησης. |
| toY | ACTION_MOVE,
MOVE_* | Συντεταγμένη Y προορισμού της κίνησης. |
| seqNo | ACTION_MOVE | Αριθμός/ID εντολής κίνησης. |
| winnerTeam | GAME_END | Νικήτρια ομάδα, π.χ. WHITE ή BLACK, όταν μπορεί να εξαχθεί. |
| endReason | GAME_END | Αιτία τερματισμού της παρτίδας. |
| mcpMethod | MCP_PROTOCOL_*,
MCP_TOOL_* | MCP/JSON-RPC μέθοδος που εκτελέστηκε ή επιχειρήθηκε, π.χ. initialize, tools/list, tools/call. |
| mcpOutcome | MCP_PROTOCOL_*,
MCP_TOOL_* | Αποτέλεσμα επεξεργασίας MCP αιτήματος ή εργαλείου, π.χ. success, started, permission_denied, failed. |
| toolName | MCP_TOOL_* | Όνομα MCP εργαλείου που κλήθηκε. |
| requiredPermission | MCP_TOOL_* | Δικαίωμα που απαιτείται για την εκτέλεση του εργαλείου. |
| actorUserName | MCP_TOOL_* | Όνομα αυθεντικοποιημένου χρήστη που ζήτησε την εκτέλεση εργαλείου, όπου υπάρχει. |
| actorUserGroup | MCP_TOOL_* | Ομάδα/ρόλος του χρήστη που ζήτησε την εκτέλεση εργαλείου, όπου υπάρχει. |
| ok | MCP_TOOL_* | Λογική ένδειξη επιτυχίας ή αποτυχίας της |

| Πεδίο | Συμβάν Ειδικού Πεδίου
(αν είναι) | Περιγραφή |
|---------|-------------------------------------|---|
| | | κλήσης εργαλείου. |
| message | MCP_TOOL_* | Σύντομο μήνυμα αποτελέσματος ή αιτίας
απόρριψης/αποτυχίας εργαλείου. |

Πίνακας Γ-3: Συστηματοποίηση πεδίων συμβάντων συστήματος δομημένης καταγραφής συμβάντων

Γ.2. Δομή και τεχνικά στοιχεία υποσυστήματος τηλεμετρίας.

Ο πυρήνας του Συστήματος Τηλεμετρίας εντοπίζεται στο πακέτο `gr.eap.RLGameEcoServer.extra`, με τα αρχεία κώδικα που εμπλέκονται στη λειτουργία του να είναι τα ακόλουθα:

| Κλάση / Αρχείο | Περιγραφή |
|----------------------------|---|
| TelemetryLogger.java | Κεντρικός μηχανισμός καταγραφής συμβάντων τηλεμετρίας. |
| TelemetrySummaryStore.java | Μηχανισμός συγκέντρωσης και παραγωγής σύνοψης τηλεμετρίας. |
| LogContext.java | Μηχανισμός παροχής κοινών πεδίων συσχέτισης στα συμβάντα τηλεμετρίας. |

Πίνακας Γ-4: Δομή πηγαιού κώδικα συστήματος τηλεμετρίας

Επιπλέον, το σύστημα Τηλεμετρίας παράγει τους παρακάτω αριθμοδείκτες:

| Κατηγορία | Αριθμοδείκτης | Πεδίο στον κώδικα | Περιγραφή |
|-----------|-------------------------|------------------------------------|---|
| Γενικά | Σύνολο γεγονότων | <code>totals.events</code> | Πλήθος όλων των γεγονότων τηλεμετρίας. |
| Γενικά | Μοναδικοί χρήστες | <code>totals.uniqueUsers</code> | Πλήθος διαφορετικών χρηστών. |
| Γενικά | Μοναδικές συνεδρίες | <code>totals.uniqueSessions</code> | Πλήθος διαφορετικών συνεδριών. |
| Γενικά | Γεγονότα ανά όνομα | <code>totals.eventsByName</code> | Κατανομή γεγονότων ανά όνομα συμβάντος. |
| παιγνίδι | Δημιουργημένες παρτίδες | <code>gamesCreated</code> | Πλήθος παρτίδων που δημιουργήθηκαν. |
| παιγνίδι | Παρτίδες που ξεκίνησαν | <code>gamesStarted</code> | Πλήθος παρτίδων που άρχισαν. |
| παιγνίδι | Ολοκληρωμένες παρτίδες | <code>gamesFinished</code> | Πλήθος παρτίδων που τελείωσαν. |

| Κατηγορία | Αριθμοδείκτης | Πεδίο στον κώδικα | Περιγραφή |
|-----------------|------------------------------------|---|--|
| παιγνίδι | Παρτίδες
πολλαπλής
εκτέλεσης | repeatedGamesStarted | Πλήθος
επαναλαμβανόμενων
παρτίδων. |
| παιγνίδι | Μέση διάρκεια
παρτίδας | averages.gameDurationMs | Μέση διάρκεια
ολοκληρωμένης
παρτίδας σε ms. |
| Κινήσεις | Υποβληθείσες
κινήσεις | movesSubmitted | Πλήθος κινήσεων που
στάλθηκαν. |
| Κινήσεις | Αποδεκτές
κινήσεις | movesAccepted | Πλήθος έγκυρων
κινήσεων. |
| Κινήσεις | Μέσες κινήσεις
ανά παρτίδα | averages.movesPerFinished-
Game | Μέσο πλήθος κινήσεων
ανά ολοκληρωμένη
παρτίδα. |
| Σύνδεση | Ανοίγματα
WebSocket | wsOpened | Πλήθος νέων
WebSocket συνδέσεων. |
| Σύνδεση | Κλεισίματα
WebSocket | wsClosed | Πλήθος κλεισιμάτων
WebSocket. |
| Σύνδεση | Σφάλματα
WebSocket | wsErrors | Πλήθος σφαλμάτων
επικοινωνίας. |
| Σύνδεση | Άκυρα payloads | invalidPayloads | Πλήθος μη έγκυρων
μηνυμάτων. |
| Εντολές | Ληφθείσες
εντολές | commandsReceived | Πλήθος εντολών που
έλαβε ο server. |
| Είσοδος | Προσπάθειες
εισόδου | loginAttempts | Πλήθος προσπαθειών
σύνδεσης. |
| Είσοδος | Επιτυχείς εισόδοι | loginSuccesses | Πλήθος επιτυχημένων
προσπαθειών σύνδεσης. |
| Είσοδος | Αποτυχημένες
εισόδοι | loginFailures | Πλήθος αποτυχημένων
προσπαθειών σύνδεσης. |
| Είσοδος | Ποσοστό
επιτυχίας εισόδου | Υπολογίζεται
loginSuccesses
loginAttempts | από
/
Εμφανίζεται στην
αναφορά κειμένου. |
| Προσκλήσεις | Επιτυχείς
προσκλήσεις | invitesSent | Πλήθος προσκλήσεων
που στάλθηκαν. |
| Προσκή-
σεις | Αποτυχημένες
προσκλήσεις | invitesFailed | Πλήθος αποτυχημένων
προσκλήσεων. |
| Βοηθός | Prompts προς | agentPrompts | Πλήθος αιτημάτων προς |

| Κατηγορία | Αριθμοδείκτης | Πεδίο στον κώδικα | Περιγραφή |
|-----------------|-----------------------------|--|--|
| | βοηθό | | τον βοηθητικό μηχανισμό. |
| Βοηθός | Ολοκληρωμένες αποκρίσεις | agentInteractions | Πλήθος ολοκληρωμένων αλληλεπιδράσεων. |
| Βοηθός | Μέση καθυστέρηση απόκρισης | averages.agentResponseLatencyMs | Μέσο latency απόκρισης βοηθού σε ms. |
| Εργαλεία βοηθού | Κλήσεις εργαλείων | toolCalls | Πλήθος tool calls. |
| Εργαλεία βοηθού | Επιτυχείς κλήσεις | toolCallSuccesses | Πλήθος επιτυχημένων tool calls. |
| Εργαλεία βοηθού | Απορριφθείσες κλήσεις | toolCallDenied | Πλήθος tool calls που απορρίφθηκαν. |
| Εργαλεία βοηθού | Αποτυχημένες κλήσεις | toolCallFailures | Πλήθος tool calls που απέτυχαν. |
| Εργαλεία βοηθού | Ποσοστό επιτυχίας εργαλείων | Υπολογίζεται από
toolCallSuccesses
toolCalls | Εμφανίζεται στην αναφορά κειμένου. |
| Χρήση ανά ρόλο | Γεγονότα ανά ρόλο | perRoleUsage | Κατανομή γεγονότων ανά ρόλο παίκτη. |
| Ροές | Βήματα funnels | funnels | Συγκεντρωτικά βήματα για ροές όπως login και game_lifecycle. |
| Ημερήσια εικόνα | Ημερήσια τάση | dailyTrend | Όλοι οι βασικοί δείκτες ανά ημερομηνία. |

Πίνακας Γ-5: Οι παραγόμενοι αριθμοδείκτες του συστήματος τηλεμετρίας

Γ.2.1. Σχήμα τηλεμετρίας

Σκοπός του σχήματος είναι να επιτρέπει την ενιαία αποτύπωση συμβάντων από διαφορετικά υποσυστήματα, όπως η δικτυακή διεπαφή, ο εξυπηρετητής, ο Πράκτορας ΤΝ, τα MCP εργαλεία και τα φόρα, με τρόπο τέτοιο, ώστε τα γεγονότα αυτά να μπορούν να συσχετιστούν και να αξιοποιηθούν προς εξαγωγή των παραπάνω αριθμοδεικτών.

| Συμβάν | Περιγραφή |
|------------------------------------|--|
| agent_avatar_game_create_requested | Ζητείται από τον πράκτορα δημιουργία παιγνιδιού μέσω avatar. |
| agent_game_created | Ο πράκτορας δημιούργησε παιγνίδι μέσω εργαλείου MCP. |
| agent_prompt_submitted | Ο χρήστης υπέβαλε ερώτημα προς τον πράκτορα από τη διεπαφή χρήστη (UI). |
| agent_prompt_requested | Το backend παρέλαβε αίτημα συνομιλίας με τον πράκτορα. |
| agent_prompt_rejected | Το ερώτημα προς τον πράκτορα απορρίφθηκε επειδή ήταν κενό. |
| agent_unavailable | Ο πράκτορας δεν είναι διαθέσιμος επειδή δεν έχει ρυθμιστεί LLM. |
| agent_response_received | Η διεπαφή χρήστη έλαβε απάντηση από τον πράκτορα. |
| agent_response_completed | Το backend ολοκλήρωσε την απάντηση του πράκτορα. |
| agent_response_failed | Απέτυχε η παραγωγή απάντησης από το LLM. |
| agent_response_timeout | Η διεπαφή χρήστη δεν έλαβε απάντηση πράκτορα εντός χρονικού ορίου. |
| agent_mcp_success | Ο πράκτορας έλαβε επιτυχή απόκριση από MCP αίτημα που παρήχθη από το LLM. |
| agent_mcp_failed | Ο πράκτορας έλαβε αποτυχημένη απόκριση από MCP αίτημα που παρήχθη από το LLM. |
| mcp_protocol_success | Επιτυχής επεξεργασία MCP/JSON-RPC αιτήματος. |
| mcp_protocol_failed | Αποτυχία ή απόρριψη MCP/JSON-RPC αιτήματος. |
| mcp_tool_call | Ξεκινά κλήση MCP εργαλείου. |
| mcp_tool_success | Η κλήση MCP εργαλείου ολοκληρώθηκε επιτυχώς. |
| mcp_tool_denied | Η κλήση MCP εργαλείου απορρίφθηκε λόγω δικαιωμάτων ή απουσίας αυθεντικοποιημένου χρήστη. |
| mcp_tool_failed | Η κλήση MCP εργαλείου απέτυχε κατά την εκτέλεση. |
| chatbot_message_composed | Ο χρήστης συνέταξε μήνυμα στο chatbot. |

| Συμβάν | Περιγραφή |
|------------------------------|---|
| chatbot_answer_rendered | Η διεπαφή χρήστη εμφάνισε απάντηση του chatbot. |
| chatbot_error_rendered | Η διεπαφή χρήστη εμφάνισε σφάλμα του chatbot. |
| client_connection_opened | Άνοιξε σύνδεση WebSocket από τον client. |
| client_connection_closed | Έκλεισε η σύνδεση WebSocket του client. |
| server_response_received | Ο client έλαβε απόκριση από τον server. |
| client_response_parse_failed | Ο client απέτυχε να αναλύσει απόκριση του server. |
| command_received | Ο server παρέλαβε εντολή από client. |
| invalid_payload | Ο server έλαβε μη έγκυρο ή μη αναγνωρίσιμο payload. |
| ws_opened | Άνοιξε WebSocket σύνδεση στον server. |
| ws_closed | Έκλεισε WebSocket σύνδεση στον server. |
| ws_error | Καταγράφηκε σφάλμα WebSocket στον server. |
| login_submit_clicked | Ο χρήστης πάτησε υποβολή σύνδεσης. |
| login_attempted | Έναρξη προσπάθειας σύνδεσης. |
| login_succeeded | Η σύνδεση χρήστη ολοκληρώθηκε επιτυχώς. |
| login_failed | Η σύνδεση χρήστη απέτυχε. |
| logout_clicked | Ο χρήστης ζήτησε αποσύνδεση. |
| create_game_requested | Ο χρήστης ζήτησε δημιουργία νέου παιχνιδιού. |
| avatar_create_game_requested | Ο χρήστης ζήτησε δημιουργία παιχνιδιού μέσω avatar. |
| game_created | Το παιχνίδι δημιουργήθηκε επιτυχώς. |
| join_game_requested | Ο χρήστης ζήτησε συμμετοχή σε παιχνίδι. |
| avatar_join_game_requested | Ο χρήστης ζήτησε συμμετοχή σε παιχνίδι μέσω avatar. |
| game_joined | Ο χρήστης προστέθηκε σε παιχνίδι. |

| Συμβάν | Περιγραφή |
|------------------------------|--|
| confirm_start_game_requested | Ο χρήστης επιβεβαίωσε ότι είναι έτοιμος για έναρξη παιχνιδιού. |
| game_ready_confirmed | Το backend κατέγραψε επιβεβαίωση ετοιμότητας παίκτη. |
| game_started | Το παιχνίδι ξεκίνησε. |
| game_finished | Το παιχνίδι ολοκληρώθηκε. |
| leave_game_requested | Ο χρήστης ζήτησε αποχώρηση από παιχνίδι. |
| game_left | Το backend κατέγραψε αποχώρηση από παιχνίδι. |
| invite_game_requested | Ο χρήστης ζήτησε πρόσκληση άλλου παίκτη σε παιχνίδι. |
| invite_sent | Η πρόσκληση παιχνιδιού στάλθηκε επιτυχώς. |
| invite_failed | Η πρόσκληση παιχνιδιού απέτυχε. |
| repeated_game_requested | Ο χρήστης ζήτησε εκτέλεση επαναλαμβανόμενων παιχνιδιών. |
| repeated_games_started | Το backend ξεκίνησε διαδικασία επαναλαμβανόμενων παιχνιδιών. |
| move_piece_selected | Ο χρήστης επέλεξε πόνι για κίνηση. |
| move_target_selected | Ο χρήστης επέλεξε κελί προορισμού. |
| move_confirmed | Ο χρήστης επιβεβαίωσε κίνηση από τη διεπαφή χρήστη. |
| move_submitted | Το backend παρέλαβε υποβληθείσα κίνηση. |
| move_accepted | Η κίνηση έγινε αποδεκτή. |
| move_rejected | Η κίνηση απορρίφθηκε. |
| forum_topics_requested | Ζητήθηκε φόρτωση θεμάτων φόρουμ. |
| forum_topic_created | Δημιουργήθηκε νέο θέμα φόρουμ. |
| forum_reply_created | Δημιουργήθηκε απάντηση σε θέμα φόρουμ. |
| forum_post_updated | Ενημερώθηκε ανάρτηση φόρουμ. |
| forum_reply_deleted | Διαγράφηκε απάντηση φόρουμ. |
| forum_topic_deleted | Διαγράφηκε θέμα φόρουμ. |

| Συμβάν | Περιγραφή |
|-------------------------|----------------------------------|
| forum_command_submitted | Υποβλήθηκε γενική εντολή φόρουμ. |

Πίνακας Γ-6: Συστηματοποίηση συμβάντων συστήματος τηλεμετρίας

| Πεδίο | Συμβάν Ειδικού Πεδίου (αν είναι) | Περιγραφή |
|-----------------|--|---|
| schemaVersion | Μόνιμο πεδίο | Έκδοση σχήματος τηλεμετρίας. |
| stream | Μόνιμο πεδίο | Ροή καταγραφής |
| eventType | Μόνιμο πεδίο | Τύπος συμβάντος |
| eventName | Μόνιμο πεδίο | Όνομα συμβάντος τηλεμετρίας. |
| clientSessionId | Μόνιμο πεδίο για συμβάντα της δικτυακής διεπαφής | Αναγνωριστικό συνεδρίας του browser client. |
| clientEventId | Μόνιμο πεδίο για συμβάντα της δικτυακής διεπαφής | Μοναδικό αναγνωριστικό client-side συμβάντος. |
| clientTimestamp | Μόνιμο πεδίο για συμβάντα της δικτυακής διεπαφής | Χρόνος δημιουργίας του συμβάντος στον client. |
| occurredAt | Μόνιμο πεδίο για συμβάντα του εξυπηρετητή | Χρόνος καταγραφής του συμβάντος στον server. |
| service | Μόνιμο πεδίο για συμβάντα του εξυπηρετητή | Όνομα υπηρεσίας που παρήγαγε το συμβάν. |
| env | Μόνιμο πεδίο για συμβάντα του εξυπηρετητή | Περιβάλλον εκτέλεσης της υπηρεσίας. |
| sessionId | Μόνιμο πεδίο για συμβάντα του εξυπηρετητή | Αναγνωριστικό WebSocket συνεδρίας στον server. |
| requestId | Μόνιμο πεδίο | Αναγνωριστικό αιτήματος για συσχέτιση αρχείων καταγραφής και τηλεμετρίας. |
| userId | Μόνιμο πεδίο | Αναγνωριστικό χρήστη που σχετίζεται με το συμβάν. |
| user | Μόνιμο πεδίο | Στοιχείο χρήστη από το server context. |
| uiView | Μόνιμο πεδίο | Προβολή της διεπαφής χρήστη όπου συνέβη η ενέργεια, π.χ. login, lobby, gameplay, chatbot, |

| Πεδίο | Συμβάν Ειδικού Πεδίου (αν είναι) | Περιγραφή |
|--------------------|---|--|
| | | forum. |
| role | Μόνιμο πεδίο | Ρόλος χρήστη ή παίκτη, π.χ. WHITEPLAYER, BLACKPLAYER. |
| agentInteractionId | Μόνιμο πεδίο για συμβάντα του Πράκτορα | Αναγνωριστικό συνομιλίας ή αλληλεπίδρασης με τον πράκτορα. |
| eventCategory | Μόνιμο πεδίο | Λογική κατηγορία συμβάντος, π.χ. auth, game, agent, mcp, forum. |
| funnelName | login_*, game_*, agent_*, mcp_*, invite_*, repeated_games_started | Όνομα ροής που παρακολουθείται. |
| funnelStep | login_*, game_*, agent_*, mcp_*, invite_*, repeated_games_started | Βήμα μέσα στη ροή. |
| authMethod | login_submit_clicked, login_attempted | Μέθοδος αυθεντικοποίησης. |
| failReason | login_failed, invite_failed, move_rejected, agent_*, mcp_* | Αιτία αποτυχίας ή απόρριψης. |
| errorType | ws_error, agent_response_failed, mcp_tool_failed | Τύπος σφάλματος ή exception. |
| errorMessage | client_response_parse_failed, chatbot_error_rendered, agent_response_failed, mcp_protocol_failed, mcp_tool_failed | Μήνυμα σφάλματος ή λεπτομέρεια αποτυχίας. |
| provider | agent_response_failed | Πάροχος LLM. |
| responseType | server_response_received | Τύπος απόκρισης που έλαβε ο client από τον server. |
| connectionState | server_response_received | Κατάσταση σύνδεσης που επιστρέφεται από τον server. |
| commandType | command_received | Τύπος εντολής που παρέλαβε ο server. |
| telemetryEventName | command_received | Το αρχικό συμβάν τηλεμετρίας της δικτυακής διεπαφής που συνόδευε την εντολή. |
| payloadSize | command_received, invalid_payload, | Μέγεθος payload ή σχετικού |

| Πεδίο | Συμβάν Ειδικού Πεδίου (αν είναι) | Περιγραφή |
|--------------------|---|---|
| | login_attempted | περιεχομένου. |
| path | ws_opened | Resource path της WebSocket σύνδεσης. |
| closeCode | ws_closed | Κωδικός κλεισίματος WebSocket. |
| clean | ws_closed | Αν το WebSocket έκλεισε καθαρά. |
| promptLength | chatbot_message_composed,
agent_prompt_submitted,
agent_prompt_requested | Μήκος ερωτήματος προς chatbot/agent. |
| responseLength | agent_response_received,
chatbot_answer_rendered,
agent_response_completed | Μήκος απάντησης agent/chatbot. |
| latencyMs | agent_response_completed | Χρόνος απόκρισης πράκτορα σε milliseconds. |
| mcpMethod | agent_mcp_*, mcp_protocol_*,
mcp_tool_* | MCP/JSON-RPC μέθοδος, π.χ. initialize, tools/list, tools/call. |
| mcpOutcome | mcp_protocol_*, mcp_tool_* | Αποτέλεσμα MCP αιτήματος ή εργαλείου, π.χ. success, started, permission_denied, failed. |
| toolName | agent_mcp_*, mcp_tool_call,
mcp_tool_success,
mcp_tool_denied,
mcp_tool_failed | Όνομα MCP εργαλείου. |
| toolArgumentsCount | mcp_tool_call,
mcp_tool_success,
mcp_tool_denied,
mcp_tool_failed | Πλήθος παραμέτρων κλήσης εργαλείου. |
| requiredPermission | mcp_tool_success,
mcp_tool_denied,
mcp_tool_failed | Δικαίωμα που απαιτείται για την εκτέλεση εργαλείου. |
| resultLength | mcp_tool_success | Μήκος αποτελέσματος εργαλείου. |
| actorUserName | mcp_tool_* | Όνομα χρήστη που εκτελεί το εργαλείο, όπου υπάρχει. |
| actorUserGroup | mcp_tool_* | Ομάδα/ρόλος χρήστη που εκτελεί το εργαλείο, όπου υπάρχει. |
| ok | mcp_tool_* | Λογική ένδειξη επιτυχίας της κλήσης εργαλείου. |

| Πεδίο | Συμβάν Ειδικού Πεδίου (αν είναι) | Περιγραφή |
|---------------------|---|---|
| message | mcp_tool_denied,
mcp_tool_failed,
mcp_tool_success | Μήνυμα αποτελέσματος ή αιτία απόρριψης/αποτυχίας εργαλείου. |
| gameId | Συμβάντα παιχνιδιού, κινήσεων,
invite | Αναγνωριστικό παιχνιδιού. |
| boardSize | create_game_requested,
game_created, game_started,
repeated_games_started,
agent game creation | Μέγεθος ταμπλό. |
| baseSize | create_game_requested,
game_created, game_started,
repeated_games_started,
agent game creation | Μέγεθος βάσης. |
| numberOfPawns | create_game_requested,
game_created, game_started,
repeated_games_started,
agent game creation | Αριθμός πιονιών. |
| players | game_created, game_started,
game_finished | Πλήθος παικτών στο παιχνίδι. |
| creationMode | game_created | Τρόπος δημιουργίας παιχνιδιού,
π.χ. custom, invite. |
| createAsAvatar | agent_avatar_game_create_req
uested, agent_game_created | Αν η δημιουργία παιχνιδιού έγινε
μέσω avatar. |
| invited | agent_game_created | Αν υπήρχε προσκεκλημένος
παίκτης. |
| avatarJoinRequested | agent_game_created | Αν ζητήθηκε συμμετοχή avatar
στο παιχνίδι. |
| targetUserId | invite_sent, invite_failed | Αναγνωριστικό χρήστη-στόχου
πρόσκλησης. |
| numberOfGames | repeated_game_requested,
repeated_games_started | Πλήθος επαναλαμβανόμενων
παιγνιδιών. |
| opponentId | repeated_games_started | Αναγνωριστικό αντιπάλου στα
επαναλαμβανόμενα παιχνίδια. |
| leaveReason | game_left | Αιτία αποχώρησης από παιχνίδι. |
| winnerTeam | game_finished | Ομάδα που κέρδισε το παιχνίδι. |
| durationMs | game_finished | Διάρκεια παιχνιδιού σε
milliseconds. |
| endReason | game_finished | Αιτία ολοκλήρωσης παιχνιδιού. |
| pawnId | move_piece_selected,
move_confirmed, | Αναγνωριστικό πιονιού που |

| Πεδίο | Συμβάν Ειδικού Πεδίου (αν είναι) | Περιγραφή |
|--------------------|---|--|
| | move_submitted,
move_accepted, move_rejected | κινείται. |
| toX, toY | move_submitted,
move_accepted, move_rejected | Συντεταγμένες προορισμού κίνησης στον server. |
| toXCoord, toYCoord | move_target_selected | Συντεταγμένες προορισμού κίνησης στη διεπαφή χρήστη. |
| result | move_accepted, move_rejected | Αποτέλεσμα ενέργειας, π.χ. ok, fail. |
| forumType | forum_topics_requested,
forum_topic_created,
forum_reply_created,
forum_post_updated,
forum_reply_deleted,
forum_topic_deleted,
forum_command_submitted | Τύπος φόρουμ όπου εκτελείται η ενέργεια. |

Πίνακας Γ-7: Συστηματοποίηση πεδίων συμβάντων συστήματος τηλεμετρίας

Παράρτημα Δ: Δομή αρχείων πηγαίου κώδικα των φόρα

Τα αρχεία κώδικα που υποστηρίζουν τη λειτουργία και των δύο φόρα είναι τα ακόλουθα:

| Κλάση / Αρχείο | Ρόλος |
|--------------------|---|
| ForumCommand.java | Κλάση εντολής για την αποστολή αιτημάτων σχετικών με τα φόρα από τον client προς τον εξυπηρετητή. Περιλαμβάνει τις απαιτούμενες πληροφορίες για ενέργειες όπως δημιουργία, ανάκτηση, ενημέρωση και διαγραφή συζητήσεων ή απαντήσεων. |
| ForumResponse.java | Κλάση απάντησης για την επιστροφή αποτελεσμάτων σχετικών με τα φόρα από τον εξυπηρετητή προς τον client. Χρησιμοποιείται για την αποστολή λιστών θεμάτων, αναρτήσεων, μηνυμάτων επιτυχίας ή σφαλμάτων. |
| ForumTopic.java | Κλάση μοντέλου που αναπαριστά ένα θέμα συζήτησης. Περιλαμβάνει στοιχεία όπως τίτλο, περιεχόμενο, δημιουργό, κατηγορία φόρουμ και χρονικές πληροφορίες. |
| ForumPost.java | Κλάση μοντέλου που αναπαριστά μία ανάρτηση ή απάντηση σε θέμα συζήτησης. Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και διαχείριση του περιεχομένου των απαντήσεων. |
| ForumService.java | Κεντρική υπηρεσία διαχείρισης των λειτουργιών των φόρα. Υλοποιεί τη λογική δημιουργίας, ανάκτησης, τροποποίησης και διαγραφής θεμάτων και αναρτήσεων, καθώς και τους σχετικούς ελέγχους πρόσβασης. |
| forum.js | Αρχείο JavaScript της δικτυακής διεπαφής για την προβολή και χρήση των φόρα. Διαχειρίζεται την εμφάνιση θεμάτων, τη δημιουργία συζητήσεων, την αποστολή απαντήσεων και τη διάκριση μεταξύ Φόρουμ Συζήτησης Χρηστών και Συνεργατικής Ανάπτυξης |

Πίνακας Δ-1: Δομή πηγαίου κώδικα φόρα συζήτησης χρηστών και συνεργατικής ανάπτυξης