



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

**Ανάπτυξη έξυπνου Chatbot υποστήριξης εκπαιδευτικών με
χρήση Τεχνολογιών Λογισμικού και Επεξεργασίας Φυσικής
Γλώσσας**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

Λασκαρίδη Ιγνάτιου
Αριθμός Μητρώου: 3252024014

Επιβλέπων: Κρητικός Κυριάκος

Μέλη εξεταστικής επιτροπής: Κοκολάκης Σπυρίδων, Συμεωνίδης Παναγιώτης

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου στους ανθρώπους που συνέβαλαν καθοριστικά σε αυτό το ταξίδι.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Κυριάκο Κρητικό, για την πολύτιμη βοήθειά του και την αμέριστη στήριξη που μου παρείχε. Η επιστημονική του καθοδήγηση, ο χρόνος που διέθεσε και οι εύστοχες παρατηρήσεις του αποτέλεσαν τον βασικότερο πυλώνα για την επιτυχή εκπόνηση και ολοκλήρωση της έρευνας αυτής.

Επιπλέον, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στη διευθύντρια του σχολείου μας, κ. Βασιλική Θωμαΐδη. Ήταν εκείνη της οποίας η ουσιαστική παρότρυνση, η υποστήριξη και η ενθάρρυνση στάθηκαν η κύρια αφορμή για να λάβω την απόφαση να ξεκινήσω αυτό το μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών, και της είμαι βαθύτατα ευγνώμων για την διαρκή εμπιστοσύνη της.

Τέλος, το πιο μεγάλο και ουσιαστικό «ευχαριστώ» ανήκει στη σύζυγό μου, Κατερίνα Παυλή. Χωρίς τη δική της αδιάκοπη υπομονή και συμπαράσταση, η προσπάθεια αυτή δεν θα είχε τελεσφορήσει. Την ευχαριστώ από τα βάθη της καρδιάς μου που επωμίστηκε αγόγγυστα το βάρος των οικογενειακών μας υποχρεώσεων, στηρίζοντάς με με κατανόηση και αγάπη κατά το απαιτητικό αυτό διάστημα.

© [2026]

του

Λασκαρίδη Ιγνατίου

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
1.1 Γενικό Πλαίσιο και Κίνητρο	14
1.2 Αντικείμενο και Στόχοι της Διπλωματικής Εργασίας	14
1.3 Σημασία του Αντικειμένου Μελέτης	15
1.4 Εύρος και Περιορισμοί της Εργασίας (Scope and Boundaries)	15
1.5 Μεθοδολογική Προσέγγιση	16
1.6 Δομή της Εργασίας.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	18
2.1 Η Εξέλιξη της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εκπαίδευση (AIEd)	18
2.1.1 Η Εξέλιξη των Εκπαιδευτικών Τεχνολογιών: Από τα Συστήματα Διαχείρισης Μάθησης (LMS) στα Ευφυή Συστήματα Διδασκαλίας (ITS)	19
2.2 Διαλογικοί Πράκτορες (Chatbots): Αρχιτεκτονική και Κατηγοριοποίηση	20
2.2.1 Chatbots Βασισμένα σε Κανόνες (Rule-based Chatbots)	21
2.2.2 Chatbots Βασισμένα σε Τεχνητή Νοημοσύνη και NLP	21
2.2.3 Η Υβριδική Προσέγγιση του Rasa	22
2.2.4 Συγκριτική Αξιολόγηση: Η Υπεροχή του των AI Chatbots έναντι των Κλειστών Μοντέλων Γεννητικής ΤΝ.....	22
2.3 Το Σύστημα RASA	24
2.3.1 Ο Ταξινομητής DIET (Dual Intent and Entity Transformer)	24
2.3.2 Υβριδική Διαχείριση Διαλόγου: Η πολιτική TED και η RulePolicy.....	25
2.3.3 Ο ρόλος του Rasa Action Server και η Υλοποίηση Εξατομικευμένων Ενεργειών (Custom Actions)	27
2.3.4 Η έννοια του Fallback και η Διαχείριση Αβεβαιότητας	27
2.4 Τεχνολογίες Υποδομής και Ανάπτυξης (Infrastructure & DevOps).....	29
2.4.1 Τεχνολογία Εικονικοποίησης Επιπέδου Λειτουργικού Συστήματος (Containerization) μέσω Docker	29
2.4.2 Υπολογιστικό Νέφος και Αξιοποίηση της Πλατφόρμας Google Cloud (GCP)	30
2.4.3 Αρχιτεκτονική Ασφάλειας και Διαχείριση Εξυπηρετητή Μέσω Nginx και SSL	31
2.5 Βιβλιογραφική Σύγκριση και Σχετικές Εργασίες	32
2.5.1 Ψηφιακές Πρωτοβουλίες και Διαλογικοί Πράκτορες στην Ελλάδα (ΕΔΥΤΕ & Ψηφιακό Σχολείο)	32

2.5.2 Το Πιλοτικό Πρόγραμμα ChatGPT Edu στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση	33
2.5.3 Ερευνητικά Πρωτότυπα και η Εξειδικευμένη Προσέγγιση του Σχολικού Βοηθού	34
2.5.4 Συγκριτική Αξιολόγηση Εργασιών	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	37
3.1 Μεθοδολογία Ανάπτυξης: Το Μοντέλο του Καταρράκτη	37
3.2 Ανάλυση Απαιτήσεων Συστήματος.....	38
3.2.1 Ιεραρχική Αποτύπωση Απαιτήσεων Συστήματος	39
3.3 Σχεδίαση Συστήματος	46
3.3.1 Φιλοσοφία Σχεδίασης και Σύνδεση με τον Εκπαιδευτικό Σκοπό	46
3.3.2 Διάγραμμα περιβάλλοντος (Context Diagram).....	47
3.3.3 Διάγραμμα Αρχιτεκτονικής Συστήματος.....	48
3.3.4 Διάγραμμα Κλάσεων	50
3.3.5 Διάγραμμα Περιπτώσεων Χρήσης (Use Case Diagram).....	52
3.3.6 Διαγράμματα Δραστηριοτήτων (Activity Diagrams)	55
3.3.7 Συμπερασματικά	69
3.4 Υλοποίηση του Συστήματος.....	69
3.4.1 Γλώσσες Προγραμματισμού και Τεχνολογικό Υπόβαθρο	69
3.4.2 Το Πλαίσιο Ανάπτυξης Διαλογικών Συστημάτων Rasa Open Source.....	70
3.4.3 Βιβλιοθήκες Επεξεργασίας Δεδομένων και Διεπαφής Χρήστη	72
3.4.4 Πλαίσιο Εικονικοποίησης και Περιβάλλον Ανάπτυξης (DevOps & IDE)	74
3.4.5 Δομικά Στοιχεία και Ροή Πληροφορίας	77
3.4.6 Οργάνωση του Έργου (Project Structure).....	79
3.5 Βαθμός Ικανοποίησης Απαιτήσεων	81
3.5.1 Βαθμός Ικανοποίησης Λειτουργικών και Μη Λειτουργικών Απαιτήσεων.....	81
3.5.2 Συμπερασματική Αξιολόγηση	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ & ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	84
4.1 Εγκατάσταση Συστήματος	84
4.1.1 Προαπαιτούμενα Συστήματος	84
4.1.2 Εγκατάσταση σε Τοπικό Σύστημα (για ερευνητικούς σκοπούς / ανάπτυξη)	85
4.1.3 Εγκατάσταση σε Παραγωγικό Περιβάλλον Νέφους (Cloud Production).....	87
4.1.4 Ενσωμάτωση Widget σε Δυναμική Ιστοσελίδα	88
4.2 Επίδειξη Συστήματος	90

4.2.1 Αναζήτηση για Στοιχεία Επικοινωνίας (Διακριτός Ρόλος: Χρήστης)	90
4.2.2 Αναζήτηση Υλικού Διαβάσματος (Διακριτός Ρόλος: Χρήστης)	92
4.2.3 Περίπτωση Χρήσης: Δημιουργία / Ανάρτηση Υλικού Διαγωνισμάτων (Διακριτοί Ρόλοι: Εγγεγραμμένος Χρήστης / Διαχειριστής)	94
4.2.4 Περίπτωση Χρήσης: Δημιουργία Υλικού Διαβάσματος (Διακριτοί Ρόλοι: Εγγεγραμμένος Χρήστης / Διαχειριστής)	97
4.2.5 Περίπτωση Χρήσης: Δημιουργία Διαγωνίσματος (Διακριτοί Ρόλοι: Εγγεγραμμένος Χρήστης / Διαχειριστής)	98
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	102
5.1 Συμπεράσματα και Συνεισφορά της Διπλωματικής Εργασίας	102
5.2 Προσωπική Εμπειρία που Αποκτήθηκε	103
5.3 Επεκτάσεις & Προτάσεις για Μελλοντική Εργασία	103
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	105

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Σύγκριση Προτεινόμενης Λύσης με Υπάρχοντα Εργαλεία	35
Πίνακας 2. Συνοπτικός Πίνακας Τεχνικών Προδιαγραφών Βιβλιοθηκών.....	74
Πίνακας 3. Πίνακας Ικανοποίησης Λειτουργικών και Μη Λειτουργικών Απαιτήσεων	81

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Το Μοντέλο του Καταρράκτη	37
Εικόνα 2. Διάγραμμα περιβάλλοντος (context diagram)	47
Εικόνα 3. Διάγραμμα αρχιτεκτονικής Chatbot	49
Εικόνα 4. Διάγραμμα κλάσεων (class diagram)	51
Εικόνα 5. Διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης	53
Εικόνα 6. Περίπτωση Χρήσης: Αναζήτηση για Στοιχεία Επικοινωνίας	56
Εικόνα 7. Περίπτωση Χρήσης: Αναζήτηση Υλικού Διαβάσματος	58
Εικόνα 8. Περίπτωση Χρήσης: Δημιουργία / Ανάρτηση Υλικού Διαγωνισμάτων	61
Εικόνα 9. Περίπτωση Χρήσης: Δημιουργία Υλικού Διαβάσματος	64
Εικόνα 10. Περίπτωση Χρήσης: Δημιουργία Διαγωνίσματος	67
Εικόνα 11. Ιεραρχική δομή ριζικού φακέλου	80
Εικόνα 12. Η οργανωτική δομή των αρχείων του συστήματος μετά τη λήψη του πηγαίου κώδικα	86
Εικόνα 13. Η αυτοματοποιημένη δημιουργία εικόνων και δοχείων κατά την εκκίνηση του συστήματος	87
Εικόνα 14. Επιβεβαίωση της ταυτόχρονης και απομονωμένης εκτέλεσης των μικροπηρεσιών rasa και action_server	87
Εικόνα 15. Παραμετροποίηση της διεύθυνσης διακομιστή [socketUrl] στο script ενσωμάτωσης	88
Εικόνα 16. Διαδικασία ενσωμάτωσης του κώδικα μέσω πρόσθετου (plugin) στο Σύστημα Διαχείρισης Περιεχομένου WordPress	89
Εικόνα 17. Το chatbot σε πλήρη λειτουργία στην αρχική σελίδα του WordPress site	90
Εικόνα 18. Ιστοσελίδα σχολείου (Π.Χ. Αναζήτηση για Στοιχεία Επικοινωνίας)	91
Εικόνα 19. Επιλογή ιδιότητας (Π.Χ. Αναζήτηση για Στοιχεία Επικοινωνίας)	91
Εικόνα 20. Ολοκλήρωση συνομιλίας (Π.Χ. Αναζήτηση για Στοιχεία Επικοινωνίας)	92
Εικόνα 21. Επιλογή ιδιότητας (Π.Χ. Αναζήτηση Υλικού Διαβάσματος)	93
Εικόνα 22. Ολοκλήρωση συνομιλίας (Π.Χ. Αναζήτηση Υλικού Διαβάσματος)	93
Εικόνα 23. Ολοκλήρωση συνομιλίας (Π.Χ. Αναζήτηση Υλικού Διαβάσματος)	94
Εικόνα 24. Ταυτοποίηση χρήστη (Π.Χ. Δημιουργία / Ανάρτηση Υλικού Διαγωνισμάτων)	95
Εικόνα 25. Εγγεγραμμένος χρήστης (Π.Χ. Δημιουργία / Ανάρτηση Υλικού Διαγωνισμάτων)	95
Εικόνα 26. Εγγεγραμμένος χρήστης (Π.Χ. Δημιουργία / Ανάρτηση Υλικού Διαγωνισμάτων)	96
Εικόνα 27. Εγγεγραμμένος χρήστης (Π.Χ. Δημιουργία / Ανάρτηση Υλικού Διαγωνισμάτων)	96
Εικόνα 28. Εγγεγραμμένος χρήστης (Π.Χ. Δημιουργία / Ανάρτηση Υλικού Διαγωνισμάτων)	97
Εικόνα 29. Ολοκλήρωση συνομιλίας (Π.Χ. Δημιουργία Υλικού Διαβάσματος)	98
Εικόνα 30. Εισαγωγή μεταβλητών (μάθημα, τάξη και βαθμό δυσκολίας)	99
Εικόνα 31. Εισαγωγή μεταβλητών (αριθμός ερωτήσεων και εμφάνιση απαντήσεων)	99
Εικόνα 32. Παραγωγή διαγωνίσματος	100
Εικόνα 33. Παραγόμενο διαγώνισμα	101

ΛΙΣΤΑ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ

AI	Artificial Intelligent
AIEd	Artificial Intelligentin Education
API	Application Programming Interfaces
Chatbot	Chat Robot
CORS	Cross-Origin Resource Sharing
DevOps	Development & Operations
DIET	Dual Intent and Entity Transformer
GCE	Google Compute Engine
HCI	Human-Computer Interaction
HTTP	HyperText Transfer Protocol
ITS	Intelligent Tutoring Systems
LLMs	Large Language Models
LMS	Learning Management Systems
LSTMs	Long Short-Term Memory
NER	Named Entity Recognition
NLP	Natural Language Processing
NLU	Natural Language Understanding
REST	Representational State Transfer
RNNs	Recurrent Neural Networks
SDLC	Software Development Life Cycle
SSL	Secure Sockets Layer
TED	Transformer Embedding Dialogue

TLS	Transport Layer Security
venv	Virtual Environments
VMs	Virtual Machines
ΙΕΠ	Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής
TN	Τεχνητή Νοημοσύνη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την υλοποίηση ενός ευφυούς ψηφιακού συνομιλιακού πράκτορα (chatbot), με στόχο την αναβάθμιση και αυτοματοποίηση των εκπαιδευτικών και διοικητικών διαδικασιών σε επίπεδο σχολικής μονάδας. Το σύστημα σχεδιάστηκε για να προσφέρει άμεση και εξατομικευμένη επικοινωνία, εξυπηρετώντας δυναμικά τις καθημερινές ανάγκες τόσο των μαθητών όσο και των γονέων και των εκπαιδευτικών της μονάδας.

Το chatbot αναπτύχθηκε κάνοντας χρήση του ανοιχτού κώδικα πλαισίου (framework) Rasa, επιτρέποντας την προηγμένη κατανόηση φυσικής γλώσσας (NLU) και τη δυναμική διαχείριση πολύπλοκων διαλόγων στην ελληνική γλώσσα. Μία από τις βασικότερες καινοτομίες του συστήματος αποτελεί η δυνατότητα αυτοματοποιημένης διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού. Ειδικότερα, ο πράκτορας είναι σε θέση να εκτελεί δυναμική ανάλυση εγγράφων (εξαγωγή ερωτήσεων-απαντήσεων από αρχεία Word/PDF) και να παράγει αυτόματα, εξατομικευμένα διαγωνίσματα (με βάση τις απαιτήσεις του εκπαιδευτικού) σε μορφή PDF (on-the-fly) μέσω βιβλιοθηκών παραγωγής εγγράφων.

Παράλληλα, το σύστημα υποστηρίζει ισχυρούς μηχανισμούς αυθεντικοποίησης (role-based access) για διαφοροποίηση των δικαιωμάτων πρόσβασης μεταξύ απλών μελών, εκπαιδευτικών και διαχειριστών. Με στόχο τη μόνιμη, γρήγορη και λειτουργική αποθήκευση του εκπαιδευτικού υλικού, το αποθετήριο υλοποιήθηκε μέσω δομών JSON. Επιπρόσθετα, το chatbot διασυνδέεται επιτυχώς με το ευρύτερο πληροφοριακό σύστημα του σχολείου, μέσω κλήσεων REST API στο Σύστημα Διαχείρισης Περιεχομένου WordPress, επιτρέποντας την άμεση και επικαιροποιημένη άντληση απαντήσεων / ανακοινώσεων χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.

Τέλος, για την εξασφάλιση της φορητότητας, της ανεξαρτησίας του περιβάλλοντος και της εύκολης εγκατάστασης της λύσης σε επίπεδο έρευνας/ανάπτυξης αλλά και παραγωγής, ολόκληρη η αρχιτεκτονική του συστήματος (core server, action server κ.ά.) «εγκιβωτίστηκε» (containerized) κάνοντας χρήση της τεχνολογίας του Docker.

Συμπερασματικά, η παρούσα διπλωματική εργασία αποδεικνύει εμπράκτως πώς τα σύγχρονα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να ενσωματωθούν πρακτικά στο ελληνικό εκπαιδευτικό οικοσύστημα, μειώνοντας δραστικά τον διαχειριστικό φόρτο μέσω της αυτοματοποίησης και βελτιώνοντας την τελική εμπειρία των χρηστών.

Λέξεις-Κλειδιά: Ευφυής Συνομιλιακός Πράκτορας, Chatbot, Πλαίσιο Rasa, Τεχνητή Νοημοσύνη στην Εκπαίδευση, Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (NLP), Αυτοματοποίηση Εκπαιδευτικού Υλικού, Δοχειοποίηση, Docker, REST API.

ABSTRACT

This thesis discusses the design, development, and implementation of an intelligent conversational agent (chatbot) aimed at upgrading and automating educational and administrative workflows within a school unit. The system was engineered to deliver immediate and personalized communication, dynamically catering to the daily requirements of students, parents, and educators.

The chatbot was built upon the open-source Rasa framework, enabling advanced Natural Language Understanding (NLU) and contextual dialogue management in the Greek language. One of the primary innovations of the system is its capability to automate the management of study materials. Specifically, the agent can perform dynamic document parsing (extracting Q&A sets from Word/PDF files) and automatically generate customized examinations/tests (based on the educator requirements) in PDF format on-the-fly by utilising document generation/parsing libraries.

In parallel, the architecture integrates robust authentication mechanisms (role-based access control) to differentiate privileges among regular users, teachers, and administrators. To ensure scalable and persistent storage of educational resources, the content repository leverages an SQLite relational database. In addition, the chatbot successfully interfaces with the school's broader informational ecosystem by executing REST API calls to the WordPress Content Management System, empowering the retrieval of real-time announcements without human intervention.

Finally, to guarantee portability, environment consistency, and seamless deployment across development and production stages, the core components of the application have been completely containerized utilizing the Docker technology.

In conclusion, this thesis practically demonstrates how modern artificial intelligence paradigms can be seamlessly integrated into educational ecosystems, drastically reducing administrative overhead through automation, whilst enhancing the overall user and learning experience.

Keywords: Intelligent Conversational Agent, Chatbot, Rasa Framework, Artificial Intelligence in Education, Natural Language Processing (NLP), Educational Material Automation, Containerization, Docker, REST API.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικό Πλαίσιο και Κίνητρο

Η ραγδαία εξέλιξη της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) και της Επεξεργασίας Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing - NLP) έχει αναδιαμορφώσει το ψηφιακό τοπίο, με την εκπαίδευση να αποτελεί έναν από τους πλέον επηρεαζόμενους χώρους. Στο πλαίσιο της σύγχρονης σχολικής πραγματικότητας, ο εκπαιδευτικός καλείται να ανταπεξέλθει σε έναν διττό ρόλο: αφενός στο παιδαγωγικό και διδακτικό έργο και αφετέρου σε έναν διαρκώς αυξανόμενο όγκο διοικητικών καθηκόντων.

Η ανάγκη για ουσιαστική υποστήριξη σε αυτόν τον διπλό ρόλο μπορεί να καλυφθεί μέσω της στρατηγικής χρήσης εργαλείων TN, τα οποία προσφέρουν λύσεις και στα δύο επίπεδα. Στο διδακτικό και παιδαγωγικό έργο, η TN επιτρέπει την εξατομίκευση της μάθησης, παρέχοντας στους μαθητές άμεση ανατροφοδότηση και υποστηρικτικό υλικό προσαρμοσμένο στις ανάγκες τους, ενώ βοηθά τον εκπαιδευτικό στη γρήγορη δημιουργία πρωτότυπου εκπαιδευτικού περιεχομένου και αξιολογήσεων. Παράλληλα, στο διοικητικό έργο, τα εργαλεία αυτά μπορούν να αυτοματοποιήσουν τυποποιημένες διαδικασίες, όπως η ενημέρωση γονέων για ανακοινώσεις, η οργάνωση της τράπεζας θεμάτων και η διαχείριση συχνών ερωτημάτων, απελευθερώνοντας πολύτιμο χρόνο για την ποιοτική ενίσχυση της διδασκαλίας.

Το προσωπικό κίνητρο για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας πηγάζει από την ιδιότητα του συγγραφέα ως μόνιμου εκπαιδευτικού στο 1ο Πρότυπο Γυμνάσιο Μυτιλήνης. Η καθημερινή τριβή με τις ανάγκες της σχολικής μονάδας ανέδειξε την ανάγκη για ένα εργαλείο που θα λειτουργεί ως ψηφιακός βοηθός, ικανό να υποστηρίξει τόσο τους εκπαιδευτικούς όσο και τους μαθητές και γονείς. Παράλληλα, η εργασία αυτή αποτελεί την εφαρμογή των εξειδικευμένων γνώσεων πληροφορικής που αποκτήθηκαν στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αιγαίου, επιδιώκοντας τη σύνδεση της ακαδημαϊκής έρευνας με την επίλυση πραγματικών προβλημάτων της εκπαιδευτικής κοινότητας.

1.2 Αντικείμενο και Στόχοι της Διπλωματικής Εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η σχεδίαση, ανάπτυξη και υλοποίηση ενός «έξυπνου» διαλογικού πράκτορα (IntelligentChatbot), ο οποίος ενσωματώνεται στο ψηφιακό περιβάλλον της σχολικής μονάδας. Το σύστημα θα πρέπει να αξιοποιεί ένα κατάλληλο πλαίσιο ανάπτυξης διαλογικών πρακτόρων, όπως είναι το Rasa, ώστε να παρέχετε επαρκής υποστήριξη όσον αφορά την κατανόηση των προθέσεων των χρηστών, προσφέροντας μια προσωποποιημένη εμπειρία αλληλεπίδρασης.

Οι βασικοί στόχοι της υλοποίησης συνοψίζονται στους εξής άξονες:

- Αυτοματοποίηση & Διαχείριση Εκπαιδευτικού Υλικού: Η δυνατότητα εισαγωγής εκπαιδευτικού υλικού και υλικού αξιολόγησης καθώς και η δυναμική δημιουργία φύλλων εξέτασης (διαγωνισμάτων) σε μορφή PDF, κατόπιν παραμετροποιημένου αιτήματος του εκπαιδευτικού.

- Βελτιστοποίηση Διοικητικής & Διδακτικής Ενημέρωσης: Η άμεση παροχή πληροφοριών προς γονείς και μαθητές για θέματα κανονισμού και λειτουργίας αλλά και υλικού μελέτης, μειώνοντας τον φόρτο της γραμματείας και των διδασκόντων, αντίστοιχα.
- Διασύνδεση Συστημάτων: Η επιτυχής ενοποίηση του chatbot με τον ιστότοπο του σχολείου και ειδικότερα την υποκείμενη πλατφόρμα διαχείρισης περιεχομένου του (WordPress).

1.3 Σημασία του Αντικειμένου Μελέτης

Η σημασία της παρούσας μελέτης έγκειται στον ψηφιακό μετασχηματισμό της σχολικής καθημερινότητας. Η εισαγωγή ενός βοηθού ΤΝ (δηλ. διαλογικού πράκτορα) δεν προσφέρει μόνο εξοικονόμηση χρόνου, αλλά διασφαλίζει την εγκυρότητα της πληροφόρησης και την αντικειμενικότητα στην παραγωγή αξιολογικού υλικού, εφόσον αυτός βασίζεται αποκλειστικά σε αυστηρώς ελεγμένο υλικό (παρεχόμενο από τους διδάσκοντες και τον διαχειριστή του συστήματος). Σε ένα Πρότυπο Γυμνάσιο, όπου οι απαιτήσεις για καινοτομία και ποιότητα είναι υψηλές, το σύστημα αυτό λειτουργεί ως καταλύτης για την υιοθέτηση σύγχρονων μεθόδων διδασκαλίας και διοίκησης, ενισχύοντας τη διαφάνεια και την επικοινωνία μεταξύ όλων των μελών της σχολικής κοινότητας.

1.4 Εύρος και Περιορισμοί της Εργασίας (Scope and Boundaries)

Για την εξασφάλιση της λειτουργικότητας και της ακρίβειας του συστήματος, η εργασία ορίζεται από συγκεκριμένα όρια, τα οποία διακρίνονται σε θεματικά, γνωστικά και τεχνικά:

- **Θεματικό Εύρος και Λειτουργίες:** Το chatbot έχει εκπαιδευτεί να λειτουργεί σε δύο κεντρικούς άξονες. Πρώτον, στην παροχή πληροφοριών σχετικά με τις βασικές κατηγορίες της σχολικής ιστοσελίδας (Ανακοινώσεις, Κανονισμός Λειτουργίας, Ενισχυτική Διδασκαλία, Φοίτηση κ.λπ.). Δεύτερον, στην εκτέλεση εξειδικευμένων εργασιών (Actions), όπως η δυναμική ανάκτηση άρθρων από το WordPress και η αυτόματη παραγωγή εγγράφων αξιολόγησης (δηλ. διαγωνισμάτων).
- **Γνωστικό Αντικείμενο:** Στο παρόν στάδιο της υλοποίησης, η λειτουργία παραγωγής διαγωνισμάτων και η παροχή υλικού μελέτης εφαρμόζεται πιλοτικά στο μάθημα των Μαθηματικών Γυμνασίου. Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί ότι ο περιορισμός αυτός αφορά αποκλειστικά το περιεχόμενο της τρέχουσας βάσης δεδομένων και όχι την αρχιτεκτονική του συστήματος. Η υποδομή έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι γνωστικά ουδέτερη (subject-agnostic), επιτρέποντας την ενσωμάτωση οποιουδήποτε γνωστικού αντικειμένου με την απλή τροφοδοσία του αντίστοιχου εκπαιδευτικού υλικού.
- **Τεχνικό Πλαίσιο:** Το σύστημα λειτουργεί υποστηρικτικά προς τον εκπαιδευτικό, ο οποίος διατηρεί τον τελικό έλεγχο και την έγκριση του παραγόμενου υλικού. Επιπλέον, τόσο ο εκπαιδευτικός όσο και ο διαχειριστής είναι υπεύθυνοι για το υλικό (μελέτης/αξιολόγησης) που εισάγεται στο σύστημα, στο οποίο βασίζεται ο διαλογικός πράκτορας για να παράγει νέο υλικό (αξιολόγησης) ή να παραπέμπει μαθητές σε υλικό μελέτης. Ως πρωτότυπο (prototype), η εφαρμογή παρουσιάζει ορισμένες τεχνικές αδυναμίες που αποτελούν πεδίο μελλοντικής βελτίωσης:

- **Κατανόηση Σύνθετων Μαθηματικών Συμβόλων:** Ενώ το σύστημα επεξεργάζεται φυσική γλώσσα με υψηλή ακρίβεια, η αναγνώριση και επεξεργασία πολύπλοκων μαθηματικών τύπων εντός του διαλόγου (π.χ. LaTeX ή MathML) περιορίζεται προς το παρόν σε απλές αναπαραστάσεις κειμένου.
- **Εξάρτηση από τη Δομή του Input:** Η λειτουργία του Smart Parsing (έξυπνης επεξεργασίας εγγράφων) βασίζεται σε συγκεκριμένη μορφοποίηση των αρχείων Word. Αποκλίσεις από αυτή τη δομή μπορεί να οδηγήσουν σε σφάλματα κατά την αυτόματη εξαγωγή των μεταδεδομένων, απαιτώντας χειροκίνητη διόρθωση από τον διαχειριστή.

1.5 Μεθοδολογική Προσέγγιση

Η εργασία αντιμετωπίζει το πρόβλημα του διοικητικού και εκπαιδευτικού φόρτου μέσω μιας υβριδικής προσέγγισης: τη χρήση του Rasa Open Source¹ για τη διαχείριση του διαλόγου στην ελληνική γλώσσα και ενός Action Server² σε Python³ για την εκτέλεση σύνθετων λειτουργιών/δράσεων. Για παράδειγμα, όταν ο χρήστης ζητήσει ένα διαγώνισμα, το Rasa αντιλαμβάνεται την πρόθεση (π.χ. *request_exam*), ενώ ο Action Server αναλαμβάνει το τεχνικό σκέλος: αναζητά τυχαίες ασκήσεις στη βάση δεδομένων, τις μορφοποιεί και δημιουργεί αυτόματα το αρχείο PDF προς λήψη. Η καινοτομία στην κατανόηση της πρόθεσης του χρήστη όταν αυτή εκφράζεται στην ελληνική γλώσσα, έγκειται στην ικανότητα του συστήματος να επεξεργάζεται τοπικά έγγραφα (.docx) και να παράγει δυναμικά αρχεία PDF (δηλ. διαγωνισμάτων αξιολόγησης) με τη χρήση της βιβλιοθήκης ReportLab⁴, προσφέροντας μια άκρως φορητή λύση (λόγω χρήσης της τεχνολογίας των containers–δοχείων) που είναι ταυτόχρονα εύχρηστη για τον μη τεχνικό χρήστη και τεχνικά άρτια σε επίπεδο υποδομής (Docker⁵/Google Cloud⁶).

1.6 Δομή της Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία διαρθρώνεται ως εξής:

- Στο **Κεφάλαιο 2 (Υπόβαθρο & Σχετικές Εργασίες)**, αναλύεται η θεωρητική βάση της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαίδευση και συγκρίνεται η προτεινόμενη λύση με υπάρχοντα εργαλεία.
- Στο **Κεφάλαιο 3 (Ανάπτυξη Συστήματος)**, περιγράφεται η διαδικασία ανάπτυξης του συστήματος, η οποία περιλάμβανε την ανάλυση απαιτήσεων, τη σχεδίαση της δομής και συμπεριφοράς του και την υλοποίησή του σε κώδικα.
- Στο **Κεφάλαιο 4 (Εγκατάσταση & Επίδειξη)**, παρουσιάζεται η διαδικασία εγκατάστασης του συστήματος και η πρακτική εφαρμογή του μέσα από σενάρια χρήσης.

¹ Rasa Open Source: <https://rasa.com>

² Rasa SDK for Custom Actions: <https://rasa.com/docs/rasa/custom-actions>

³ Python Programming Language: <https://www.python.org/>

⁴ ReportLab (PDF Library): <https://www.reportlab.com/docs/reportlab-userguide.pdf>

⁵ Docker & Docker Compose: <https://docs.docker.com/compose/>

⁶ Google Cloud Platform (Compute Engine): <https://cloud.google.com/compute>

- Στο **Κεφάλαιο 5 (Συμπεράσματα & Μελλοντική Εργασία)**, αξιολογούνται τα αποτελέσματα που παρήχθησαν και προτείνονται κατευθύνσεις για την περαιτέρω εξέλιξη του συστήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (TN) αποτελεί έναν από τους πιο δυναμικούς κλάδους της Επιστήμης των Υπολογιστών, ο οποίος στοχεύει στη δημιουργία συστημάτων ικανών να προσομοιώνουν ανθρώπινες γνωστικές λειτουργίες, όπως η μάθηση, η επίλυση προβλημάτων και η λήψη αποφάσεων [1]. Σύμφωνα με τον κλασικό ορισμό των Russell και Norvig, η TN επικεντρώνεται στη σχεδίαση «ευφυών πρακτόρων», δηλαδή συστημάτων που αντιλαμβάνονται το περιβάλλον τους και αναλαμβάνουν δράσεις που μεγιστοποιούν τις πιθανότητες επιτυχίας ενός στόχου [2].

Η TN διακρίνεται σε δύο βασικές κατηγορίες: την **Ασθενή (Narrow/Weak AI)**, η οποία είναι σχεδιασμένη για την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης εργασίας (όπως οι διαλογικοί πράκτορες), και την **Ισχυρή (General/Strong AI)**, η οποία αφορά συστήματα με καθολική νοητική ικανότητα ανάλογη της ανθρώπινης [3]. Οι επιστημονικοί κλάδοι της TN είναι ευρύτατοι, περιλαμβάνοντας υποπεδία όπως η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning), η Υπολογιστική Όραση (Computer Vision) και η Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing).

Πέρα από το θεωρητικό της υπόβαθρο, η TN βρίσκει σήμερα πρακτική εφαρμογή σε ένα πλήθος τομέων της ανθρώπινης δραστηριότητας, μετασχηματίζοντας τις υπάρχουσες υποδομές:

- **Υγεία:** Χρησιμοποιείται για την έγκαιρη διάγνωση ασθενειών και την εξατομίκευση θεραπειών.
- **Βιομηχανία:** Επιτρέπει την αυτοματοποίηση της παραγωγής και την πρόβλεψη βλαβών στον εξοπλισμό.
- **Οικονομία:** Αξιοποιείται στην ανάλυση αγορών και την ανίχνευση τραπεζικής απάτης.
- **Μεταφορές:** Αποτελεί τη βάση για την ανάπτυξη αυτόνομων οχημάτων και τη βελτιστοποίηση της κυκλοφορίας.

Στο σύγχρονο εκπαιδευτικό περιβάλλον (AI in Education - AIEd), η ενσωμάτωση εργαλείων TN προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως η αυτοματοποίηση διοικητικών εργασιών, η εξατομίκευση της μάθησης και η διαθεσιμότητα υποστήριξης σε πραγματικό χρόνο [4]. Όπως επισημαίνει η UNESCO, η TN έχει τη δυνατότητα να αντιμετωπίσει ορισμένες από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στην εκπαίδευση σήμερα, καινοτομώντας στις πρακτικές διδασκαλίας και μάθησης [5].

2.1 Η Εξέλιξη της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εκπαίδευση (AIEd)

Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Εκπαίδευση⁷ (AI in Education – AIEd) αποτελεί έναν διεπιστημονικό τομέα έρευνας και εφαρμογής που συνδυάζει την επιστήμη των υπολογιστών, τις γνωστικές επιστήμες, τις επιστήμες της αγωγής, την εκπαιδευτική ψυχολογία και την αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής. Στόχος της AIEd δεν είναι η απλή αντικατάσταση των παραδοσιακών διδακτικών μεθόδων, αλλά η ενίσχυση της εκπαιδευτικής διαδικασίας μέσω της χρήσης ευφυών αλγορίθμων που μπορούν να αναλύουν δεδομένα, να αναγνωρίζουν πρότυπα μάθησης και να προσφέρουν εξατομικευμένη υποστήριξη. Η ανάπτυξη

⁷ International Forum of Educational Technology & Society - AI in Education: <https://www.ifets.info/>

συστημάτων AIEd βασίζεται στην παραδοχή ότι η μάθηση είναι μια σύνθετη διαδικασία που μπορεί να βελτιστοποιηθεί όταν η τεχνολογία λειτουργεί ως «νοητικό εργαλείο», υποστηρίζοντας τόσο τη γνωστική όσο και τη μεταγνωστική ανάπτυξη του μαθητή [6].

2.1.1 Η Εξέλιξη των Εκπαιδευτικών Τεχνολογιών: Από τα Συστήματα Διαχείρισης Μάθησης (LMS) στα Ευφυή Συστήματα Διδασκαλίας (ITS)

Η πρώτη γενιά ψηφιακών εργαλείων στην εκπαίδευση χαρακτηρίστηκε από την ευρεία υιοθέτηση των Συστημάτων Διαχείρισης Μάθησης (Learning Management Systems - LMS), όπως το Moodle⁸ και το Blackboard⁹. Τα συστήματα αυτά λειτουργήσαν κυρίως ως στατικά αποθετήρια εκπαιδευτικού υλικού, διευκολύνοντας τη διανομή σημειώσεων, τη διαχείριση εργασιών και τη διοικητική οργάνωση της τάξης σε ένα ασύγχρονο πλαίσιο επικοινωνίας και μάθησης. Παρά τη συμβολή τους στον ψηφιακό μετασχηματισμό, τα παραδοσιακά LMS παρουσιάζουν έναν σημαντικό περιορισμό: υιοθετούν μια προσέγγιση «γενικευμένης διδασκαλίας» (one-size-fits-all), αντιμετωπίζοντας όλους τους μαθητές ως μια ομοιογενή ομάδα με τις ίδιες μαθησιακές ανάγκες και ρυθμούς αφομοίωσης. Η έλλειψη δυναμικής ανατροφοδότησης και η αδυναμία προσαρμογής του περιεχομένου στις ιδιαίτερες δυσκολίες κάθε χρήστη κατέστησαν σαφή την ανάγκη για τη μετάβαση σε πιο εξελιγμένες, προσαρμοστικές λύσεις.

Σε απάντηση αυτών των περιορισμών, αναπτύχθηκαν τα Ευφυή Συστήματα Διδασκαλίας¹⁰ (Intelligent Tutoring Systems – ITS) [7], τα οποία ενσωματώνουν τεχνικές Τεχνητής Νοημοσύνης για να προσομοιώνουν την εξατομικευμένη καθοδήγηση ενός φυσικού δασκάλου. Η δομή ενός **Έξυπνου Συστήματος Διδασκαλίας (Intelligent Tutoring System - ITS)** βασίζεται στην αρμονική συνεργασία τεσσάρων διακριτών μοντέλων, τα οποία επιτρέπουν στο σύστημα να προσομοιώνει τη διδακτική διαδικασία με τρόπο προσαρμοστικό και εξατομικευμένο.

- **Μοντέλο Γνωστικού Πεδίου (Domain Model)**

Το μοντέλο αυτό αποτελεί την οντολογική βάση του συστήματος. Περιλαμβάνει την οργάνωση της διδακτέας ύλης, τις έννοιες, τους κανόνες και τις διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων του εκάστοτε γνωστικού αντικείμενου (π.χ. Μαθηματικά). Χρησιμεύει ως το πρότυπο αναφοράς (Expert Module) για την αξιολόγηση της ορθότητας των απαντήσεων του μαθητή και την παροχή τεκμηριωμένων λύσεων.

- **Μοντέλο Μαθητή (Student Model)**

Αποτελεί την ψηφιακή αναπαράσταση της γνωστικής κατάστασης του χρήστη. Καταγράφει σε πραγματικό χρόνο το επίπεδο κατανόησης, τις δεξιότητες, τις παρανοήσεις (misconceptions) και το ιστορικό επιδόσεων του μαθητή. Παρέχει τα απαραίτητα δεδομένα για την εξατομίκευση της μαθησιακής εμπειρίας. Επιτρέπει στο σύστημα να διαγιγνώσκει το γνωστικό κενό και να προσαρμόζει τη διδασκαλία ανάλογα με τις ανάγκες του ατόμου.

- **Παιδαγωγικό Μοντέλο (Pedagogical Model)**

⁸ Moodle - Open-source learning platform: <https://moodle.org/>

⁹ Blackboard Learn - LMS: <https://www.blackboard.com/>

¹⁰ Intelligent Tutoring Systems (ITS) - An Overview: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/intelligent-tutoring-system>

Λειτουργεί ως ο μηχανισμός λήψης αποφάσεων (Instructional Module). Ανακτά πληροφορίες από το Μοντέλο Γνωστικού Πεδίου και το Μοντέλο Μαθητή για να καθορίσει τη βέλτιστη διδακτική στρατηγική. Αποφασίζει τον χρόνο, τον τρόπο και το είδος της παρέμβασης (π.χ. παροχή υποδειγμάτων, ανατροφοδότηση ή επιλογή νέας άσκησης), εφαρμόζοντας εκπαιδευτικές θεωρίες για τη μεγιστοποίηση της μαθησιακής αποτελεσματικότητας.

- **Μοντέλο Επικοινωνίας (Communication Model / User Interface)**

Αποτελεί τη διεπαφή αλληλεπίδρασης μεταξύ του συστήματος και του χρήστη. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, το μοντέλο αυτό υλοποιείται μέσω της διαλογικής διεπαφής (Chatbot). Διαχειρίζεται την ανταλλαγή πληροφοριών, μετατρέποντας τις εσωτερικές αναπαραστάσεις της γνώσης σε κατανοητό φυσικό λόγο και διασφαλίζοντας τη ροή της επικοινωνίας.

- **Συνδυαστική Λειτουργία.** Η αξία ενός ITS έγκειται στην **αμφίδρομη επικοινωνία** αυτών των υποσυστημάτων: Το Μοντέλο Επικοινωνίας δέχεται την εισαγωγή δεδομένων, το Μοντέλο Μαθητή ενημερώνεται, το Παιδαγωγικό Μοντέλο επιλέγει τη στρατηγική βάσει του Μοντέλου Γνώσης και το αποτέλεσμα επιστρέφει στον μαθητή ως εξατομικευμένη απόκριση.

Μέσω αυτών, το σύστημα είναι σε θέση να διαγνώσει το επίπεδο γνώσεων του μαθητή, να εντοπίσει παρανοήσεις σε πραγματικό χρόνο και να παρέχει στοχευμένες υποδείξεις ή διορθώσεις. Το κύριο πλεονέκτημα των ITS έγκειται στην ικανότητά τους να προσφέρουν τη «σκαλωσιά» (scaffolding) στη μάθηση, προσαρμόζοντας τη δυσκολία των ασκήσεων και τη ροή της πληροφορίας με βάση την απόδοση του χρήστη, ενισχύοντας έτσι την αυτονομία και την εμπλοκή του.

Η παρούσα διπλωματική εργασία τοποθετείται στην αιχμή αυτής της εξέλιξης, παρουσιάζοντας ένα καινοτόμο σύστημα που, αν και δεν αποτελεί ένα τυπικό ITS, διακατέχεται από την ίδια φιλοσοφία της παροχής άμεσης και εξατομικευμένης υποστήριξης. Ο προτεινόμενος σύγχρονος διαλογικός πράκτορας (Chatbot) έχει ως σκοπό να γεφυρώσει το κενό επικοινωνίας μεταξύ της σχολικής μονάδας και της εκπαιδευτικής κοινότητας. Ενώ τα πρώιμα ITS ήταν συχνά δύσχρηστα και περιορισμένα σε συγκεκριμένα λογισμικά, η χρήση τεχνολογιών Επεξεργασίας Φυσικής Γλώσσας (NLP) επιτρέπει τη δημιουργία μιας πιο φυσικής και άμεσης διεπαφής. Ο προτεινόμενος «Σχολικός Βοηθός» δεν λειτουργεί απλώς ως μέσο ανάκτησης εγγράφων, αλλά ως ένα ευφυές υποσύστημα που υποστηρίζει τον εκπαιδευτικό στην παραγωγή υλικού και τον μαθητή στην επίλυση αποριών. Με αυτόν τον τρόπο, η παραδοσιακή δομή ενός LMS (όπως το WordPress στην περίπτωση της παρούσας μελέτης) αναβαθμίζεται σε ένα δυναμικό περιβάλλον μάθησης, όπου η τεχνητή νοημοσύνη γεφυρώνει το χάσμα μεταξύ της στατικής πληροφορίας και της ενεργού εκπαιδευτικής πράξης [8].

2.2 Διαλογικοί Πράκτορες (Chatbots): Αρχιτεκτονική και Κατηγοριοποίηση

Οι Διαλογικοί Πράκτορες (Conversational Agents) αποτελούν το σημείο τομής της Τεχνητής Νοημοσύνης και της Επικοινωνίας Ανθρώπου-Υπολογιστή (HCI). Για να κατανοήσουμε την αξία του πλαισίου **Rasa** που χρησιμοποιείται στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, πρέπει να αναλύσουμε πώς εξελίχθηκαν τα συστήματα αυτά.

2.2.1 Chatbots Βασισμένα σε Κανόνες (Rule-based Chatbots)

Αυτά τα συστήματα βασίζονται σε δομές κανόνων της μορφής "if-then-else" και στην χρήση τυπικών εκφράσεων (regular expressions). Συνεπώς, ο χρήστης είναι αναγκασμένος να χρησιμοποιεί συγκεκριμένες λέξεις-κλειδιά για να επικοινωνήσει μαζί τους. Μάλιστα, εφόσον αυτός παρεκκλίνει έστω και λίγο από το προγραμματισμένο σενάριο, το σύστημα καταρρέει. Στην εκπαίδευση, τέτοια συστήματα απογοητεύουν τους μαθητές λόγω της αυστηρότητάς τους [9].

2.2.2 Chatbots Βασισμένα σε Τεχνητή Νοημοσύνη και NLP

Η σύγχρονη προσέγγιση, την οποία υιοθετεί η παρούσα εργασία, βασίζεται στην **Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing)**. Το σύστημα χωρίζεται σε δύο κρίσιμα υποσυστήματα:

- **NLU (Natural Language Understanding) (Κατανόηση Φυσικής Γλώσσας):** Το υποσύστημα **NLU** αποτελεί τη διεπαφή μεταξύ της αδόμητης εισόδου του χρήστη και της επιχειρηματικής λογικής του συστήματος. Η διαδικασία μετατροπής της ελεύθερης γραφής σε δομημένη πληροφορία δεν είναι μια απλή αντιστοίχιση λέξεων-κλειδίων, αλλά βασίζεται σε εξειδικευμένες **τεχνικές επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (NLP)** και **μοντέλα μηχανικής μάθησης**:
 - **Προθέσεις (Intents):** Αντιπροσωπεύουν τον στόχο ή το αίτημα του χρήστη (π.χ. request_exam). Για την ταξινόμησή τους, το σύστημά μας χρησιμοποιεί το μοντέλο **DIETClassifier**¹¹ (Dual Intent and Entity Transformer), μια προηγμένη αρχιτεκτονική βασισμένη σε **Transformers** (που είναι υλοποιημένη στο πλαίσιο Rasa). Το μοντέλο αυτό εκπαιδεύεται να αναγνωρίζει μοτίβα στις προτάσεις, επιτρέποντας στο chatbot να κατανοεί την πρόθεση ακόμα και όταν αυτή διατυπώνεται με διαφορετικό συντακτικό ή λεξιλόγιο.
 - **Οντότητες (Entities):** Είναι οι μεταβλητές που εξάγονται από το κείμενο για να προσδώσουν πλαίσιο στην πρόθεση (π.χ. "Μαθηματικά" → subject, "δύσκολο" → difficulty_level). Η εξαγωγή αυτή επιτυγχάνεται μέσω τεχνικών **Named Entity Recognition**¹² (**NER**). Το σύστημα αναλύει τη γραμματική δομή και τη θέση των λέξεων, χρησιμοποιώντας στατιστικά μοντέλα (όπως Conditional Random Fields - CRF) ή τον προαναφερθέντα DIETClassifier, για να απομονώσει την πληροφορία που είναι απαραίτητη για την εκτέλεση της δράσης
- **Dialogue Management**¹³ (**Διαχείριση Διαλόγου**): Είναι ο «εγκέφαλος» που αποφασίζει ποια θα είναι η επόμενη κίνηση του bot με βάση το ιστορικό της συζήτησης. Δεν ακολουθεί ένα στατικό δέντρο, αλλά προβλέπει την επόμενη ενέργεια χρησιμοποιώντας πιθανοτικά μοντέλα [10].

¹¹ Rasa Documentation - DIET Classifier: <https://rasa.com/docs/rasa/components#dietclassifier>

¹² Introduction to Named Entity Recognition: <https://towardsdatascience.com/named-entity-recognition-applications-and-use-cases-acbd056488d0>

¹³ Rasa Stories and Dialogue Policy: <https://rasa.com/docs/rasa/stories>

2.2.3 Η Υβριδική Προσέγγιση του Rasa

Το Rasa Open Source υποστηρίζει μια **υβριδική αρχιτεκτονική** για τη διαχείριση του διαλόγου (Dialogue Management), συνδυάζοντας την ευελιξία της Μηχανικής Μάθησης με τη στιβαρότητα των προκαθορισμένων κανόνων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ταυτόχρονης λειτουργίας διαφορετικών **Policies** (Πολιτικών):

- **Rule-based Logic (RulePolicy):** Επιτρέπει στο σύστημα να χειρίζεται σταθερές ροές και συγκεκριμένες εντολές που απαιτούν απόλυτη ακρίβεια (π.χ. η εντολή "έξοδος" ή η άμεση ενεργοποίηση μιας φόρμας). Διασφαλίζει ότι σε συγκεκριμένα κρίσιμα σημεία, το bot θα ακολουθήσει μια αυστηρά καθορισμένη συμπεριφορά.
- **Machine Learning Logic (TED Policy¹⁴):** Το **Transformer Embedding Dialogue (TED)** μοντέλο είναι η καρδιά της υβριδικής προσέγγισης. Χρησιμοποιεί την αρχιτεκτονική των Transformers για να αναλύει το ιστορικό της συνομιλίας και να προβλέπει την επόμενη ενέργεια. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά συστήματα, το TED μπορεί να χειριστεί απρόβλεπτες παρεκκλίσεις του χρήστη από το βασικό σενάριο, "μαθαίνοντας" από τα παραδείγματα των Stories (ιστοριών) που έχουν οριστεί. Τα Stories αποτελούν το βασικό σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης (training data) για τη διαχείριση του διαλόγου. Πρόκειται για παραδείγματα πραγματικών ή υποθετικών συνομιλιών μεταξύ του χρήστη και του chatbot, τα οποία καταγράφονται σε μορφή κειμένου. Μέσω αυτών, το σύστημα διδάσκεται πώς πρέπει να ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένες ροές ερωταποκρίσεων, επιτρέποντας στο μοντέλο TED να γενικεύει τη γνώση του και σε συνομιλίες που δεν έχει ξαναδεί.

Αυτή η υβριδική δομή επιτρέπει στο σύστημα να εκτελεί με ασφάλεια τις **Custom Actions**. Όταν η TED Policy ή η RulePolicy αποφασίσει ότι η επόμενη ενέργεια είναι μια κλήση στον **Action Server**¹⁵, το Rasa στέλνει ένα αίτημα (JSON RPC) μέσω HTTP. Ο Action Server, λειτουργώντας ως ανεξάρτητη μικροϋπηρεσία σε Python, εκτελεί τον κώδικα (π.χ. σύνδεση με το WordPress REST API ή χρήση της βιβλιοθήκης ReportLab) και επιστρέφει το αποτέλεσμα στο Rasa, το οποίο με τη σειρά του ενημερώνει τον χρήστη [11].

Έτσι, το σύστημα δεν «μιλάει» απλώς, αλλά «δρα» μέσα σε ένα πλαίσιο που συνδυάζει την **πιθανοτική πρόβλεψη** (ML) με τον **ντετερμινιστικό έλεγχο** (Rules).

2.2.4 Συγκριτική Αξιολόγηση: Η Υπεροχή του των AI Chatbots έναντι των Κλειστών Μοντέλων Γεννητικής ΤΝ

Η επιλογή εν γένει τέτοιων πλαισίων έναντι των δημοφιλών εμπορικών λύσεων Γεννητικής Τεχνητής Νοημοσύνης (όπως το ChatGPT¹⁶ ή το Google Gemini¹⁷) βασίστηκε σε μια σειρά από κρίσιμα τεχνικά και θεσμικά κριτήρια που καθορίζουν τη βιωσιμότητα μιας εφαρμογής σε εκπαιδευτικό περιβάλλον. Ενώ τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (LLMs) προσφέρουν εντυπωσιακή ευχέρεια στη σύνταξη κειμένου,

¹⁴ Rasa Documentation - TED Policy: <https://rasa.com/docs/rasa/policies#ted-policy>

¹⁵ Rasa SDK for Custom Actions: <https://rasa.com/docs/rasa/custom-actions>

¹⁶ OpenAI - ChatGPT: <https://chat.openai.com/>

¹⁷ Google Gemini AI: <https://gemini.google.com/>

παρουσιάζουν σημαντικές αδυναμίες στον έλεγχο της εγκυρότητας (hallucinations) και στην προστασία των προσωπικών δεδομένων.

Συγκεκριμένα:

- **Hallucinations**¹⁸ [12] (Ψευδαισθήσεις): Ένα LLM, λόγω της πιθανοτικής του φύσης, μπορεί να παράγει λανθασμένες πληροφορίες με εξαιρετική πειστικότητα.

Παράδειγμα: Αν ένας μαθητής ζητήσει τη λύση μιας μαθηματικής άσκησης, το μοντέλο ενδέχεται να εφεύρει έναν μαθηματικό κανόνα που δεν υπάρχει ή να καταλήξει σε λάθος αποτέλεσμα μέσω μιας λογικοφανούς αλλά εσφαλμένης ανάλυσης. Στη δική μας περίπτωση, το Rasa αντλεί πληροφορίες **αποκλειστικά** από την τοπική τράπεζα θεμάτων, εκμηδενίζοντας αυτό το ρίσκο.

- **Προστασία Προσωπικών Δεδομένων (Privacy)**¹⁹: Τα δημόσια LLMs (π.χ. ChatGPT) απαιτούν την αποστολή των δεδομένων σε εξωτερικούς servers (Cloud) για επεξεργασία.

Παράδειγμα: Αν ένας εκπαιδευτικός εισάγει στο prompt δεδομένα που αφορούν επιδόσεις ή μαθησιακές δυσκολίες συγκεκριμένων μαθητών για να πάρει συμβουλές, τα δεδομένα αυτά "εκπαιδεύουν" το μοντέλο και παύουν να είναι υπό τον έλεγχο του σχολείου. Αντίθετα, η δική μας υλοποίηση σε **Docker containers** επιτρέπει την τοπική επεξεργασία (των δεδομένων), διασφαλίζοντας την ιδιωτικότητα εντός της υποδομής του σχολείου ή του ελεγχόμενου Cloud.»

Αντίθετα, η προσέγγιση που ακολουθήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία προσφέρει τρία θεμελιώδη πλεονεκτήματα:

Πρώτον, τον απόλυτο έλεγχο και την ιδιωτικότητα των δεδομένων (Data Sovereignty). Στα κλειστά μοντέλα, η επεξεργασία των μηνυμάτων πραγματοποιείται σε εξωτερικούς διακομιστές τρίτων εταιρειών, συχνά εκτός ευρωπαϊκής δικαιοδοσίας, γεγονός που εγείρει σοβαρά ζητήματα συμβατότητας με τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων (GDPR²⁰). Με τη χρήση του Rasa και την εγκατάσταση σε ιδιωτική υποδομή νέφους (Private Cloud)²¹, διασφαλίζεται ότι οι αλληλεπιδράσεις των μαθητών και τα δεδομένα των εκπαιδευτικών παραμένουν εντός του ελεγχόμενου περιβάλλοντος του σχολείου, χωρίς να χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση ξένων μοντέλων.

Δεύτερον, τη ντετερμινιστική συμπεριφορά και την αποφυγή «παραισθήσεων». Τα γενικά LLMs συχνά παράγουν απαντήσεις που, αν και φαίνονται αληθοφανείς, είναι επιστημονικά ανακριβείς. Για έναν «Σχολικό Βοηθό», η παροχή λανθασμένων πληροφοριών σε ένα διαγώνισμα Μαθηματικών θα ήταν καταστροφική. Η αρχιτεκτονική του Rasa επιτρέπει τον περιορισμό του bot σε συγκεκριμένες «ροές» (stories) και τη σύνδεσή του με μια εγκεκριμένη βάση δεδομένων ερωτήσεων (questions.db). Έτσι, το

¹⁸ Ένα Μεγάλο Γλωσσικό Μοντέλο (LLM), λόγω της πιθανοτικής του φύσης, ενδέχεται να παράγει λανθασμένες ή κατασκευασμένες πληροφορίες με εξαιρετική πειστικότητα.

¹⁹ OpenAI Privacy Policy - How Data is Used: <https://openai.com/policies/privacy-policy>

²⁰ General Data Protection Regulation (GDPR) Official Site: <https://gdpr-info.eu/>

²¹ Αυτό θα γίνει στο άμεσο μέλλον όταν το chatbot θα ενοποιηθεί με την επίσημη ιστοσελίδα του σχολείου. Προς το παρόν, χρησιμοποιείται περιβάλλον δημόσιου νέφους για λόγους περαιτέρω ανάπτυξης του chatbot.

σύστημα δεν «μαντεύει» την απάντηση, αλλά την ανακτά από έγκυρες πηγές, διασφαλίζοντας την παιδαγωγική εγκυρότητα του περιεχομένου.

Τρίτον, τη δυνατότητα βαθιάς διασύνδεσης (Integration) με τοπικές υπηρεσίες. Ενώ τα εμπορικά μοντέλα λειτουργούν κυρίως ως απομονωμένες διεπαφές συνομιλίας, η παρούσα υλοποίηση ενσωματώνεται οργανικά στο ψηφιακό οικοσύστημα του σχολείου. Μέσω του Action Server, το bot μετατρέπεται σε ενεργό εργαλείο που επικοινωνεί αμφίδρομα με το WordPress API και παράγει μορφοποιημένα έγγραφα PDF σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η λειτουργική εξειδίκευση καθιστά το προτεινόμενο σύστημα έναν ολοκληρωμένο «ψηφιακό συνεργάτη» του εκπαιδευτικού, υπερβαίνοντας τον ρόλο ενός απλού βοηθού κειμένου [13].

2.3 Το Σύστημα RASA

Το **Rasa Open Source** αποτελεί ένα προηγμένο πλαίσιο εργασίας (framework) για την ανάπτυξη διαλογικών συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης, το οποίο διαφοροποιείται από τις παραδοσιακές πλατφόρμες λόγω της **ανοιχτής και σπονδυλωτής (modular) αρχιτεκτονικής του**. Η δομή του βασίζεται στον διαχωρισμό της κατανόησης της γλώσσας από τη διαχείριση της ροής του διαλόγου, επιτρέποντας στο σύστημα να λειτουργεί με υψηλή ακρίβεια και ασφάλεια [14].

Η αρχιτεκτονική του Rasa υποστηρίζει τα επιχειρήματα που αναλύθηκαν στην Ενότητα 2.2.4 μέσω τριών βασικών πυλώνων:

1. **Τοπική Εγκατάσταση και Ιδιωτικότητα:** Σε αντίθεση με τα κλειστά μοντέλα (LLMs), το Rasa επιτρέπει την πλήρη εκτέλεση του κώδικα σε τοπικές υποδομές (on-premise) ή σε ελεγχόμενα containers (δοχεία). Αυτό διασφαλίζει ότι τα ευαίσθητα δεδομένα των μαθητών δεν εξέρχονται από το σχολικό περιβάλλον, ικανοποιώντας τις απαιτήσεις του GDPR.
2. **Ντετερμινιστικός Έλεγχος έναντι Ψευδαισθήσεων (Hallucinations):** Η δομή του Rasa επιτρέπει τον συνδυασμό Μηχανικής Μάθησης με αυστηρούς κανόνες (Rules). Έτσι, ο «Σχολικός Βοηθός» δεν παράγει πιθανολογικό περιεχόμενο που μπορεί να είναι λανθασμένο, αλλά αντλεί απαντήσεις από συγκεκριμένες, εγκεκριμένες πηγές γνώσης.
3. **Επεκτασιμότητα μέσω Action Server:** Η δυνατότητα σύνδεσης του κεντρικού συστήματος με εξωτερικές υπηρεσίες μέσω του Action Server (Custom Actions) μετατρέπει το chatbot από ένα απλό σύστημα ερωταποκρίσεων σε ένα λειτουργικό εργαλείο αυτοματισμού, ικανό να παράγει έγγραφα και να επικοινωνεί με το WordPress API του σχολείου.

2.3.1 Ο Ταξινομητής DIET (Dual Intent and Entity Transformer)

Ο ταξινομητής **DIET**, αποτελεί ένα πολυλειτουργικό πλαίσιο εργασίας (multi-task framework) βασισμένο στην τεχνολογία των **Transformers**²². Η αρχιτεκτονική των Transformers εισήχθη το 2017 και έφερε

²² Google Research - The Transformer Model: <https://blog.google/technology/ai/transformer-novel-neural-network-architecture-for-language-understanding/>

επανάσταση στην Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας, αντικαθιστώντας τα παλαιότερα αναδρομικά νευρωνικά δίκτυα (RNNs). Η κύρια καινοτομία τους βασίζεται στον **μηχανισμό αυτο-προσοχής (Self-Attention mechanism)**, ο οποίος επιτρέπει στο μοντέλο να επεξεργάζεται όλα τα τμήματα μιας πρότασης ταυτόχρονα και να αντιλαμβάνεται τη συσχέτιση μεταξύ των λέξεων, ανεξάρτητα από την απόσταση που έχουν μεταξύ τους στο κείμενο.

Η καινοτομία του DIET έγκειται στην ικανότητά του να επιλύει ταυτόχρονα δύο από τις κρίσιμότερες προκλήσεις της Κατανόησης Φυσικής Γλώσσας (NLU): την ταξινόμηση προθέσεων (Intent Classification) και την αναγνώριση ονοματισμένων οντοτήτων (Entity Recognition). Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους που επεξεργάζονται αυτά τα δύο στάδια διαδοχικά ή μέσω ξεχωριστών μοντέλων, ο DIET εισάγει μια ενιαία δομή που επιτρέπει τη μεταφορά γνώσης μεταξύ των δύο εργασιών. Αυτό σημαίνει ότι η κατανόηση μιας οντότητας (π.χ. «Μαθηματικά») ενισχύει την ακρίβεια στην πρόβλεψη της πρόθεσης (π.χ. «παραγωγή διαγωνίσματος») και αντίστροφα, βελτιώνοντας συνολικά τη σημασιολογική ευστοχία του συστήματος.

Από τεχνική σκοπιά, ο DIET αξιοποιεί την έννοια των Sparse Embeddings²³ (όπως το One-Hot encoding χαρακτήρων και λέξεων) σε συνδυασμό με Pre-trained Dense Embeddings²⁴ (όπως τα BERT, ConveRT ή GloVe), προσφέροντας μια εξαιρετικά ευέλικτη παραμετροποίηση. Η χρήση του μηχανισμού αυτο-προσοχής (Self-Attention mechanism) επιτρέπει στο μοντέλο να εστιάζει στα σημαντικότερα τμήματα της πρότασης, αγνοώντας τον θόρυβο ή τις ασάφειες της φυσικής γλώσσας. Για την παρούσα διπλωματική εργασία, η επιλογή του DIET είναι καθοριστική, καθώς επιτρέπει την αποτελεσματική εκπαίδευση του μοντέλου ακόμη και με σχετικά περιορισμένα σύνολα δεδομένων (small datasets), γεγονός που είναι σύνηθες σε εξειδικευμένα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

Επιπλέον, η ταυτόχρονη επεξεργασία και ταξινόμηση των προθέσεων (Intents) μαζί με την εξαγωγή των οντοτήτων (Entities) σε μια κοινή αρχιτεκτονική (Multi-task Learning) μειώνει τις υπολογιστικές απαιτήσεις κατά τη φάση της εκτέλεσης (inference). Αντί το σύστημα να χρειάζεται δύο ξεχωριστά μοντέλα που εκτελούνται σειριακά, ο DIET εκτελεί και τις δύο λειτουργίες σε ένα πέρασμα, διασφαλίζοντας ταχύτατους χρόνους απόκρισης, π.χ. του «Σχολικού Βοηθού» προς τον τελικό χρήστη [15].

2.3.2 Υβριδική Διαχείριση Διαλόγου: Η πολιτική TED και η RulePolicy

Η διαχείριση της ροής του διαλόγου (Dialogue Management) στο προτεινόμενο σύστημα υλοποιείται μέσω μιας **υβριδικής προσέγγισης**, η οποία αποτελεί κεντρικό χαρακτηριστικό του πλαισίου Rasa και υιοθετήθηκε πλήρως στην παρούσα εργασία. Η προσέγγιση αυτή συνδυάζει τη μηχανική μάθηση με τον

²³ **Αραιές Αναπαραστάσεις (Sparse Embeddings):** Πρόκειται για διανύσματα μεγάλης διάστασης που αποτελούνται κυρίως από μηδενικά στοιχεία. Κάθε λέξη αναπαρίσταται από ένα μοναδικό διάνυσμα, όπου μόνο μία θέση έχει την τιμή 1. Είναι αποδοτικές για την αναγνώριση συγκεκριμένων λέξεων του λεξιλογίου, αλλά δεν αποδίδουν τη σημασιολογική ομοιότητα μεταξύ τους.

²⁴ **Πυκνές Αναπαραστάσεις (Dense Embeddings):** Είναι διανύσματα μικρότερης διάστασης όπου όλες οι θέσεις περιέχουν πραγματικούς αριθμούς. Αυτές οι αναπαραστάσεις «συμπυκνώνουν» τη σημασία των λέξεων, επιτρέποντας στο σύστημα να κατανοεί ότι λέξεις με παρόμοιο νόημα (π.χ. "μάθημα" και "διδασκαλία") βρίσκονται κοντά στον μαθηματικό χώρο.

ντετερμινιστικό έλεγχο, επιτρέποντας στον «Σχολικό Βοηθό» να ανταποκρίνεται με ακρίβεια τόσο σε τυποποιημένες όσο και σε απρόβλεπτες αλληλεπιδράσεις.

Κεντρικό πυλώνα αυτής της αρχιτεκτονικής αποτελεί η **πολιτική TED (Transformer Embedding Dialogue)**. Πρόκειται για μια προηγμένη αρχιτεκτονική μηχανικής μάθησης, η οποία αξιοποιεί την τεχνολογία των Transformers για την πρόβλεψη της επόμενης ενέργειας (action) του ψηφιακού βοηθού. Η θεμελιώδης καινοτομία της πολιτικής TED έγκειται στην ικανότητά της να λαμβάνει υπόψη ολόκληρο το ιστορικό της συνομιλίας και το πλαίσιο (context) των προηγούμενων αλληλεπιδράσεων.

Στην παρούσα εργασία, η υβριδική φύση του συστήματος επιτυγχάνεται μέσω της παράλληλης λειτουργίας της TED με την Rule Policy:

- **H Rule Policy** αναλαμβάνει τη διαχείριση των "κανόνων" (rules), δηλαδή ενεργειών που πρέπει να εκτελούνται πάντα με τον ίδιο τρόπο (π.χ. το καλωσόρισμα, η απάντηση σε FAQ ή η ενεργοποίηση μιας συγκεκριμένης φόρμας). Διασφαλίζει ότι σε κρίσιμα σημεία το σύστημα θα παραμείνει εντός των προβλεπόμενων ορίων.
- **H TED Policy** επεμβαίνει εκεί όπου οι κανόνες δεν επαρκούν. Εκπαιδεύεται πάνω σε παραδείγματα πραγματικών συνομιλιών (Stories), αναπτύσσοντας την ικανότητα να γενικεύει και να ανταποκρίνεται ορθά ακόμη και σε απρόβλεπτες εισαγωγές χρηστών ή παρεκκλίσεις από την κύρια ροή.

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα αυτής της υβριδικής δομής είναι η αποτελεσματική διαχείριση των παρεκκλίσεων του διαλόγου (digressions). Στο εκπαιδευτικό περιβάλλον του 1ου Πρότυπου Γυμνάσιου Μυτιλήνης, είναι σύνηθες ένας χρήστης να διακόπτει μια διαδικασία (π.χ. την παραγωγή διαγωνίσματος) για να υποβάλει μια άσχετη ερώτηση (chitchat) ή να ζητήσει διευκρινίσεις για μια ανακοίνωση.

Η πολιτική TED διαθέτει έναν μηχανισμό προσοχής (Attention Mechanism) που της επιτρέπει να «παρακάμπτει» τον θόρυβο των παρεμβαλλόμενων μηνυμάτων και, σε συνεργασία με την Rule Policy, να ανακτά το νήμα της συζήτησης μόλις ικανοποιηθεί το ενδιαμέσο αίτημα. Επιπλέον, λόγω της αρχιτεκτονικής των Transformers, η TED μπορεί να αναγνωρίζει μοτίβα σε μακροσκελείς διαλόγους χωρίς την απώλεια πληροφορίας που παρατηρείται σε παλαιότερα μοντέλα (όπως τα RNNs²⁵ ή τα LSTMs²⁶).

Αυτή η υβριδική δυνατότητα διασφαλίζει ότι ο «Σχολικός Βοηθός» διατηρεί μια συνεκτική και φυσική συμπεριφορά, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη και την εμπειρία του εκπαιδευτικού και του μαθητή κατά την αλληλεπίδραση [16].

²⁵ **Αναδρομικά Νευρωνικά Δίκτυα (Recurrent Neural Networks - RNNs):** Μια κατηγορία νευρωνικών δικτύων σχεδιασμένων για την επεξεργασία ακολουθιών δεδομένων. Το κύριο μειονέκτημά τους είναι το πρόβλημα της «εξασθένησης της κλίσης» (vanishing gradient), το οποίο καθιστά δύσκολη τη διατήρηση πληροφοριών από πολύ παλαιότερα στάδια μιας συνομιλίας.

²⁶ **Μνήμη Μακράς-Βραχείας Διάρκειας (Long Short-Term Memory - LSTM):** Μια εξελιγμένη παραλλαγή των RNNs που εισήγαγε «πύλες» (gates) για τον έλεγχο της ροής της πληροφορίας. Αν και βελτίωσαν τη διατήρηση της μνήμης, παραμένουν υπολογιστικά αργά και λιγότερο αποτελεσματικά από τους Transformers στον εντοπισμό σύνθετων συσχετίσεων σε πολύ μεγάλες προτάσεις.

2.3.3 Ο ρόλος του Rasa Action Server και η Υλοποίηση Εξατομικευμένων Ενεργειών (Custom Actions)

Η λειτουργική υπεροχή του προτεινόμενου συστήματος έναντι των συμβατικών διαλογικών πρακτόρων —όπως είναι τα παραδοσιακά rule-based chatbots ή οι απλοί πληροφοριακοί πράκτορες που περιορίζονται στην ανάκτηση προκαθορισμένων απαντήσεων (FAQ bots)— εδράζεται στην αρχιτεκτονική του Rasa Action Server.

Ανεξάρτητα από την τεχνική που εφαρμόζουν για την κατανόηση της γλώσσας (είτε βασίζονται σε κανόνες είτε σε NLP), τα συμβατικά συστήματα συχνά αδυνατούν να αλληλεπιδράσουν με εξωτερικά πληροφοριακά συστήματα. Αντιθέτως, η παρούσα υλοποίηση χρησιμοποιεί ένα ανεξάρτητο επίπεδο εκτέλεσης λογικής (decoupled execution layer), το οποίο επιτρέπει στον ψηφιακό βοηθό να υπερβαίνει τα όρια της απλής ανταλλαγής μηνυμάτων και να προβαίνει στην εκτέλεση σύνθετων υπολογιστικών διεργασιών σε πραγματικό χρόνο.

Η επικοινωνία μεταξύ του κεντρικού εξυπηρετητή Rasa και του Action Server πραγματοποιείται μέσω του πρωτοκόλλου **HTTP/HTTPS** (χρησιμοποιώντας τον μηχανισμό των **Webhooks**²⁷), διασφαλίζοντας ότι η διαδικασία κατανόησης της γλώσσας παραμένει διακριτή από τη διαδικασία υλοποίησης των ενεργειών. Στην παρούσα αρχιτεκτονική, ο μηχανισμός του Webhook λειτουργεί ως το σημείο επαφής όπου ο Rasa Server "ειδοποιεί" τον Action Server για την ανάγκη εκτέλεσης μιας συγκεκριμένης συνάρτησης Python, στέλνοντας τα απαραίτητα δεδομένα (payload).

Αυτός ο διαχωρισμός προσφέρει υψηλή επεκτασιμότητα και επιτρέπει την ενσωμάτωση οποιασδήποτε βιβλιοθήκης ή εξωτερικού κώδικα Python (όπως η **ReportLab** ή το **WordPress REST API**), μετατρέποντας το chatbot σε έναν ολοκληρωμένο ενορχηστρωτή εκπαιδευτικών και διοικητικών εργασιών [17].

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, ο Action Server επιτελεί τρεις θεμελιώδεις λειτουργίες που καθιστούν την εφαρμογή καινοτόμο για τα δεδομένα του 1ου Πρότυπου Γυμνασίου Μυτιλήνης. Αρχικά, επιτρέπει τη δυναμική σύνδεση με το **WordPress REST API** του σχολικού ιστοτόπου, επιτρέποντας στο bot να ανακτά και να παρουσιάζει τις τελευταίες ανακοινώσεις ή πληροφορίες χωρίς την ανάγκη χειροκίνητης ενημέρωσης. Επιπλέον, μέσω της ενσωμάτωσης της βιβλιοθήκης **ReportLab**, ο Action Server αναλαμβάνει την αυτόματη σύνθεση και μορφοποίηση εγγράφων PDF (Exam Generator), αντλώντας δεδομένα από τη βάση δεδομένων questions.db. Τέλος, ο μηχανισμός των Custom Actions επιτρέπει την υλοποίηση σύνθετης επιχειρηματικής λογικής (business logic), όπως ο έλεγχος πρόσβασης βάσει ρόλων και η διαχείριση καταστάσεων αβεβαιότητας. Η συγκεκριμένη προσέγγιση προσδίδει στο σύστημα μια «εργαλειακή» διάσταση, καθώς το chatbot παύει να είναι ένας παθητικός συνομιλητής και καθίσταται ένας ενεργός ψηφιακός συνεργάτης, ικανός να αυτοματοποιεί χρονοβόρες διαδικασίες της εκπαιδευτικής καθημερινότητας.

2.3.4 Η έννοια του Fallback και η Διαχείριση Αβεβαιότητας

Ένα από τα κύρια μειονεκτήματα των γεννητικών μοντέλων (Generative AI) είναι η τάση τους να παράγουν απαντήσεις ακόμη και όταν η πιθανότητα ορθότητας είναι χαμηλή, φαινόμενο που συχνά

²⁷ RedHat - What is a Webhook?: <https://www.redhat.com/en/topics/automation/what-is-a-webhook>

οδηγεί σε παραπληροφόρηση. Στο προτεινόμενο σύστημα, η διαχείριση της αβεβαιότητας υλοποιείται μέσω του μηχανισμού **Fallback**, ο οποίος λειτουργεί ως δικλείδα ασφαλείας για τη διατήρηση της ποιότητας του διαλόγου. Ο μηχανισμός αυτός ενεργοποιείται όταν η εμπιστοσύνη (confidence score) του ταξινομητή NLU ή της πολιτικής διαλόγου πέσει κάτω από ένα προκαθορισμένο κατώφλι (threshold). Αντί το σύστημα να προχωρήσει σε μια αυθαίρετη πρόβλεψη, αναγνωρίζει την αδυναμία κατανόησης και προβαίνει σε μια ελεγχόμενη ενέργεια, όπως η παροχή διευκρινιστικών ερωτήσεων ή η παραπομπή του χρήστη σε φυσικό εκπαιδευτικό.

Η στρατηγική διαχείρισης αβεβαιότητας στην παρούσα υλοποίηση δεν περιορίζεται σε μια τυποποιημένη απάντηση σφάλματος, αλλά ακολουθεί μια κλιμακωτή προσέγγιση που βασίζεται στις δυνατότητες του πλαισίου Rasa. Συγκεκριμένα, το αναπτυχθέν σύστημα ενσωματώνει τον μηχανισμό **Two-Stage Fallback**²⁸, ο οποίος ενεργοποιείται όταν η εμπιστοσύνη (confidence score)²⁹ του μοντέλου NLU πέσει κάτω από ένα ορισμένο όριο (π.χ. 60%) [18].

Σε αυτή την περίπτωση, ο «Σχολικός Βοηθός» ζητά από τον χρήστη να επιβεβαιώσει την πρόθεσή του (π.χ. «Εννοούσατε την παραγωγή διαγωνίσματος;»), προσφέροντας μια ευκαιρία διόρθωσης της πορείας του διαλόγου χωρίς να διακοπεί η ροή. Στο πλαίσιο του 1ου Πρότυπου Γυμνασίου Μυτιλήνης, αυτή η λειτουργία κρίνεται ζωτικής σημασίας για δύο λόγους:

- **Προστασία Μαθητή:** Αποτρέπει την παροχή λανθασμένων οδηγιών ή εκπαιδευτικού υλικού που δεν αντιστοιχεί στην ερώτηση του μαθητή, διατηρώντας την εκπαιδευτική εγκυρότητα.
- **Προστασία Εκπαιδευτικού από Παραγωγή Άσχετου Υλικού:** Δεδομένου ότι ο Action Server καταναλώνει υπολογιστικούς πόρους για να συνθέσει δυναμικά ένα PDF ή να αναζητήσει δεδομένα στο WordPress, η επιβεβαίωση της πρόθεσης διασφαλίζει ότι το σύστημα δεν θα ξεκινήσει μια "βαριά" διαδικασία (όπως το Smart Scanning ή το PDF Generation) εξαιτίας μιας παρερμηνείας του κειμένου. Έτσι, αποφεύγεται η δημιουργία άχρηστων (δηλ. μη απαιτούμενων) αρχείων και η άσκοπη χρήση των API, προστατεύοντας τη βάση δεδομένων από πλεονάζουσα πληροφορία.

Η υιοθέτηση αυτής της ντετερμινιστικής προσέγγισης καθιστά το σύστημα πιο στιβαρό σε σύγκριση με τα γενικά παραγωγικά μοντέλα (LLMs), καθώς προτεραιοποιεί την ορθότητα της πληροφορίας έναντι της αδιάλειπτης, αλλά ενδεχομένως εσφαλμένης, παραγωγής λόγου.

²⁸ **Two-Stage Fallback Policy:** Μηχανισμός του Rasa που επιτρέπει στο chatbot να ζητά διευκρινίσεις αντί να αποτυγχάνει άμεσα. Βλ. Rasa Documentation: <https://rasa.com/docs/rasa/fallback-handoff#two-stage-fallback-policy>

²⁹ **Confidence Score:** Η στατιστική πιθανότητα (0 έως 1) με την οποία το μοντέλο Μηχανικής Μάθησης ταξινομεί μια πρόταση σε μια συγκεκριμένη πρόθεση (Intent).

2.4 Τεχνολογίες Υποδομής και Ανάπτυξης (Infrastructure & DevOps)

Η επιτυχής υλοποίηση ενός διαλογικού πράκτορα σε πραγματικό εκπαιδευτικό περιβάλλον δεν περιορίζεται αποκλειστικά στην ανάπτυξη των αλγορίθμων επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, αλλά επεκτείνεται στον σχεδιασμό μιας στιβαρής και ασφαλούς υπολογιστικής υποδομής. Η μετάβαση από το στάδιο της τοπικής ανάπτυξης (local development) στην παραγωγική λειτουργία (production deployment) απαιτεί την υιοθέτηση σύγχρονων μεθοδολογιών από τον χώρο του **DevOps**. Το **DevOps (Development & Operations)** αποτελεί μια σειρά πρακτικών και εργαλείων που αποσκοπούν στη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ της ανάπτυξης λογισμικού και της λειτουργίας των συστημάτων πληροφορικής. Στόχος του DevOps είναι η επιτάχυνση του κύκλου ζωής της ανάπτυξης (Software Development Life Cycle – SDLC), η παροχή συνεχούς παράδοσης (Continuous Delivery) και η διασφάλιση υψηλής ποιότητας και σταθερότητας στο παραγωγικό περιβάλλον [19].

Η προσέγγιση αυτή είναι καθοριστική για τον «Σχολικό Βοηθό», καθώς ενοποιεί τη διαδικασία της ανάπτυξης του κώδικα (Development) με τη διαχείριση των συστημάτων (Operations), διασφαλίζοντας την αδιάλειπτη λειτουργία του συστήματος και την προστασία των διακινούμενων δεδομένων. Μέσω του DevOps, επιτυγχάνεται η αυτοματοποιημένη μεταφορά των αλλαγών που γίνονται στο chatbot απευθείας στο Google Cloud (δηλ. σε ένα περιβάλλον νέφους, είτε παραγωγής είτε ανάπτυξης), ελαχιστοποιώντας τα ανθρώπινα λάθη και τον χρόνο διακοπής της υπηρεσίας (downtime).

Στο πλαίσιο αυτό, η αρχιτεκτονική του προτεινόμενου συστήματος βασίζεται σε ένα πολυεπίπεδο μοντέλο υποδομής, το οποίο συνδυάζει την εικονικοποίηση επιπέδου λειτουργικού συστήματος, τις κλιμακούμενες υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους και τους προηγμένους μηχανισμούς ασφάλειας δικτύου. Η επιλογή των τεχνολογιών που αναλύονται στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε με γνώμονα τη βιωσιμότητα της λύσης εντός της σχολικής μονάδας, τη φορητότητα του κώδικα και τη συμμόρφωση με τα διεθνή πρότυπα ασφαλείας. Στις επόμενες υποενότητες περιγράφονται αναλυτικά τα εργαλεία ενορχήστρωσης, οι πόροι του υπολογιστικού νέφους και τα πρωτόκολλα κρυπτογράφησης που συγκροτούν το τεχνολογικό υπόβαθρο της διπλωματικής εργασίας.

2.4.1 Τεχνολογία Εικονικοποίησης Επιπέδου Λειτουργικού Συστήματος (Containerization) μέσω Docker

Η ανάπτυξη και η διαχείριση σύγχρονων πληροφοριακών συστημάτων που βασίζονται σε σύνθετα πλαίσια μηχανικής μάθησης, όπως το Rasa, απαιτούν ένα σταθερό και ελεγχόμενο περιβάλλον εκτέλεσης. Για την αντιμετώπιση των προκλήσεων που σχετίζονται με τις εξαρτήσεις λογισμικού (software dependencies) και τη συμβατότητα μεταξύ διαφορετικών περιβαλλόντων ανάπτυξης, υιοθετήθηκε η τεχνολογία του Containerization (δοχειοποίησης) μέσω της πλατφόρμας Docker³⁰. Η συγκεκριμένη προσέγγιση επιτρέπει τη συσκευασία της εφαρμογής και όλων των απαραίτητων βιβλιοθηκών (όπως η Python, το Rasa SDK και η ReportLab) σε αυτοτελείς μονάδες λογισμικού, τα «εμπορευματοκιβώτια» ή «δοχεία» (containers). Η αρχιτεκτονική αυτή διασφαλίζει ότι η εφαρμογή παραμένει απομονωμένη από το υποκείμενο λειτουργικό σύστημα του εξυπηρετητή, εγγυώμενη την

³⁰ Docker Documentation - Orientation and setup: <https://docs.docker.com/get-started/>

πανομοιότυπη συμπεριφορά του συστήματος από το στάδιο της τοπικής ανάπτυξης έως την τελική παραγωγική λειτουργία (πχ. σε περιβάλλοντα υπολογιστικού νέφους που κατεχοχύν υποστηρίζουν την τεχνολογία αυτή).

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η ενορχήστρωση των επιμέρους υπηρεσιών πραγματοποιήθηκε μέσω του εργαλείου Docker Compose³¹. Η επιλογή αυτή κρίθηκε αναγκαία για τον συντονισμό των πολλαπλών επιπέδων της εφαρμογής (που παίρνουν την μορφή μικρο-υπηρεσιών), καθώς επιτρέπει την ταυτόχρονη εκτέλεση και διασύνδεση του κεντρικού εξυπηρετητή (Rasa Server), του εξυπηρετητή ενεργειών (Action Server) και του εξυπηρετητή ιστού (Nginx). Μέσω της χρήσης μόνιμων τόμων αποθήκευσης (Docker Volumes³²), επιτεύχθηκε η διατήρηση των κρίσιμων δεδομένων, όπως η βάση δεδομένων ερωτήσεων (questions.db) και τα παραγόμενα αρχεία PDF, ανεξάρτητα από τον κύκλο ζωής των containers. Η υιοθέτηση της εικονικοποίησης επιπέδου λειτουργικού συστήματος ενισχύει τη βιωσιμότητα και την επεκτασιμότητα του συστήματος, προσφέροντας μια ευέλικτη υποδομή που απλοποιεί τις διαδικασίες συντήρησης και αναβάθμισης του σχολικού βοηθού [20].

2.4.2 Υπολογιστικό Νέφος και Αξιοποίηση της Πλατφόρμας Google Cloud (GCP)

Για τη μετάβαση από το στάδιο της ανάπτυξης στην πλήρη λειτουργία, το **παραγωγικό περιβάλλον (production environment)** του συστήματος μεταφέρθηκε σε υποδομές **Υπολογιστικού Νέφους (Cloud Computing)**. Η επιλογή αυτή κρίθηκε απαραίτητη, καθώς το Cloud προσφέρει την ευελιξία, την επεκτασιμότητα και την υψηλή διαθεσιμότητα που απαιτεί μια εκπαιδευτική εφαρμογή σε συνεχή λειτουργία [21].

Για την υλοποίηση επιλέχθηκε η πλατφόρμα **Google Cloud Platform (GCP)**³³ και συγκεκριμένα η υπηρεσία **Compute Engine**³⁴. Η υπηρεσία αυτή επιτρέπει τη δημιουργία και διαχείριση **Εικονικών Μηχανών (Virtual Machines - VMs)** στο υπολογιστικό νέφος της Google, εξασφαλίζοντας τα εξής πλεονεκτήματα:

- **Απρόσκοπτη Πρόσβαση:** Ο «Σχολικός Βοηθός» παραμένει ενεργός καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, ανεξάρτητα από τη λειτουργία τοπικών εξυπηρετητών στο 1ο Πρότυπο Γυμνάσιο Μυτιλήνης.
- **Διαχείριση Πόρων:** Το σύστημα αξιοποιεί την υπολογιστική ισχύ του νέφους για την εκτέλεση των μοντέλων Μηχανικής Μάθησης και των **Custom Actions** (π.χ. παραγωγή PDF),

³¹ Docker Compose Overview: <https://docs.docker.com/compose/>

³² Manage data in Docker (Volumes): <https://docs.docker.com/storage/volumes/>

³³ GoogleCloudPlatform (GCP): Σουίτα υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους που προσφέρονται από την Google. <https://cloud.google.com/>

³⁴ **Google Compute Engine (GCE):** Υπηρεσία Infrastructure as a Service (IaaS) που παρέχει εικονικές μηχανές στο παγκόσμιο δίκτυο της Google. <https://cloud.google.com/compute>

διασφαλίζοντας ταχύτητα απόκρισης ακόμη και σε περιόδους ταυτόχρονης χρήσης από πολλούς μαθητές.

- **Ασφάλεια και Σταθερότητα:** Η φιλοξενία σε ένα επαγγελματικό περιβάλλον παραγωγής μειώνει τον κίνδυνο απώλειας δεδομένων και εξασφαλίζει τη σταθερή σύνδεση του chatbot με το WordPress API και τη βάση δεδομένων.

Σε επίπεδο αρχιτεκτονικής πόρων, χρησιμοποιήθηκε ένας εικονικός κόμβος τύπου e2-medium, ο οποίος διαθέτει 2 εικονικές μονάδες επεξεργασίας (vCPUs) και 4GB μνήμης RAM. Η συγκεκριμένη παραμετροποίηση κρίθηκε απαραίτητη, καθώς τα μοντέλα μηχανικής μάθησης του Rasa Open Source και οι διαδικασίες επεξεργασίας φυσικής γλώσσας παρουσιάζουν αυξημένες απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ και μνήμη κατά τη φάση της εκτέλεσης (inference). Επιπλέον, υιοθετήθηκε η χρήση στατικής εξωτερικής διεύθυνσης IP (Static IP), η οποία είναι κρίσιμη για τη διατήρηση μιας σταθερής σύνδεσης με το WordPress API του σχολείου και τη διασφάλιση της ορθής λειτουργίας των πιστοποιητικών ασφαλείας. Η μεταφορά της υποδομής στο υπολογιστικό νέφος επιτρέπει την εύκολη κλιμάκωση (scalability) του συστήματος σε περίπτωση αύξησης του αριθμού των ταυτόχρονων χρηστών, καθιστώντας την εφαρμογή μια βιώσιμη λύση για το ψηφιακό οικοσύστημα της σχολικής μονάδας.

2.4.3 Αρχιτεκτονική Ασφάλειας και Διαχείριση Εξυπηρετητή Μέσω Nginx και SSL

Η διασφάλιση της ακεραιότητας, της διαθεσιμότητας και της εμπιστευτικότητας των δεδομένων αποτελεί θεμελιώδη προϋπόθεση για την ένταξη πληροφοριακών συστημάτων σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Στο πλαίσιο αυτό, υιοθετήθηκε η χρήση του διακομιστή **Nginx**³⁵, ο οποίος λειτουργεί ως **Reverse Proxy** (Αντίστροφος Πληρεξούσιος). Η αρχιτεκτονική αυτή επιτρέπει στον Nginx να αποτελεί το ενδιάμεσο επίπεδο επικοινωνίας μεταξύ του εξωτερικού δικτύου και των εσωτερικών υπηρεσιών του συστήματος (Rasa Server και Action Server). Η συγκεκριμένη προσέγγιση προσφέρει ένα επιπλέον επίπεδο ασφαλείας, καθώς αποκρύπτει την εσωτερική δομή και τις διευθύνσεις των υπηρεσιών του συστήματος από το δημόσιο διαδίκτυο, περιορίζοντας έτσι την επιφάνεια έκθεσης σε πιθανές απειλές. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε παραμετροποίηση των κεφαλίδων **CORS**³⁶ (**Cross-Origin Resource Sharing**), επιτρέποντας την ανταλλαγή δεδομένων αποκλειστικά και μόνο με το εξουσιοδοτημένο domain του 1ου Πρότυπου Γυμνασίου Μυτιλήνης, αποτρέποντας με αυτόν τον τρόπο επιθέσεις από μη εξουσιοδοτημένες πηγές [22].

Παράλληλα, για την προστασία της διακινούμενης πληροφορίας, εφαρμόστηκε το πρωτόκολλο κρυπτογράφησης **TLS (Transport Layer Security)** μέσω της χρήσης ψηφιακών πιστοποιητικών **SSL**. Η έκδοση και η διαχείριση των πιστοποιητικών πραγματοποιήθηκε μέσω της ανοικτής αρχής πιστοποίησης **Let's Encrypt**³⁷ με τη χρήση του εργαλείου **Certbot**. Η υιοθέτηση του ασφαλούς πρωτοκόλλου μεταφοράς υπερκειμένου (HTTPS) διασφαλίζει ότι η επικοινωνία μεταξύ του τελικού χρήστη και του διακομιστή παραμένει κρυπτογραφημένη, καθιστώντας αδύνατη την υποκλοπή ή την αλλοίωση των δεδομένων κατά

³⁵ Nginx Official Documentation - Reverse Proxy: <https://docs.nginx.com/nginx/admin-guide/web-server/reverse-proxy/>

³⁶ Mozilla Web Docs - CORS: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/CORS>

³⁷ Certbot by Electronic Frontier Foundation: <https://certbot.eff.org/>

τη μεταφορά τους. Η αρχιτεκτονική αυτή επιλογή κρίνεται απαραίτητη για τη συμμόρφωση με τα πρότυπα προστασίας προσωπικών δεδομένων και την ενίσχυση της αξιοπιστίας του συστήματος, καθώς εγγυάται ότι οι αλληλεπιδράσεις των μαθητών και των εκπαιδευτικών, καθώς και τα παραγόμενα εκπαιδευτικά αρχεία, διακινούνται εντός ενός θωρακισμένου ψηφιακού περιβάλλοντος.

2.5 Βιβλιογραφική Σύγκριση και Σχετικές Εργασίες

Σε αυτή την ενότητα θα συγκρίνουμε την προτεινόμενη λύση με υπάρχοντα εργαλεία, αναδεικνύοντας την καινοτομία της παραγωγής διαγωνισμάτων και της ενσωμάτωσης στο WordPress καθώς και την εφαρμογή των chatbots στον ελληνικό χώρο, εστιάζοντας στις πιο πρόσφατες εξελίξεις.

2.5.1 Ψηφιακές Πρωτοβουλίες και Διαλογικοί Πράκτορες στην Ελλάδα (ΕΔΥΤΕ & Ψηφιακό Σχολείο)

Η εισαγωγή διαλογικών πρακτόρων στον ελληνικό δημόσιο τομέα και την εκπαίδευση κερδίζει διαρκώς έδαφος, με χαρακτηριστικά παραδείγματα τον ψηφιακό βοηθό **mAigov**³⁸ της πύλης gov.gr, καθώς και τις υλοποιήσεις του **Εθνικού Δικτύου Υποδομών Τεχνολογίας και Έρευνας (ΕΔΥΤΕ - GRNET)**³⁹. Τα συστήματα αυτά είναι ενσωματωμένα στις επίσημες ιστοσελίδες των φορέων και έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν ως ψηφιακοί θυρωροί (digital concierge) [23].

Για παράδειγμα, ο ψηφιακός βοηθός του **Πανελληνίου Σχολικού Δικτύου (sch.gr)** και οι αντίστοιχες πύλες του **ΙΕΠ** προσφέρουν άμεση πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με ακαδημαϊκές υπηρεσίες και το ψηφιακό εκπαιδευτικό περιεχόμενο. Τα οφέλη τους είναι πολλαπλά, καθώς επιτρέπουν την αποσυμφόρηση των τμημάτων υποστήριξης (Helpdesk), προσφέρουν διαθεσιμότητα 24/7 και μειώνουν δραστηρικά τον χρόνο αναμονής των χρηστών. Το κύριο πλεονέκτημά τους έγκειται στην παροχή έγκυρης και κεντρικά ελεγχόμενης πληροφόρησης, διασφαλίζοντας ότι οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί λαμβάνουν ομοιόμορφες απαντήσεις για κρίσιμα ζητήματα, όπως οι εγγραφές ή η χρήση των e-books.

Η αρχιτεκτονική αυτών των συστημάτων ακολουθεί συνήθως ένα μοντέλο υβριδικής επεξεργασίας, συνδυάζοντας προκαθορισμένους κανόνες (rule-based) για συχνές ερωτήσεις (FAQs) με βασικές τεχνικές NLP για την αναγνώριση λέξεων-κλειδιών. Σε σύγκριση με την παρούσα διπλωματική εργασία, τα συστήματα αυτά (όπως ο «Πυθαγόρας»⁴⁰ ή οι βοηθοί αναζήτησης του Ψηφιακού Σχολείου) επικεντρώνονται κυρίως στην ανάκτηση πληροφορίας (Information Retrieval) και λιγότερο στην παραγωγή περιεχομένου ή την εκτέλεση σύνθετων ενεργειών. Ενώ υπερέχουν σε επίπεδο κεντρικής διαχείρισης μεγάλου όγκου δεδομένων, υστερούν στην εξατομικευμένη υποστήριξη συγκεκριμένων

³⁸ **mAigov**: Ο πρώτος ψηφιακός βοηθός του Ελληνικού Δημοσίου που βασίζεται σε Τεχνητή Νοημοσύνη και διευκολύνει την πλοήγηση στις υπηρεσίες του gov.gr. <https://www.gov.gr/>

³⁹ **ΕΔΥΤΕ (GRNET)**: Φορέας που αναπτύσσει ψηφιακές υποδομές για την έρευνα και την εκπαίδευση, ενσωματώνοντας διαλογικά συστήματα υποστήριξης για την εξυπηρέτηση της ακαδημαϊκής κοινότητας.

⁴⁰ **Πυθαγόρας**: Ο εξειδικευμένος ψηφιακός βοηθός (Chatbot) του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού, ο οποίος έχει σχεδιαστεί για να παρέχει πληροφορίες και υποστήριξη σε μαθητές, γονείς και εκπαιδευτικούς σχετικά με το εκπαιδευτικό σύστημα και τις ψηφιακές υπηρεσίες του Υπουργείου. Διαθέσιμο μέσω της πλατφόρμας του ΙΕΠ και του sch.gr.

μαθημάτων, όπως η δυναμική παραγωγή διαγωνισμάτων Μαθηματικών μέσω Action Servers, η οποία αποτελεί τον πυρήνα της δικής μας υλοποίησης. Έτσι, το προτεινόμενο chatbot της εργασίας μας συμπληρώνει τις υπάρχουσες υποδομές και στο μέλλον θα μπορούσε να αντλεί πληροφορίες και από τα συστήματα αυτά για καλύτερη εξυπηρέτηση εκπαιδευτικών και μαθητών, προσφέροντας ένα πιο ενεργό εργαλείο στα χέρια του εκπαιδευτικού της τάξης.

2.5.2 Το Πιλοτικό Πρόγραμμα ChatGPT Edu στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Η πλέον πρόσφατη και εμβληματική πρωτοβουλία για την εισαγωγή της Γεννητικής Τεχνητής Νοημοσύνης (Generative AI) στα ελληνικά σχολεία είναι το πιλοτικό πρόγραμμα «**AI in Schools**», το οποίο ξεκίνησε τη λειτουργία του στα τέλη του 2025. Το πρόγραμμα αυτό βασίζεται στην πλατφόρμα **ChatGPT Edu**, μια εξειδικευμένη έκδοση που προσφέρει πρόσβαση στα πλέον σύγχρονα πολυτροπικά μοντέλα της OpenAI, όπως το **GPT-4o** και το **o1**⁴¹. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα έχει σχεδιαστεί για να ανταποκρίνεται στις αυστηρές ακαδημαϊκές ανάγκες, ενσωματώνοντας αυξημένα επίπεδα ασφάλειας και προστασίας δεδομένων (Enterprise-grade privacy⁴²), διασφαλίζοντας ότι οι αλληλεπιδράσεις δεν χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση των μοντέλων. Τα συστήματα αυτά προσφέρουν στους εκπαιδευτικούς τη δυνατότητα να δημιουργούν εξατομικευμένα πλάνα διδασκαλίας, να αναλύουν σύνθετα κείμενα και να παράγουν εκπαιδευτικό υλικό σε δευτερόλεπτα. Τα κύρια οφέλη αυτής της τεχνολογίας εστιάζονται στην ενίσχυση της δημιουργικότητας, τη δραστική μείωση του διοικητικού φόρτου και την παροχή ενός «έξυπνου» βοηθού που μπορεί να απαντά σε απορίες μαθητών με φυσικότητα. Παράλληλα, η χρήση του ChatGPT Edu λειτουργεί ως καταλύτης για την καλλιέργεια του ψηφιακού εγγραμματισμού (AI literacy⁴³), προετοιμάζοντας τη νέα γενιά για ένα εργασιακό περιβάλλον που θα κυριαρχείται από την ΤΝ [24].

Η κοινή αρχιτεκτονική αυτών των συστημάτων βασίζεται σε **Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (Large Language Models - LLMs)** που φιλοξενούνται σε υποδομές Cloud και λειτουργούν μέσω παραγωγικών μετασχηματιστών (**Transformers**). Η αλληλεπίδραση πραγματοποιείται μέσω διεπαφών προγραμματισμού εφαρμογών (APIs), όπου το αίτημα του χρήστη επεξεργάζεται σε απομακρυσμένους διακομιστές και η απάντηση επιστρέφει σε μορφή ελεύθερου κειμένου.

Σε μια σύντομη σύγκριση με την παρούσα διπλωματική εργασία, το ChatGPT Edu υπερέχει σαφώς σε επίπεδο γλωσσικής ευχέρειας και γενικής γνώσης, καθώς έχει εκπαιδευτεί σε τεράστια σύνολα δεδομένων. Ωστόσο, το προτεινόμενο σύστημα, βασισμένο στο framework **Rasa**, προσφέρει κρίσιμα πλεονεκτήματα που τα γενικά LLMs συχνά στερούνται: την απόλυτη εξειδίκευση στο περιεχόμενο ενός συγκεκριμένου σχολείου μέσω της διασύνδεσης με το **WordPress API**, τη δυνατότητα εκτέλεσης στοχευμένων δράσεων (Task-oriented) όπως η παραγωγή αυστηρά μορφοποιημένων αρχείων διαγωνισμάτων **PDF** βάσει τοπικής βάσης δεδομένων, και κυρίως, τη διασφάλιση ότι τα δεδομένα παραμένουν εντός μιας ελεγχόμενης υποδομής (**on-premise/private cloud**). Κατά συνέπεια, ενώ το ChatGPT Edu λειτουργεί ως ένας γενικός ακαδημαϊκός σύμβουλος, η παρούσα υλοποίηση λειτουργεί ως

⁴¹ OpenAI - Hello GPT-4o: <https://openai.com/index/hello-gpt-4o/>

⁴² OpenAI Enterprise & Edu Privacy Policy: <https://openai.com/enterprise-privacy/>

⁴³ UNESCO - AI Competency Framework for Students: <https://www.unesco.org/en/articles/unesco-mapping-framework-ai-competencies-students>

ένα εξειδικευμένο εργαλείο παραγωγής και διοίκησης, πλήρως προσαρμοσμένο στις ανάγκες του **Γυμνασίου Μυτιλήνης**.

2.5.3 Ερευνητικά Πρωτότυπα και η Εξειδικευμένη Προσέγγιση του Σχολικού Βοηθού

Στον ακαδημαϊκό χώρο των ελληνικών πανεπιστημίων, έχουν αναπτυχθεί κατά καιρούς σημαντικά ερευνητικά πρωτότυπα διαλογικών πρακτόρων με στόχο την υποστήριξη της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το σύστημα **"Proteas"⁴⁴** από το **Πανεπιστήμιο Αιγαίου**, το οποίο σχεδιάστηκε για την υποστήριξη της διδασκαλίας προγραμματισμού, καθώς και οι υλοποιήσεις του **Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΕΚΠΑ)**, όπως ο διαλογικός βοηθός **"ILSP-Chatbot"** [20] που εστιάζει στη διδασκαλία της ελληνικής γλώσσας. Αυτά τα συστήματα προσφέρουν σημαντικά οφέλη, καθώς επιτρέπουν τη μελέτη της αλληλεπίδρασης μαθητή-μηχανής σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα και την αξιολόγηση παιδαγωγικών θεωριών μέσω της ΤΝ. Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι η υψηλή εξειδίκευση σε ένα στενό γνωστικό αντικείμενο. Ωστόσο, τα περισσότερα από αυτά τα πρωτότυπα παραμένουν σε θεωρητικό ή εργαστηριακό επίπεδο, στερούμενα ενός ολοκληρωμένου πλαισίου καθημερινής εφαρμογής σε μια πραγματική σχολική μονάδα. Η κοινή αρχιτεκτονική τους βασίζεται συνήθως σε απλές διεπαφές κειμένου και τοπικές βάσεις δεδομένων, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τις σύνθετες ανάγκες διοικητικής ενημέρωσης και τη διασύνδεση με υπάρχουσες διαδικτυακές υποδομές, όπως τα σχολικά portals [25].

Η παρούσα διπλωματική εργασία διαφοροποιείται στο ότι εστιάζει στην ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης τεχνικής αρχιτεκτονικής, η οποία έχει σχεδιαστεί για να ανταποκρίνεται στις ανάγκες μιας πραγματικής σχολικής μονάδας όπως το 1ο Πρότυπο Γυμνάσιο Μυτιλήνης. Σε αντίθεση με θεωρητικά μοντέλα που περιορίζονται στην ανάλυση κειμένου, το δικό μας σύστημα υιοθετεί μια πολυεπίπεδη δομή που συνδυάζει το Rasa Framework με έναν Action Server, επιτρέποντας την (δυναμική) εκτέλεση συγκεκριμένων εργασιών (tasks).

Η λειτουργικότητα της υλοποίησης επιβεβαιώθηκε μέσω **εσωτερικών δοκιμών ελέγχου (functional testing⁴⁵)**, οι οποίες επικεντρώθηκαν στην επαλήθευση της επικοινωνίας με το WordPress REST API για την ανάκτηση ανακοινώσεων και στην ορθή παραγωγή αρχείων PDF μέσω του Exam Generator. Για την υποστήριξη της εφαρμογής, επιλέχθηκαν τεχνολογίες όπως το **Docker** και η φιλοξενία στο **Google Cloud Platform**, προσφέροντας τις απαραίτητες προδιαγραφές σταθερότητας και διαθεσιμότητας που απαιτεί ένα παραγωγικό περιβάλλον. Με αυτόν τον τρόπο, η εργασία επιχειρεί να παρουσιάσει ένα λειτουργικό εργαλείο που ενσωματώνεται στις υπάρχουσες ψηφιακές υποδομές του σχολείου, γεφυρώνοντας το κενό μεταξύ της ακαδημαϊκής έρευνας και της πρακτικής εφαρμογής.

⁴⁴ LTEE Lab - Learning Technology and Educational Engineering: <https://ltee.aegean.gr/>

⁴⁵ Software Testing Methodologies - Functional Testing: <https://www.atlassian.com/software-testing/test-automation/functional-testing>

2.5.4 Συγκριτική Αξιολόγηση Εργασιών

Η συγκριτική αξιολόγηση των διαθέσιμων συστημάτων (βλ. Πίνακα 1) αναδεικνύει τις θεμελιώδεις διαφορές μεταξύ των γενικών γλωσσικών μοντέλων, των υφιστάμενων ερευνητικών υλοποιήσεων και της προτεινόμενης εξειδικευμένης λύσης.

Πίνακας 1. Σύγκριση Προτεινόμενης Λύσης με Υπάρχοντα Εργαλεία

Ψηφιακό εργαλείο / Σύστημα	Γλωσσική υποστήριξη	Παραγωγή εγγράφων (PDF)	Διασύνδεση υποδομών	Έλεγχος δεδομένων
ChatGPT (OpenAI)	Υψηλή (Γενικά)	Όχι	Όχι	Χαμηλός (Public Cloud)
mAigov	Ελληνικά (Διοίκηση)	Όχι	Ναι (gov.gr)	Υψηλός (Κρατικό Cloud)
Proteas	Ελληνικά (Εκπαίδευση)	Όχι	Όχι	Μέτριος (Academic Cloud)
ILSP-Chatbot	Ελληνικά (Γενικά)	Όχι	Όχι	Μέτριος (Institutional)
Δική μας υλοποίηση	Εστιασμένη (Σχολική)	Ναι (Custom)	Ναι (Native)	Πλήρης (Private)

Όπως προκύπτει από τα δεδομένα, το ChatGPT (OpenAI) παρουσιάζει την υψηλότερη ευχέρεια στη χρήση της ελληνικής γλώσσας λόγω της εκπαίδευσής του σε τεράστια σύνολα δεδομένων, ενώ το ILSP-Chatbot αποτελεί μια εξαιρετική εγχώρια προσπάθεια γενικής γλωσσικής υποστήριξης. Ωστόσο, η παρούσα διπλωματική εργασία, μέσω του πλαισίου Rasa, δεν επιδιώκει να ανταγωνιστεί τη γενική γλωσσική επάρκεια των LLMs, αλλά να προσφέρει εστιασμένη υποστήριξη στην εκπαιδευτική ορολογία και τις συγκεκριμένες προθέσεις (intents) που αφορούν τη σχολική καθημερινότητα.

Ένα κρίσιμο σημείο διαφοροποίησης αποτελεί η λειτουργική ενσωμάτωση με τις υφιστάμενες υποδομές. Ενώ συστήματα όπως το ChatGPT, το ερευνητικό ILSP-Chatbot ή ο Proteas λειτουργούν ως αυτόνομες οντότητες, η δική μας υλοποίηση επιτυγχάνει υψηλό βαθμό διασύνδεσης με τις υπάρχουσες εκπαιδευτικές πλατφόρμες (σχολικά portals). Στην κατεύθυνση αυτή κινείται και ο ψηφιακός βοηθός mAigon, ο οποίος όμως εστιάζει αποκλειστικά στη δημόσια διοίκηση. Η δική μας πρόταση επιτρέπει την αυτοματοποιημένη ανάκτηση πληροφοριών από το σχολικό περιβάλλον και, επιπλέον, την παραγωγή τυποποιημένων εγγράφων (PDF) μέσω του Custom Generator. Η δυνατότητα αυτή προσδίδει στο σύστημα έναν χρήσιμο χαρακτήρα που υπερβαίνει την απλή ανταλλαγή μηνυμάτων, καλύπτοντας κενά που αφήνουν οι υπόλοιπες ερευνητικές υλοποιήσεις.

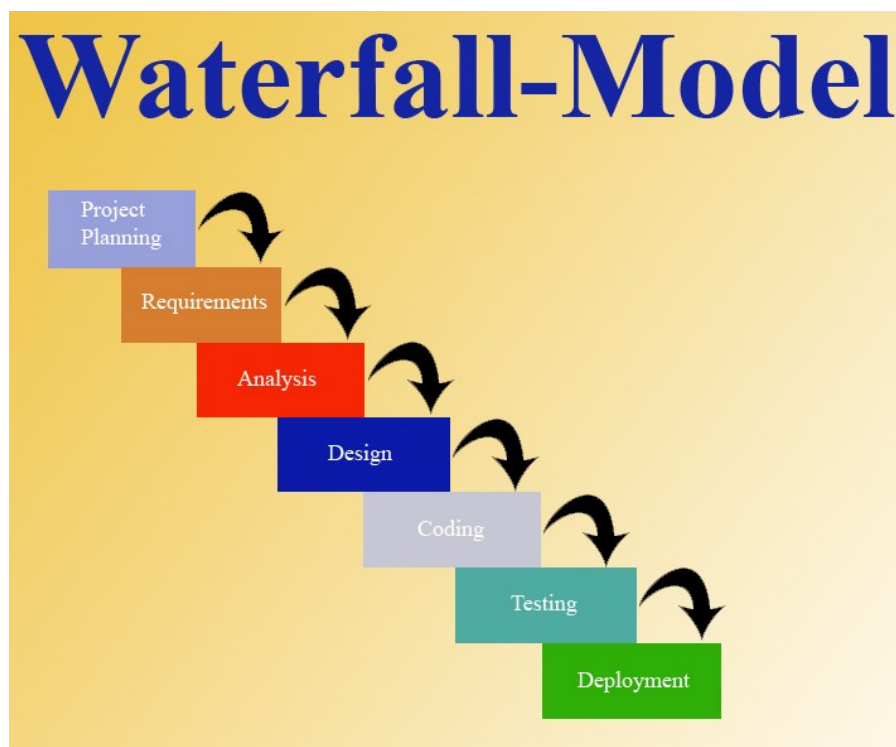
Τέλος, η ανάλυση υπογραμμίζει τη σημασία του επιπέδου ελέγχου των δεδομένων. Η υιοθέτηση μιας αρχιτεκτονικής που επιτρέπει τη φιλοξενία σε ελεγχόμενο περιβάλλον (Private Cloud/On-premise) διασφαλίζει το πλήρες επίπεδο ελέγχου των διακινούμενων πληροφοριών. Σε αντίθεση με τα δημόσια μοντέλα (ChatGPT) ή τις Cloud-based ερευνητικές πλατφόρμες (ILSP-Chatbot, Proteas), όπου ο έλεγχος των δεδομένων παραμένει περιορισμένος [26], η προτεινόμενη λύση εξασφαλίζει τη συμμόρφωση με τα αυστηρά πρότυπα προστασίας της ιδιωτικότητας της σχολικής κοινότητας. Με αυτόν τον τρόπο, ο "Σχολικός Βοηθός" λειτουργεί ως ένα ασφαλές, κλειστό σύστημα που προστατεύει τα δεδομένα μαθητών και εκπαιδευτικών, προσφέροντας ταυτόχρονα υψηλή διαθεσιμότητα και εξειδικευμένη πληροφόρηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η ανάπτυξη του ευφυούς διαλογικού πράκτορα για το 1ο Πρότυπο Γυμνάσιο Μυτιλήνης βασίστηκε στις αρχές της Τεχνολογίας Λογισμικού, ακολουθώντας μια μεθοδολογική προσέγγιση που διασφαλίζει την ποιότητα, την αξιοπιστία και τη συμμόρφωση του τελικού προϊόντος με τις αρχικές προδιαγραφές. Για τον σκοπό αυτό, υιοθετήθηκε το **Μοντέλο του Καταρράκτη (Waterfall Model)**, το οποίο αποτελεί μια από τις πλέον κλασικές και διαδεδομένες μεθοδολογίες στον κύκλο ζωής ανάπτυξης λογισμικού (Software Development Life Cycle - SDLC).

3.1 Μεθοδολογία Ανάπτυξης: Το Μοντέλο του Καταρράκτη

Το Μοντέλο του Καταρράκτη χαρακτηρίζεται από μια γραμμική και διαδοχική ακολουθία φάσεων. Σύμφωνα με τη φιλοσοφία του μοντέλου, κάθε δραστηριότητα ανάπτυξης πρέπει να ολοκληρώνεται πλήρως πριν ξεκινήσει η επόμενη, διασφαλίζοντας ότι τα παραδοτέα κάθε φάσης αποτελούν τις εισόδους (inputs) για το επόμενο στάδιο. Η προσέγγιση αυτή προσφέρει αυστηρή δομή και διευκολύνει τον έλεγχο του έργου, καθώς επιβάλλει τη λεπτομερή τεκμηρίωση σε κάθε βήμα.



Εικόνα 1. Το Μοντέλο του Καταρράκτη

Οι βασικές δραστηριότητες που υλοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, ακολουθώντας το μοντέλο του καταρράκτη (Waterfall Model), συνοψίζονται στα εξής στάδια:

- **Ανάλυση Απαιτήσεων (Requirements Analysis):** Στο στάδιο αυτό προσδιορίζονται οι ανάγκες του εκπαιδευτικού οργανισμού και των τελικών χρηστών (μαθητών, εκπαιδευτικών, γονέων). Το αποτέλεσμα είναι ο καθορισμός των λειτουργικών και μη λειτουργικών απαιτήσεων που πρέπει να ικανοποιεί το σύστημα.
- **Σχεδίαση (System Design):** Με βάση τις προδιαγεγραμμένες απαιτήσεις, σχεδιάζεται το σύστημα λογισμικού καλύπτοντας όλες τις απαραίτητες πλευρές. Ειδικότερα, στη φάση αυτή πραγματοποιείται η **μοντελοποίηση τόσο της δομής όσο και της συμπεριφοράς του συστήματος**.
- **Υλοποίηση (Implementation):** Σε αυτή τη φάση πραγματοποιείται η συγγραφή του πηγαίου κώδικα, η οποία οδηγείται από τη σχεδίαση του συστήματος. Με αυτό τον τρόπο, οι σχεδιαστικές προδιαγραφές μετατρέπονται σε λειτουργικό λογισμικό μέσω των επιλεγμένων τεχνολογιών (Python, πλαίσιο Rasa, Docker).
- **Έλεγχος και Επαλήθευση (Testing & Verification):** Μετά την υλοποίηση, το σύστημα υποβάλλεται σε εσωτερικούς ελέγχους για την επιβεβαίωση της ορθής λειτουργίας του και τον εντοπισμό τυχόν αποκλίσεων από τις αρχικές απαιτήσεις. Βασικός στόχος είναι να διαπιστωθεί ότι η τεχνική υλοποίηση ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές που τέθηκαν κατά την ανάλυση και ικανοποιεί τις ανάγκες των ενδιαφερόμενων μερών.

Η επιλογή του μοντέλου του καταρράκτη κρίθηκε ως η πλέον ενδεδειγμένη για τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, καθώς το εύρος του συστήματος και οι απαιτήσεις του ήταν σαφώς ορισμένα από την αρχή. Η αυστηρή ιεράρχηση των φάσεων επέτρεψε την ορθολογική διαχείριση του χρόνου και την εξασφάλιση της συμβατότητας μεταξύ των διαφορετικών τεχνολογικών επιπέδων (πχ. πρότυπη επικοινωνία front-end με backend μέσω RESTful APIs⁴⁸) [27].

3.2 Ανάλυση Απαιτήσεων Συστήματος

Η φάση της Ανάλυσης Απαιτήσεων (Requirements Engineering) συνιστά την κρισιμότερη δραστηριότητα στον κύκλο ζωής ανάπτυξης του προτεινόμενου συστήματος, καθώς καθορίζει το λειτουργικό εύρος και τους περιορισμούς εντός των οποίων καλείται να λειτουργήσει ο διαλογικός πράκτορας. Στο πλαίσιο της μεθοδολογίας του Καταρράκτη, η πλήρης και σαφής αποσαφήνιση των απαιτήσεων προηγείται οποιασδήποτε σχεδιαστικής ή προγραμματιστικής απόπειρας, διασφαλίζοντας τη συνοχή μεταξύ των αναγκών του εκπαιδευτικού οργανισμού και της τελικής τεχνικής υλοποίησης.

Η παρατήρηση του καθηγητή είναι πολύ εύστοχη, καθώς ζητά να εστιάσετε στο **αποτέλεσμα** (τι κερδίζει ο χρήστης) και όχι απλώς στην τεχνολογία που χρησιμοποιείτε. Η επεξεργασία φυσικής γλώσσας (NLP)

⁴⁸ Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures (REST): https://ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/rest_arch_style.htm

είναι όντως το "μέσο", ενώ η λειτουργική απαίτηση είναι, για παράδειγμα, η "αυτοματοποιημένη ενημέρωση του μαθητή".

Ακολουθεί η αναθεωρημένη διατύπωση σε μορφή έκθεσης, η οποία αναδεικνύει τις πραγματικές υπηρεσίες του συστήματός σας:

Για τη συστηματική καταγραφή των προδιαγραφών, υιοθετήθηκε μια προσέγγιση προσανατολισμένη στους χρήστες (**User-Centered Approach**), αναλύοντας τις ανάγκες τεσσάρων διακριτών ρόλων: του Μαθητή, του Εκπαιδευτικού, του Γονέα/Κηδεμόνα και του Διαχειριστή. Οι απαιτήσεις ταξινομούνται σε δύο θεμελιώδεις άξονες:

- **Λειτουργικές Απαιτήσεις (Functional Requirements):** Καθορίζουν τις συγκεκριμένες υπηρεσίες και τις δυνατότητες που παρέχει το σύστημα στους τελικούς χρήστες. Στην παρούσα υλοποίηση, οι λειτουργικές απαιτήσεις εστιάζουν στην **παροχή άμεσης πληροφόρησης** για σχολικά ζητήματα, την **αυτοματοποιημένη παραγωγή εξατομικευμένου εκπαιδευτικού υλικού** (μέσω του Exam Generator) και την **πρόσβαση σε δυναμικό περιεχόμενο** (ανακοινώσεις, πρόγραμμα) μέσω της διασύνδεσης με το WordPress API. Οι δυνατότητες αυτές υποστηρίζονται από την υποδομή επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, η οποία λειτουργεί ως η υπηρεσία βάσης για την υλοποίηση των παραπάνω λειτουργιών.
- **Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις (Non-Functional Requirements):** Προσδιορίζουν τους περιορισμούς στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του συστήματος. Αυτές περιλαμβάνουν την **υπολογιστική απόδοση** (ταχύτητα απόκρισης του bot), την **ασφάλεια και προστασία των δεδομένων** των μαθητών, την **επεκτασιμότητα** της αρχιτεκτονικής μέσω Docker, και τη **διαθεσιμότητα** της υπηρεσίας σε εικοσιτετράωρη βάση μέσω του Google Cloud.

Η κάτωθι **Ιεραρχική Αποτύπωση Απαιτήσεων Συστήματος** αποτελεί το επίσημο έγγραφο προδιαγραφών της εργασίας. Η δομή της ακολουθεί μια ιεραρχική διάταξη, η οποία επιτρέπει την πλήρη ιχνηλασιμότητα (traceability) των λειτουργιών, διασφαλίζοντας ότι κάθε επιμέρους ανάγκη της σχολικής μονάδας μεταφράζεται σε μια συγκεκριμένη και ελέγξιμη τεχνική απαίτηση.

3.2.1 Ιεραρχική Αποτύπωση Απαιτήσεων Συστήματος

Το σύστημα θα ενσωματώνεται στην ιστοσελίδα του σχολείου και θα περιλαμβάνει ένα chatbot προς υποστήριξη δομημένων συνομιλιών με τους χρήστες.

1. Τύποι Χρηστών

1.1 Μαθητής

1.1.1 Ο μαθητής θα μπορεί να λαμβάνει εκπαιδευτικό υλικό.

1.1.2 Ο μαθητής θα μπορεί να ενημερώνεται για θέματα και κανονισμούς που αφορούν την φοίτηση και την λειτουργία του σχολείου.

1.1.3 Ο μαθητής θα μπορεί να ενημερώνεται μέσω ανακοινώσεων για διάφορα νέα σχετικά με το σχολείο, όπως σχετικές εκδηλώσεις.

1.2 Εκπαιδευτικός

1.2.1 Ο εκπαιδευτικός θα έχει πρόσβαση σε υλικό για τη διδασκαλία.

1.2.2 Ο εκπαιδευτικός θα έχει τη δυνατότητα δημιουργίας διαγωνισμάτων.

1.2.3 Ο εκπαιδευτικός θα μπορεί να ανεβάζει στο αποθετήριο επιπλέον εκπαιδευτικό περιεχόμενο (όπως υλικό αξιολόγησης).

1.3 Γονέας/Κηδεμόνας

1.3.1 Ο γονέας θα ενημερώνεται μέσω ανακοινώσεων για διάφορα γεγονότα σχετικά με το σχολείο, όπως εκδηλώσεις.

1.3.2 Ο γονέας θα ενημερώνεται για τις ημερομηνίες εγγραφών και διεξαγωγής εισαγωγικών εξετάσεων του σχολείου.

1.3.3 Ο γονέας θα ενημερώνεται για θέματα που αφορούν την λειτουργία του σχολείου.

1.4 Διαχειριστής Συστήματος

1.4.1 Ο διαχειριστής θα είναι υπεύθυνος για τη συντήρηση του chatbot.

1.4.2 Ο διαχειριστής θα είναι υπεύθυνος για την εισαγωγή/ενημέρωση περιεχομένου του συστήματος.

1.4.3 Ο διαχειριστής θα είναι υπεύθυνος για την παρακολούθηση της ορθής λειτουργίας του συστήματος.

2. Παροχή Εκπαιδευτικού Υλικού

Το σύστημα πρέπει να προσφέρει δυνατότητα παροχής εκπαιδευτικού υλικού στους χρήστες.

2.1 Υλικό για Διαγωνίσματα

2.1.1 Το υλικό για διαγωνίσματα αποτελείται από ερωτήσεις ανάπτυξης καθώς και από ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής καθώς και τις σχετικές απαντήσεις σε αυτές τις ερωτήσεις.

2.1.2 Την διαχείριση του υλικού για διαγωνίσματα, έχει ο διαχειριστής με δυνατότητες εισαγωγής, τροποποίησης, διαγραφής, θέασης και αναζήτησης στο αποθετήριο.

2.1.3 Ο εκπαιδευτικός έχει την δυνατότητα εισαγωγής, τροποποίησης και διαγραφής του δικού του υλικού καθώς και την δυνατότητα θέασης και αναζήτησης τόσο του δικού του υλικού όσο και του υλικού των υπολοίπων εκπαιδευτικών στο αποθετήριο, το οποίο αποτελείται από ερωτήσεις και απαντήσεις.

2.1.4 Ο εκπαιδευτικός μπορεί να ζητήσει την δημιουργία διαγωνίσματος ανά τάξη και ανά μάθημα.

2.1.5 Ο εκπαιδευτικός καθορίζει τον αριθμό των ερωτήσεων που θα έχει το διαγώνισμα.

2.1.6 Οι ερωτήσεις του διαγωνίσματος προκύπτουν με βάση τα στατικά δεδομένα (διαθέσιμων ερωτήσεων & απαντήσεων) που είναι ήδη διαθέσιμα για κάθε τάξη και μάθημα στο αποθετήριο.

2.1.7 Το επίπεδο δυσκολίας του διαγωνίσματος καθορίζεται από τον εκπαιδευτικό και αφορά το σύνολο των ερωτήσεων (π.χ. εύκολο, μέτριο, δύσκολο).

2.1.8 Το διαγώνισμα θα παράγεται από το σύστημα μέσω δυναμικών δράσεων (custom action) αντλώντας τις ερωτήσεις από το αποθετήριο.

2.1.9 Οι ερωτήσεις του κάθε διαγωνίσματος που θα παράγεται θα επιλέγονται τυχαία από το αποθετήριο (με βάση και τον βαθμό δυσκολίας τους).

2.1.10 Για τον εκπαιδευτικό το διαγώνισμα θα έχει δύο επιλογές.

2.1.10.1 *Πρώτη επιλογή:* Το διαγώνισμα θα πρέπει να έχει πρότυπη μορφή και να απαρτίζεται αποκλειστικά από τις ερωτήσεις αν είναι ανάπτυξης ή και από τις απαντήσεις, χωρίς να είναι επισημασμένη η σωστή, για ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών. Στη συνέχεια ο εκπαιδευτικός θα μπορεί να το αποθηκεύσει και να το εκτυπώσει. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε έντυπη μορφή που θα μοιράζεται από τον ίδιο εντός της τάξης και θα το συμπληρώνουν οι μαθητές.

2.1.10.2 *Δεύτερη επιλογή:* Το διαγώνισμα θα πρέπει να έχει πρότυπη μορφή και να περιλαμβάνει τόσο τις ερωτήσεις όσο και τις σχετικές τους απαντήσεις. Για ερωτήσεις ανάπτυξης, θα πρέπει να εμφανίζεται η σχετική ενδεικτική απάντηση. Για ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών, θα πρέπει να εμφανίζονται όλες οι απαντήσεις με επισήμανση της σωστής. Στη συνέχεια ο εκπαιδευτικός θα μπορεί να το αποθηκεύσει και να εισάγει τις ερωτήσεις στην σύγχρονη εκπαιδευτική πλατφόρμα για μαθητές e-class, η οποία έχει την δυνατότητα δημιουργίας ασκήσεων-διαγωνισμάτων με αυτόματη βαθμολόγηση και ανατροφοδότηση.

2.1.10.2.1 Προαιρετικά, αντί να πραγματοποιείται χειροκίνητη εισαγωγή της κάθε ερώτησης, το σύστημα μπορεί να παράγει ένα αρχείο σε μορφοποίηση IMS QTI, το οποίο έπειτα μπορεί να γίνει import (εισαχθεί) στην πλατφόρμα e-class για την αυτόματη εισαγωγή όλων των ερωτήσεων του διαγωνίσματος.

2.1.11 Κάθε ερώτηση του διαγωνίσματος θα έχει ίση συνεισφορά στον τελικό βαθμό του διαγωνίσματος.

2.2 Υλικό για Διάβασμα

2.2.1 Το υλικό για διάβασμα είναι σύνδεσμοι URL που οδηγούν σε επίσημες πλατφόρμες με εκπαιδευτικό υλικό.

2.2.2 Την διαχείριση του υλικού για διάβασμα έχει ο διαχειριστής με δυνατότητες εισαγωγής, τροποποίησης, διαγραφής, θέασης και αναζήτησης στο αποθετήριο.

2.2.3 Ο εκπαιδευτικός έχει μόνο την δυνατότητα θέασης και αναζήτησης στο αποθετήριο.

2.2.4 Ο μαθητής μπορεί να ζητήσει συνδέσμους για συγκεκριμένη τάξη και μάθημα.

2.2.5 Η αναγνώριση της τάξης και του μαθήματος γίνεται με χρήση entities (subject).

2.2.5.1 Το σύστημα ρωτάει για ποιο “μάθημα” και ποιά “τάξη”.

2.2.5.2 Το σύστημα εμφανίζει όλα τα σχετικά αποτελέσματα και δίνει στον μαθητή την επιλογή να πατήσει πάνω στους συνδέσμους για να πλοηγηθεί στο αντίστοιχο υλικό που παρέχει η σχετική εκπαιδευτική πλατφόρμα.

2.2.5.3 Αν δεν υπάρχει υλικό για το μάθημα και την τάξη, εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα.

3. Παροχή Πληροφοριών για το Σχολείο

Το σύστημα πρέπει να δίνει απαντήσεις σε συνήθεις ερωτήσεις που σχετίζονται με το σχολείο και την λειτουργία του. Ορισμένες ενδεικτικές αναλύονται συντόμως παρακάτω.

3.1 Πως μπορώ να επικοινωνήσω με το σχολείο;

3.1.1 Να εμφανίζεται το τηλέφωνο, email και ωράριο γραμματείας.

3.1.2 Τα στοιχεία να αντλούνται από τα σχετικά άρθρα που έχουν αναρτηθεί στην ιστοσελίδα του σχολείου.

3.1.3 Η απάντηση να παρέχεται ως περίληψη και να επισυνάπτεται ο υπερσύνδεσμος που οδηγεί σε σχετικό άρθρο στην ιστοσελίδα του σχολείου, το οποίο περιέχει όλες τις λεπτομέρειες.

3.2 Πως μπορώ να ενημερωθώ για τις εγγραφές

3.2.1 Να ενημερώνει για ημερομηνίες εγγραφών μαθητών.

3.2.2 Η απάντηση να παρέχεται ως περίληψη και να επισυνάπτεται ο υπερσύνδεσμος που οδηγεί σε σχετικό άρθρο στην ιστοσελίδα του σχολείου, το οποίο περιέχει όλες τις λεπτομέρειες.

3.3 Πώς μπορώ να δικαιολογήσω τις απουσίες του παιδιού μου;

3.3.1 Να ενημερώνει για το ισχύων θεσμικό πλαίσιο των απουσιών.

3.3.2 Η απάντηση να παρέχεται ως περίληψη και να επισυνάπτεται ο υπερσύνδεσμος που οδηγεί σε σχετικό άρθρο στην ιστοσελίδα του σχολείου, το οποίο περιέχει όλες τις λεπτομέρειες.

3.4 Πότε θα πραγματοποιηθεί η ενημέρωση των γονέων και κηδεμόνων;

3.4.1 Να ενημερώνει για τις ώρες ενημέρωσης των γονέων και κηδεμόνων.

3.4.2 Η απάντηση να παρέχεται ως περίληψη και να επισυνάπτεται ο υπερσύνδεσμος που οδηγεί σε σχετικό άρθρο στην ιστοσελίδα του σχολείου, το οποίο περιέχει όλες τις λεπτομέρειες.

3.5 Δυνατότητα επέκτασης

3.5.1 Το σύστημα αρχικά θα ενημερώνει μόνο για τις παραπάνω ερωτήσεις που αφορούν τον τρόπο επικοινωνίας, το θεσμικό πλαίσιο, τους κανονισμούς λειτουργίας του σχολείου καθώς και τις ανακοινώσεις που αναρτώνται στην ιστοσελίδα της σχολικής μονάδας.

3.5.2 Το σύστημα θα έχει την δυνατότητα επέκτασης ώστε να καλύπτει πληροφορίες από όλες τις κατηγορίες ενημέρωσης της ιστοσελίδας του σχολείου.

3.5.3 Οι πληροφορίες που μπορούν να προστεθούν αφορούν το τρέχων σχολικό πρόγραμμα, την φοίτηση και αξιολόγηση καθώς και την ενισχυτική διδασκαλία.

4. Εξυπηρέτηση Χρήστη μέσω Συνομιλίας

Το σύστημα θα πρέπει να επιτρέπει φυσική και κατανοητή αλληλεπίδραση με τους χρήστες μέσω ανταλλαγής μηνυμάτων σε μορφή διαλόγου, έτσι ώστε η επικοινωνία να είναι φιλική, συνεχής και προσαρμοσμένη στις ανάγκες του εκάστοτε χρήστη.

4.1 Υποστήριξη Ελληνικής Γλώσσας

4.1.1 Το σύστημα θα πρέπει να αναγνωρίζει και να ερμηνεύει με ακρίβεια τις προθέσεις των χρηστών, όταν αυτές διατυπώνονται στα ελληνικά. Για παράδειγμα, πρέπει να μπορεί να ξεχωρίζει αν ο χρήστης ζητά υλικό για μάθημα, αν ζητά ένα διαγώνισμα ή αν θέλει πληροφορίες για το σχολείο.

4.1.2 Το σύστημα θα πρέπει να καταλαβαίνει διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους μπορεί να διατυπωθεί η ίδια ερώτηση ή πρόθεση. Για παράδειγμα, το «έχεις υλικό στη Φυσική;» και το «μπορώ να βρω σημειώσεις για Φυσική;» θα πρέπει να αναγνωρίζονται ως το ίδιο intent (στόχος/σκοπός).

4.2 Δομημένη Συνομιλία

4.2.1 Οι βασικές απαντήσεις του συστήματος πρέπει να δίνονται με τυποποιημένα μηνύματα, τα οποία έχουν οριστεί στο αρχείο ρυθμίσεων. Αυτό εξασφαλίζει ομοιομορφία και προβλεψιμότητα στις απαντήσεις.

4.2.2 Σε περιπτώσεις που απαιτείται δυναμική απάντηση (π.χ. δημιουργία διαγωνισμάτων, αναζήτηση υλικού), το σύστημα θα πρέπει να καλεί custom actions, δηλαδή προσαρμοσμένες συναρτήσεις που εκτελούν συγκεκριμένο κώδικα και παράγουν απάντηση σε πραγματικό χρόνο.

4.2.3 Το chatbot θα πρέπει να υποστηρίζει την αυτόματη εξαγωγή πληροφοριών από τα μηνύματα των χρηστών (π.χ. μάθημα, επίπεδο δυσκολίας) και την αποθήκευσή τους σε slots. Αυτές οι τιμές θα χρησιμοποιούνται για την προσαρμογή των απαντήσεων του συστήματος. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης πει «Θέλω ένα διαγώνισμα στη Χημεία, μέτριο επίπεδο», το σύστημα θα αποθηκεύσει subject=χημεία και difficulty = μέτριο ώστε να παραγάγει το κατάλληλο διαγώνισμα.

4.2.4 Όταν το σύστημα αδυνατεί να απαντήσει σε κάποια ερώτηση διότι είναι εκτός του πλαισίου ανάπτυξής του (πχ. σε θέμα που δεν είναι σχετικό με το σχολείο), να επιστρέφεται μια προκαθορισμένη απάντηση.

5. Ενσωμάτωση και Πρόσβαση

5.1 Ενσωμάτωση

5.1.1 Το σύστημα θα ενσωματωθεί στην ιστοσελίδα του σχολείου.

5.1.2 Το σύστημα πρέπει να είναι συμβατό με το λογισμικό WordPress, το οποίο είναι το προτεινόμενο από το Πανελλήνιο Σχολικό Δίκτυο και με αυτό έχει ήδη υλοποιηθεί και η ιστοσελίδα του σχολείου.

5.2 Πρόσβαση

5.2.1 Η χρήση του chatbot είναι εφικτή χωρίς να απαιτείται αυθεντικοποίηση (login). Οι επισκέπτες της ιστοσελίδας μπορούν να αλληλεπιδρούν άμεσα και να λαμβάνουν βασικές πληροφορίες και γενικού χαρακτήρα εκπαιδευτικό υλικό.

5.2.2 Σε περίπτωση που ο χρήστης είναι συνδεδεμένος στην ιστοσελίδα (WordPress) και διαθέτει συγκεκριμένο ρόλο (π.χ. εκπαιδευτικός), ο ρόλος αυτός θα αποστέλλεται αυτόματα στο chatbot μέσω μεταδεδομένων (metadata), χωρίς να απαιτείται ερώτηση εντός της συνομιλίας.

5.2.3 Το chatbot θα αποθηκεύει την ιδιότητα του χρήστη σε θέση (slot) «role» (ρόλου) και θα προσαρμόζει ανάλογα τις απαντήσεις και τις διαθέσιμες λειτουργίες.

5.2.4 Κάποιες λειτουργίες που απευθύνονται σε εκπαιδευτικούς (π.χ. δημιουργία και λήψη διαγωνισμάτων) θα είναι διαθέσιμες μόνο σε χρήστες που διαθέτουν τον ρόλο αυτό.

5.2.5 Σε περίπτωση που ο χρήστης χωρίς κατάλληλα δικαιώματα προσπαθήσει να αποκτήσει πρόσβαση σε λειτουργία περιορισμένης πρόσβασης, το σύστημα θα εμφανίζει ενημερωτικό μήνυμα πως αυτή η λειτουργία δεν είναι διαθέσιμη.

6. Μη Λειτουργικά Χαρακτηριστικά

Η εφαρμογή θα πρέπει να υποστηρίζει επεκτασιμότητα, υψηλή απόδοση, απρόσκοπτη λειτουργία με πολλαπλούς ταυτόχρονους χρήστες και να βασίζεται σε τεχνολογίες ανοιχτού κώδικα (open-source).

6.1 Τεχνολογίες Ανοιχτού Κώδικα

6.1.1 Το σύστημα θα πρέπει να υλοποιηθεί με Python λόγω πληθώρας χρήσιμων βιβλιοθηκών προς ενσωμάτωση και της ικανότητας ταχείας ανάπτυξης κώδικα.

6.1.2 Θα πρέπει να γίνει χρήση βιβλιοθηκών και εν γένει λογισμικού ανοικτού κώδικα με κατάλληλη άδεια χρήσης.

6.1.3 Όλος ο κώδικας του συστήματος θα πρέπει να είναι διαθέσιμος σε τοπικό ή απομακρυσμένο αποθετήριο Git με ανοικτή πρόσβαση.

6.2 Απόδοση και αξιοπιστία

6.2.1 Το σύστημα θα πρέπει να ανταποκρίνεται σε πραγματικό χρόνο με ελάχιστη καθυστέρηση, ακόμη και όταν εξυπηρετεί πολλούς ταυτόχρονους χρήστες.

6.2.2 Το σύστημα θα πρέπει να υποστηρίζει τουλάχιστον 10 ταυτόχρονες συνομιλίες χρηστών

6.2.3 Το σύστημα θα πρέπει να είναι αξιόπιστο με υψηλό ποσοστό διαθεσιμότητας.

6.2.4 Στο σύστημα θα πρέπει να ελαχιστοποιούνται τα σφάλματα και να υπάρχει μηχανισμός ανάκαμψης σε περίπτωση αποτυχίας (π.χ. αν το σύστημα δεν μπορεί να βρει υλικό, το chatbot να δίνει μήνυμα προσωρινής αδυναμίας αντί να καταρρέει).

6.3 Επεκτασιμότητα (Extensibility)

6.3.1 Το σύστημα θα πρέπει να μπορεί να επεκταθεί με νέες προθέσεις (intents) και απαντήσεις (actions).

6.3.2 Το σύστημα θα πρέπει να υποστηρίζει την εύκολη προσθήκη νέων λειτουργιών, όπως ενσωμάτωση με YouTube API για εκπαιδευτικά βίντεο ή Google Drive για διαμοιρασμό υλικού.

6.4 Χρηστικότητα - Διεπαφή Χρήστη

6.4.1 Η διεπαφή με τον χρήστη θα πρέπει να είναι φιλική, εύχρηστη και να υποστηρίζει αποκρίσιμο (responsive) σχεδιασμό, ώστε να είναι λειτουργική σε διαφορετικές συσκευές (υπολογιστές, tablets, κινητά).

6.4.2 Πρέπει να εξασφαλίζεται η προσβασιμότητα για όλους τους χρήστες, συμπεριλαμβανομένων μαθητών, γονέων και εκπαιδευτικών με βασικές τεχνολογικές δεξιότητες.

3.3 Σχεδίαση Συστήματος

Η φάση της Σχεδίασης (System Design) αποτελεί την ενδιάμεση και πλέον καθοριστική γέφυρα μεταξύ της αφηρημένης σύλληψης των απαιτήσεων και της συγκεκριμένης υλοποίησης του λογισμικού. Στο πλαίσιο του μοντέλου του Καταρράκτη, η σχεδίαση λειτουργεί ως ένας μηχανισμός αυστηρής προδιαγραφής, όπου οι λειτουργικές ανάγκες μετασχηματίζονται σε αρχιτεκτονικές δομές, διαγράμματα ροής και μοντέλα δεδομένων. Στόχος της παρούσας ενότητας είναι η ολιστική οπτικοποίηση των μοντέλων σχεδίασης του συστήματος, διασφαλίζοντας ότι η αλληλεπίδραση των επιμέρους συνιστωσών (components) υπακούει στις αρχές της αρθρωτής αρχιτεκτονικής (modular architecture) και της υψηλής συνοχής. Μέσω της χρήσης τυποποιημένων διαγραμμάτων, επιχειρείται η αποτύπωση της λογικής του συστήματος σε πολλαπλά επίπεδα αφαίρεσης, παρέχοντας έτσι το αναγκαίο τεχνικό υπόβαθρο για την απρόσκοπτη μετάβαση στη φάση του προγραμματισμού.

3.3.1 Φιλοσοφία Σχεδίασης και Σύνδεση με τον Εκπαιδευτικό Σκοπό

Η ανάπτυξη της παρούσας εφαρμογής δεν αποτέλεσε απλώς μια τεχνική πρόκληση, αλλά μια προσπάθεια δημιουργίας ενός πρακτικού εργαλείου που γεφυρώνει το χάσμα μεταξύ της καθημερινής εκπαιδευτικής ανάγκης και των σύγχρονων τεχνολογιών λογισμικού. Για την επίτευξη του στόχου του «Σχολικού Βοηθού», επιλέχθηκε μια αρχιτεκτονική βασισμένη σε Μικροϋπηρεσίες (Microservices).

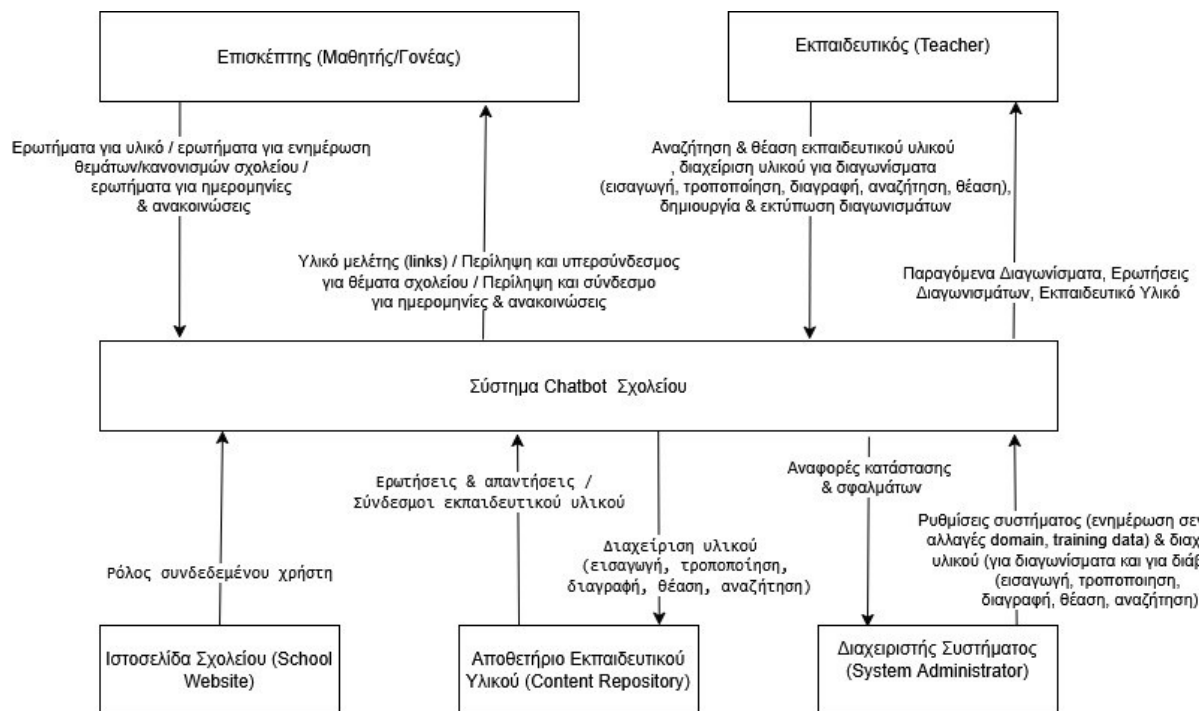
Η προσέγγιση αυτή εξασφαλίζει ότι το σύστημα δεν αποτελεί ένα μονολιθικό και δύσκαμπτο πρόγραμμα, αλλά ένα σύνολο αυτόνομων και συνεργαζόμενων μονάδων. Η σχεδιαστική αυτή φιλοσοφία προσφέρει τα εξής πλεονεκτήματα στο εκπαιδευτικό πλαίσιο:

- **Ανεξαρτησία Λειτουργιών:** Επιτρέπει στο chatbot να εκτελεί σύνθετες εργασίες—όπως η αυτόματη παραγωγή διαγωνισμάτων μέσω του Action Server—χωρίς να επιβαρύνει την ταχύτητα της συνομιλίας ή τη λειτουργία του κεντρικού πυρήνα κατανόησης (Rasa Server).
- **Επεκτασιμότητα (Extensibility):** Διευκολύνει την προσθήκη νέων δυνατοτήτων στο μέλλον (π.χ. σύνδεση με βαθμολόγιο) χωρίς την ανάγκη επανασχεδιασμού ολόκληρου του συστήματος.

- **Αξιοπιστία / Ανοχή Σφαλμάτων (Fault Tolerance):** Διασφαλίζει ότι τυχόν σφάλμα σε μια δευτερεύουσα υπηρεσία (π.χ. προσωρινή αδυναμία σύνδεσης με το WordPress) δεν θα προκαλέσει την κατάρρευση του συνολικού ψηφιακού βοηθού.

3.3.2 Διάγραμμα περιβάλλοντος (Context Diagram)

Το Διάγραμμα περιβάλλοντος (Context Diagram) συνιστά την αφετηρία της σχεδιαστικής διαδικασίας, προσφέροντας μια συνολική απεικόνιση του συστήματος ως μια ενιαία οντότητα σε σχέση με το εξωτερικό του περιβάλλον. Η σπουδαιότητά του έγκειται στην ικανότητά του να οριοθετεί με ακρίβεια το λειτουργικό εύρος ενός συστήματος όπως το «Σχολικός Βοηθός» της παρούσας εργασίας, προσδιορίζοντας τις (εξωτερικές) πηγές και τους αποδέκτες της πληροφορίας. Στο επίπεδο αυτό, δεν αναλύεται η εσωτερική πολυπλοκότητα του συστήματος, αλλά δίνεται έμφαση στις διεπαφές (interfaces) και στις ροές δεδομένων που διαπερνούν τα όρια του συστήματος, καθιστώντας σαφές πώς η εφαρμογή εντάσσεται οργανικά στο ψηφιακό οικοσύστημα της σχολικής μονάδας.



Εικόνα 2. Διάγραμμα περιβάλλοντος (context diagram)

Η ανάλυση του διαγράμματος αποκαλύπτει μια πολυεπίπεδη δομή αλληλεπιδράσεων, οι οποίες κατηγοριοποιούνται βάσει της φύσης των εμπλεκόμενων οντοτήτων:

- **Οντότητες Χρηστών (Επισκέπτης & Εκπαιδευτικός):** Η σχεδίαση προβλέπει διαφοροποιημένες ροές δεδομένων βάσει των δικαιωμάτων πρόσβασης των (τελικών) χρηστών. Για τον **Επισκέπτη (Μαθητή/Γονέα)**, το σύστημα λειτουργεί ως μηχανισμός ανάκτησης γνώσης, επεξεργαζόμενο ερωτήματα σχετικά με το θεσμικό πλαίσιο και το εκπαιδευτικό υλικό, επιστρέφοντας δομημένη

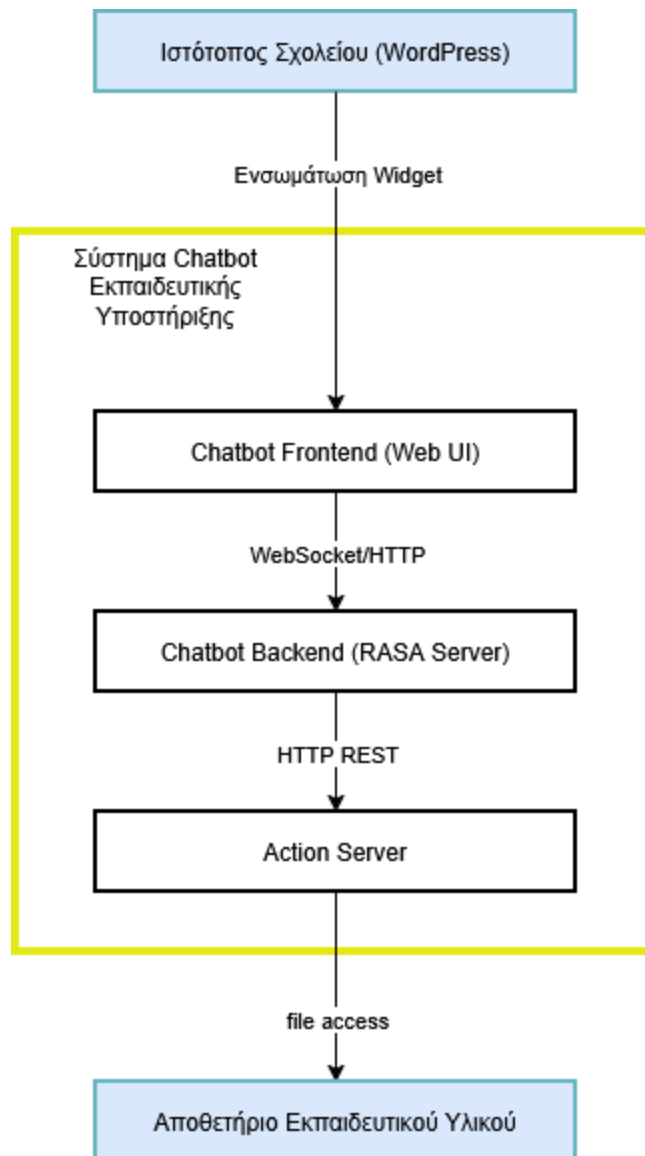
πληροφορία και υπερσυνδέσμους. Αντιθέτως, για τον **Εκπαιδευτικό**, η αλληλεπίδραση αποκτά χαρακτήρα εργαλείου παραγωγής (productivity tool). Η ροή περιλαμβάνει σύνθετες εντολές διαχείρισης του αποθετηρίου και αιτήματα δυναμικής σύνθεσης υλικού (αξιολόγησης) για την κατασκευή διαγωνισμάτων, με το σύστημα να ανταποκρίνεται μέσω της παραγωγής εξατομικευμένου εκπαιδευτικού περιεχομένου.

- **Οντότητα Διαχειριστή Συστήματος:** Ο ρόλος του διαχειριστή, ο οποίος είναι ένας άλλος χρήστης του συστήματος, είναι εποπτικός και ρυθμιστικός. Οι ροές που ανταλλάσσονται αφορούν την παραμετροποίηση του συστήματος (domain configurations, training data) και τη λήψη κρίσιμων αναφορών για την κατάσταση λειτουργίας και την καταγραφή σφαλμάτων (logs). Αυτή η αλληλεπίδραση διασφαλίζει τη συνεχή βελτίωση και την τεχνική σταθερότητα του διαλογικού πράκτορα.
- **Εξωτερικά Πληροφοριακά Συστήματα:** Το διάγραμμα αναδεικνύει την εξάρτηση του συστήματος από δύο κρίσιμες εξωτερικές πηγές. Η **Ιστοσελίδα του Σχολείου (WordPress)** παρέχει τα απαραίτητα μεταδεδομένα για την ταυτοποίηση των ρόλων των συνδεδεμένων χρηστών, επιτρέποντας στο chatbot να προσαρμόζει τη συμπεριφορά του σε πραγματικό χρόνο. Παράλληλα, το **Αποθετήριο Εκπαιδευτικού Υλικού (Content Repository)** λειτουργεί ως η πρωτογενής πηγή δεδομένων, από την οποία το σύστημα αντλεί το γνωστικό περιεχόμενο (ερωτήσεις/απαντήσεις) για την εξυπηρέτηση των χρηστών.

Συνοψίζοντας, το Διάγραμμα περιβάλλοντος τεκμηριώνει τη λειτουργία του chatbot ως έναν **ευφυή διαμεσολαβητή πληροφορίας**. Η σχεδίαση καταδεικνύει ότι το σύστημα δεν αποτελεί μια απομονωμένη εφαρμογή, αλλά μια κεντρική υπηρεσία που ρυθμίζει την επικοινωνία μεταξύ της σχολικής βάσης γνώσης και των τελικών χρηστών, βελτιστοποιώντας την πρόσβαση στην πληροφορία μέσω μιας φυσικής διεπαφής διαλόγου.

3.3.3 Διάγραμμα Αρχιτεκτονικής Συστήματος

Η αρχιτεκτονική του «Σχολικού Βοηθού» ακολουθεί ένα πολυεπίπεδο μοντέλο (Layered Architecture), το οποίο επιτρέπει τον διαχωρισμό των ευθυνών (Separation of Concerns) και ενισχύει τη συντηρησιμότητά του. Η προσέγγιση αυτή είναι θεμελιώδους σημασίας για τη διπλωματική εργασία, καθώς καταδεικνύει την ικανότητα του συστήματος να διαχειρίζεται σύνθετες ροές δεδομένων—από τη διεπαφή του χρήστη έως την εκτέλεση προσαρμοσμένης λογικής στο backend.



Εικόνα 3. Διάγραμμα αρχιτεκτονικής Chatbot

Όπως αποτυπώνεται στο σχετικό διάγραμμα, η αρχιτεκτονική δομή αρθρώνεται σε τέσσερα διακριτά επίπεδα αλληλεπίδρασης:

- **Επίπεδο Παρουσίασης (WordPress Integration):** Η είσοδος του χρήστη στο σύστημα πραγματοποιείται μέσω του επίσημου **Ιστότοπου του Σχολείου (WordPress)**. Η ενσωμάτωση επιτυγχάνεται μέσω ενός εξειδικευμένου **Widget**, το οποίο λειτουργεί ως ο φορέας της διεπαφής χρήστη (του ευφυούς πράκτορα/chatbot) (**Chatbot Frontend - Web UI**). Το επίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο για την οπτικοποίηση του διαλόγου και τη διασφάλιση μιας ομαλής εμπειρίας χρήστη (User Experience), παραμένοντας ταυτόχρονα ελαφρύ, καθώς η υπολογιστική ισχύς μετατοπίζεται στα επόμενα επίπεδα.

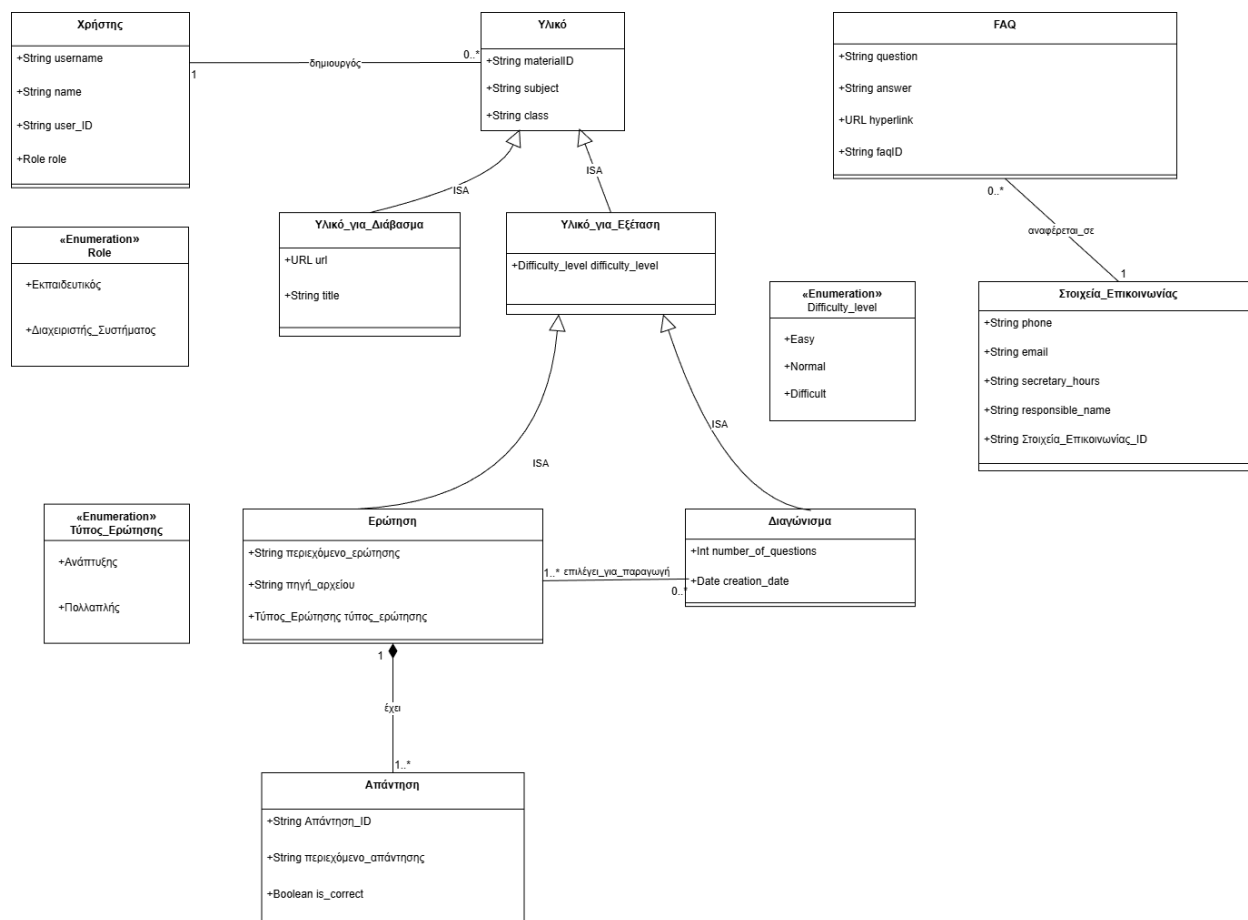
- **Επίπεδο Επεξεργασίας Φυσικής Γλώσσας (RASA Server):** Η επικοινωνία μεταξύ του Frontend και του Backend πραγματοποιείται μέσω αμφίδρομων πρωτοκόλλων **WebSocket/HTTP**. Στην καρδιά της αρχιτεκτονικής βρίσκεται ο **Chatbot Backend (RASA Server)**. Ο συγκεκριμένος διακομιστής αναλαμβάνει την επεξεργασία της φυσικής γλώσσας (NLU), την αναγνώριση προθέσεων (Intent Recognition) και τη διαχείριση της κατάστασης του διαλόγου (Dialogue Management). Είναι το επίπεδο που «ερμηνεύει» τις ανάγκες του χρήστη και αποφασίζει για την επόμενη βέλτιστη απόκριση του συστήματος.
- **Επίπεδο Εκτέλεσης Ενεργειών (Action Server):** Όταν το αίτημα του χρήστη απαιτεί δυναμική επεξεργασία—όπως η σύνθεση ενός διαγωνίσματος ή η ανάκτηση δεδομένων—ο RASA Server επικοινωνεί μέσω **HTTP REST API** με τον **Action Server**. Ο Action Server λειτουργεί ως το περιβάλλον εκτέλεσης της επιχειρηματικής λογικής (Business Logic). Ο διαχωρισμός αυτός είναι κρίσιμος ακαδημαϊκά, καθώς επιτρέπει την εκτέλεση απομονωμένου κώδικα Python χωρίς να επιβαρύνεται η κύρια ροή του διαλογικού μοντέλου.
- **Επίπεδο Δεδομένων (Content Repository):** Στην βάση της αρχιτεκτονικής βρίσκεται το **Αποθετήριο Εκπαιδευτικού Υλικού**. Ο Action Server αποκτά πρόσβαση σε αυτό το επίπεδο μέσω **file access** (ή επερωτήσεις βάσης δεδομένων – database queries), προκειμένου να αντλήσει τις απαραίτητες πληροφορίες, να επεξεργαστεί ερωτήσεις και να παράγει τα τελικά αρχεία (π.χ. PDF) που θα επιστραφούν στον χρήστη.

Συνοψίζοντας, το Διάγραμμα Αρχιτεκτονικής αναδεικνύει μια στιβαρή και αρθρωτή δομή. Η χρήση πρότυπων πρωτοκόλλων επικοινωνίας (HTTP REST, WebSockets) διασφαλίζει ότι το σύστημα είναι κλιμακωτό και έτοιμο για μελλοντικές επεκτάσεις, παραμένοντας ταυτόχρονα πιστό στις αρχές της σύγχρονης μηχανικής λογισμικού [28].

3.3.4 Διάγραμμα Κλάσεων

Το Διάγραμμα Κλάσεων αποτυπώνει το εννοιολογικό μοντέλο του συστήματος, ορίζοντας τη δομή και την οργάνωση της πληροφορίας που διαχειρίζεται ο «Σχολικός Βοηθός». Η σχεδίαση εστιάζει στην αποτύπωση των οντοτήτων και των μεταξύ τους συσχετίσεων, διασφαλίζοντας ότι η πληροφορία είναι δομημένη με τρόπο που να υποστηρίζει τις εκπαιδευτικές λειτουργίες.

Η σχεδίαση χαρακτηρίζεται από τη χρήση σχέσεων **γενίκευσης (inheritance - ISA)** και **σύνθεσης (composition)**, επιτρέποντας την αποτελεσματική διαχείριση των δεδομένων από τον Action Server. Η προσέγγιση αυτή διασφαλίζει ότι η ροή της πληροφορίας προς τον τελικό χρήστη είναι απαλλαγμένη από πλεονασμούς και ακολουθεί μια λογική ιεραρχία, η οποία διευκολύνει την ανάκτηση ανακοινώσεων από το WordPress και τη δημιουργία εξατομικευμένου περιεχομένου [29].



Εικόνα 4. Διάγραμμα κλάσεων (class diagram)

3.3.4.1. Το Μοντέλο Χρήστη και ο Μηχανισμός Ελέγχου Πρόσβασης

Η κλάση **Χρήστης** λειτουργεί ως η κεντρική οντότητα ταυτοποίησης. Η ιδιαιτερότητα εδώ έγκειται στη σχέση με την κλάση **Role**, η οποία υλοποιείται ως **Enumeration**. Αυτή η επιλογή εξασφαλίζει ότι το σύστημα αναγνωρίζει μόνο προκαθορισμένους ρόλους («Εκπαιδευτικός», «Διαχειριστής_Συστήματος»), επιτρέποντας στον Action Server να εφαρμόζει φίλτρα ασφαλείας στις μεθόδους του. Η συσχέτιση 1-προς-πολλά (1..*) μεταξύ Χρήστη και Υλικού τεκμηριώνει την ιδιοκτησία του περιεχομένου, επιτρέποντας στο chatbot να απαντά σε ερωτήματα όπως «δείξε μου το υλικό που ανέβασα».

3.3.4.2. Αρχιτεκτονική Κληρονομικότητας Εκπαιδευτικού Περιεχομένου

Στο κέντρο του διαγράμματος δεσπόζει η ιεραρχία της κλάσης **Υλικό**. Η χρήση της σχέσης **ISA (is-a)** υποδηλώνει ότι οι κλάσεις **Υλικό_για_Διάβασμα** και **Υλικό_για_Εξέταση** κληρονομούν τα κοινά χαρακτηριστικά (materialID, subject, class) (αναγνωριστικό, μάθημα, τάξη), ενώ διαφοροποιούνται λειτουργικά:

- Η κλάση **Υλικό_για_Διάβασμα** λειτουργεί ως δείκτης προς εξωτερικούς πόρους (URL url, String title).

- Η κλάση **Υλικό_για_Εξέταση** λειτουργεί ως βάση για τη διαγνωστική αξιολόγηση, ενσωματώνοντας το χαρακτηριστικό **difficulty_level** (επίπεδο δυσκολίας). Η σύνδεση αυτής της κλάσης με το **Enumeration Difficulty_level** (Easy, Normal, Difficult) είναι καίριας σημασίας, καθώς επιτρέπει στον αλγόριθμο τυχαίας επιλογής ερωτήσεων να λειτουργεί με παραμετροποιημένα κριτήρια.

3.3.4.3. Δυναμική Σύνθεση και Συσχετίσεις Αξιολόγησης

Η περιοχή του διαγράμματος που αφορά την **Ερώτηση**, την **Απάντηση** και το **Διαγώνισμα** αναδεικνύει την πολυπλοκότητα της υλοποίησης:

- **Σύνθεση (Composition):** Η σχέση μεταξύ **Ερώτησης** και **Απάντησης** (μαύρος ρόμβος) υποδηλώνει μια ισχυρή εξάρτηση εξαρτήματος-όλου. Μια «Απάντηση» δεν μπορεί να υπάρξει αυτόνομα χωρίς την «Ερώτηση» στην οποία ανήκει. Η κλάση «Ερώτηση» περιλαμβάνει επίσης τον Τύπος_Ερώτησης (Ανάπτυξης/Πολλαπλής), ο οποίος καθορίζει πώς ο Action Server θα μορφοποιήσει το τελικό PDF.
- **Συσχέτιση Παραγωγής:** Η σχέση μεταξύ **Ερώτησης** και **Διαγωνίσματος** (1..* επιλέγει_για_παραγωγή 0..*) περιγράφει τη διαδικασία της δυναμικής σύνθεσης. Ένα «Διαγώνισμα» συντίθεται από πολλές «Ερωτήσεις», και μια «Ερώτηση» μπορεί να συμμετέχει σε πολλά «Διαγωνίσματα». Η κλάση «Διαγώνισμα» φέρει μεταδεδομένα, όπως **creation_date** (ημερομηνία δημιουργίας) και **number_of_questions** (αριθμός ερωτήσεων), απαραίτητα για την αρχειοθέτηση και την ανάκτηση από τον εκπαιδευτικό.

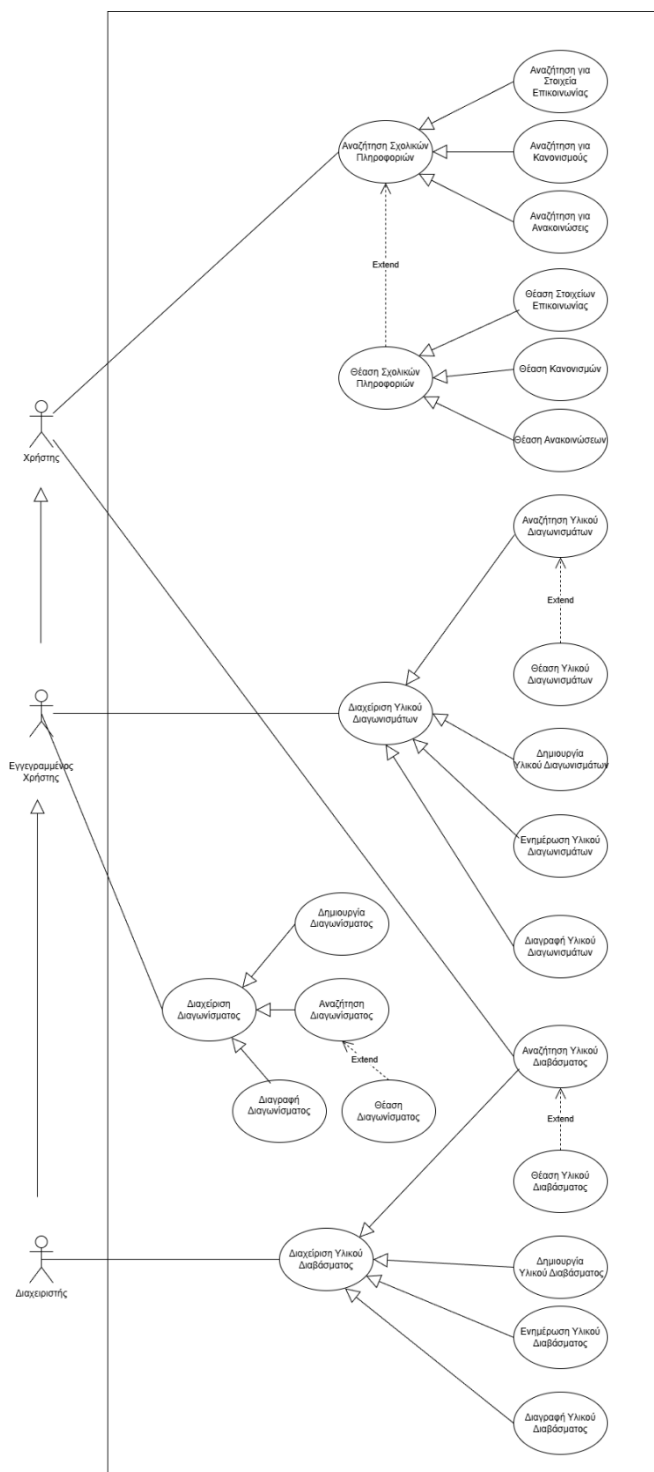
3.3.4.4. Τμήμα Διοικητικής Πληροφόρησης (FAQ & Επικοινωνία)

Τέλος, η δεξιά πλευρά του διαγράμματος απομονώνει τη λογική της ενημέρωσης. Η κλάση **FAQ** συνδέεται με τη σχέση «αναφέρεται_σε» με την κλάση **Στοιχεία_Επικοινωνίας**. Αυτή η δομή επιτρέπει στο chatbot να εκτελεί σύνθετες αναζητήσεις: αν ένας χρήστης ρωτήσει για τη γραμματεία (FAQ), το σύστημα μπορεί να ανατρέξει στην κλάση «Στοιχεία_Επικοινωνίας» για να ανακτήσει το τηλέφωνο, το email και τις ώρες λειτουργίας της γραμματείας. Η χρήση της κλάσης **Στοιχεία_Επικοινωνίας** ως διακριτής οντότητας διασφαλίζει ότι οι πληροφορίες επικοινωνίας παραμένουν συνεπείς (normalized) και εύκολα ενημερώσιμες.

3.3.5 Διάγραμμα Περιπτώσεων Χρήσης (Use Case Diagram)

Το Διάγραμμα Περιπτώσεων Χρήσης (Use Case Diagram) αποτελεί το θεμελιώδες εργαλείο για την οπτικοποίηση των λειτουργικών ορίων του συστήματος και την ανάλυση της συμπεριφοράς του κατά την αλληλεπίδραση με το εξωτερικό περιβάλλον. Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η συγκεκριμένη ενότητα αποσκοπεί στην εμβριθή ανάλυση των συσχετίσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των εξωτερικών οντοτήτων και των διαθέσιμων λειτουργιών της εφαρμογής. Η σχεδίαση του διαγράμματος, όπως αναλύεται παρακάτω, μεταφέρει την ιεραρχική δομή των απαιτήσεων σε ένα δυναμικό μοντέλο ενεργειών, οριοθετώντας με σαφήνεια το εύρος των δραστηριοτήτων που μπορεί να

εκτελέσει κάθε συμμετέχων, διασφαλίζοντας παράλληλα τη λειτουργική ακεραιότητα του «Σχολικού Βοηθού».



Εικόνα 5. Διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης

3.3.5.1. Διεξοδική Ανάλυση των Διακριτών Ρόλων Χρηστών (Actors)

Όπως αποτυπώνεται στο διάγραμμα, η αρχιτεκτονική του συστήματος βασίζεται σε τέσσερις **Διακριτούς Ρόλους Χρηστών**, η τοποθέτηση των οποίων περιμετρικά του συστήματος καταδεικνύει το επίπεδο και το είδος της αλληλεπίδρασης που αναπτύσσουν με τις περιπτώσεις χρήσης. Ο **Μαθητής** και ο **Γονέας/Κηδεμόνας** εμφανίζονται ως δρώντες με πρόσβαση σε περιπτώσεις χρήσης που αφορούν κυρίως την ανάκτηση πληροφορίας και την ενημέρωση, λειτουργώντας ως οι βασικοί αποδέκτες των υπηρεσιών πληροφόρησης του chatbot. Αντιθέτως, ο **Εκπαιδευτικός** αναπαρίσταται ως ένας δρώντας με αυξημένη πολυπλοκότητα αλληλεπίδρασης, καθώς οι γραμμές συσχέτισης τον συνδέουν με εξειδικευμένες λειτουργίες παραγωγής και διαχείρισης περιεχομένου, οι οποίες δεν είναι προσβάσιμες στους υπόλοιπους χρήστες. Τέλος, ο **Διαχειριστής Συστήματος** τοποθετείται ως ο δρώντας που εποπτεύει τη συνολική λειτουργία, με τις δικές του περιπτώσεις χρήσης να εστιάζουν στη διασφάλιση της τεχνικής ευστάθειας και της επικαιροποίησης της βάσης γνώσης, αποτελώντας τον εγγυητή της ορθής αλληλεπίδρασης όλων των ανωτέρω ρόλων με το σύστημα.

3.3.5.2. Ανάλυση Λειτουργικών Περιπτώσεων και Αλληλεπιδράσεων

Οι περιπτώσεις χρήσης που παρουσιάζονται εντός των ορίων του συστήματος (system boundary) αντιπροσωπεύουν τις αυτοτελείς λειτουργικές μονάδες που καλείται να εκτελέσει το chatbot. Οι περιπτώσεις που αφορούν τη διοικητική ενημέρωση, όπως η «Ανάκτηση Στοιχείων Επικοινωνίας» και η «Προβολή Ανακοινώσεων», εμφανίζονται ως σημεία σύγκλισης για πολλαπλούς ρόλους χρηστών, καταδεικνύοντας τον χαρακτήρα του συστήματος ως κεντρικού κόμβου πληροφόρησης.

Η περίπτωση χρήσης «Αναζήτηση Υλικού Μελέτης» αναδεικνύει τη λειτουργία του συστήματος ως διαμεσολαβητή προς εξωτερικούς πόρους. Σημειώνεται ότι, για λόγους μείωσης της πολυπλοκότητας του διαγράμματος, οι εξωτερικές οντότητες (όπως το **Αποθετήριο** και η **Ιστοσελίδα του Σχολείου**) δεν αποτυπώνονται γραφικά σε κάθε επιμέρους περίπτωση χρήσης, αλλά οι αλληλεπιδράσεις τους με το chatbot περιγράφονται αναλυτικά στο **Διάγραμμα Περιβάλλοντος και Αρχιτεκτονικής**. Εκεί καταδεικνύεται η ροή της πληροφορίας από τον χρήστη προς το αποθετήριο μέσω της διεπαφής του chatbot.

Η οπτικοποίηση αυτών των περιπτώσεων χρήσης επιτρέπει την κατανόηση της ροής εργασιών εντός της σχολικής μονάδας, καθώς κάθε ανάγκη για πληροφορία μετατρέπεται σε μια συγκεκριμένη αλληλεπίδραση που καταλήγει στην παροχή δομημένης απάντησης, αξιοποιώντας τις διασυνδεδεμένες εξωτερικές υποδομές.

3.3.5.3. Εξειδικευμένες Λειτουργίες και Δυναμική Παραγωγή Περιεχομένου

Ιδιαίτερη βαρύτητα στο διάγραμμα δίνεται στις περιπτώσεις χρήσης που αφορούν αποκλειστικά τον Εκπαιδευτικό, με κυρίαρχη τη «**Δυναμική Σύνθεση Διαγωνίσματος**». Η συγκεκριμένη περίπτωση χρήσης αντιπροσωπεύει τη σύνθετη λειτουργία του συστήματος να επεξεργάζεται αιτήματα για την παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού βάσει των αναγκών του χρήστη.

Η συσχέτισή της με την περίπτωση χρήσης «Δημιουργία / Ανάρτηση Υλικού Διαγωνισμάτων» —η οποία συχνά αποτυπώνεται μέσω μιας σχέσης εξάρτησης (π.χ. <<include>>)— καταδεικνύει την ικανότητα του συστήματος να μετασχηματίζει τα δεδομένα σε απτά παραδοτέα. Η ανάλυση του διαγράμματος σε αυτό

το σημείο φανερώνει τη μετάβαση από την απλή διαλογική διεπαφή σε ένα λειτουργικό εργαλείο αυτοματοποίησης. Η γραμμή αλληλεπίδρασης του Εκπαιδευτικού αναδεικνύει πώς διαδικασίες που παραδοσιακά απαιτούσαν χειροκίνητη παρέμβαση, ενσωματώνονται πλέον ως αυτοτελείς λειτουργίες του chatbot, ενισχύοντας τη χρηστικότητα της σχεδίασης.

3.3.5.4. Σημασιολογική Ανάλυση Σχέσεων και Περιορισμών Πρόσβασης

Η ακαδημαϊκή αρτιότητα του διαγράμματος συμπληρώνεται από την αποτύπωση των σχέσεων **Γενίκευσης (ISA)**, οι οποίες ορίζουν την ιεραρχία των δρώντων και των λειτουργιών, διασφαλίζοντας τη σωστή κληρονομικότητα δικαιωμάτων πρόσβασης και συμπεριφορών στο σύστημα αντιστοίχως. Παράλληλα, η χρήση της σχέσης **«extend»** αναδεικνύει τον τρόπο με τον οποίο το σύστημα παρέχει πρόσθετες δυνατότητες υπό συγκεκριμένες συνθήκες.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η λογική των **"Θεάσεων"** (π.χ. "Θέαση Διαγωνίσματος"), οι οποίες εμφανίζονται ως επεκτάσεις των αντίστοιχων λειτουργιών αναζήτησης. Η προσέγγιση αυτή υποδηλώνει ότι ο χρήστης, αφού εντοπίσει το επιθυμητό περιεχόμενο, έχει την προαιρετική αλλά διαθέσιμη επιλογή να προχωρήσει σε λεπτομερή προβολή ή περαιτέρω επεξεργασία του.

Συμπερασματικά, η ανάλυση του Διαγράμματος Περιπτώσεων Χρήσης αποδεικνύει ότι η σχεδίαση έχει προβλέψει με ακρίβεια τις ανάγκες κάθε διακριτού ρόλου, δημιουργώντας ένα συνεκτικό μοντέλο όπου κάθε ενέργεια είναι αιτιολογημένη και προσανατολισμένη στην αποτελεσματική υποστήριξη της σχολικής κοινότητας, αποφεύγοντας την περιττή πολυπλοκότητα στη βασική ροή αλληλεπίδρασης.

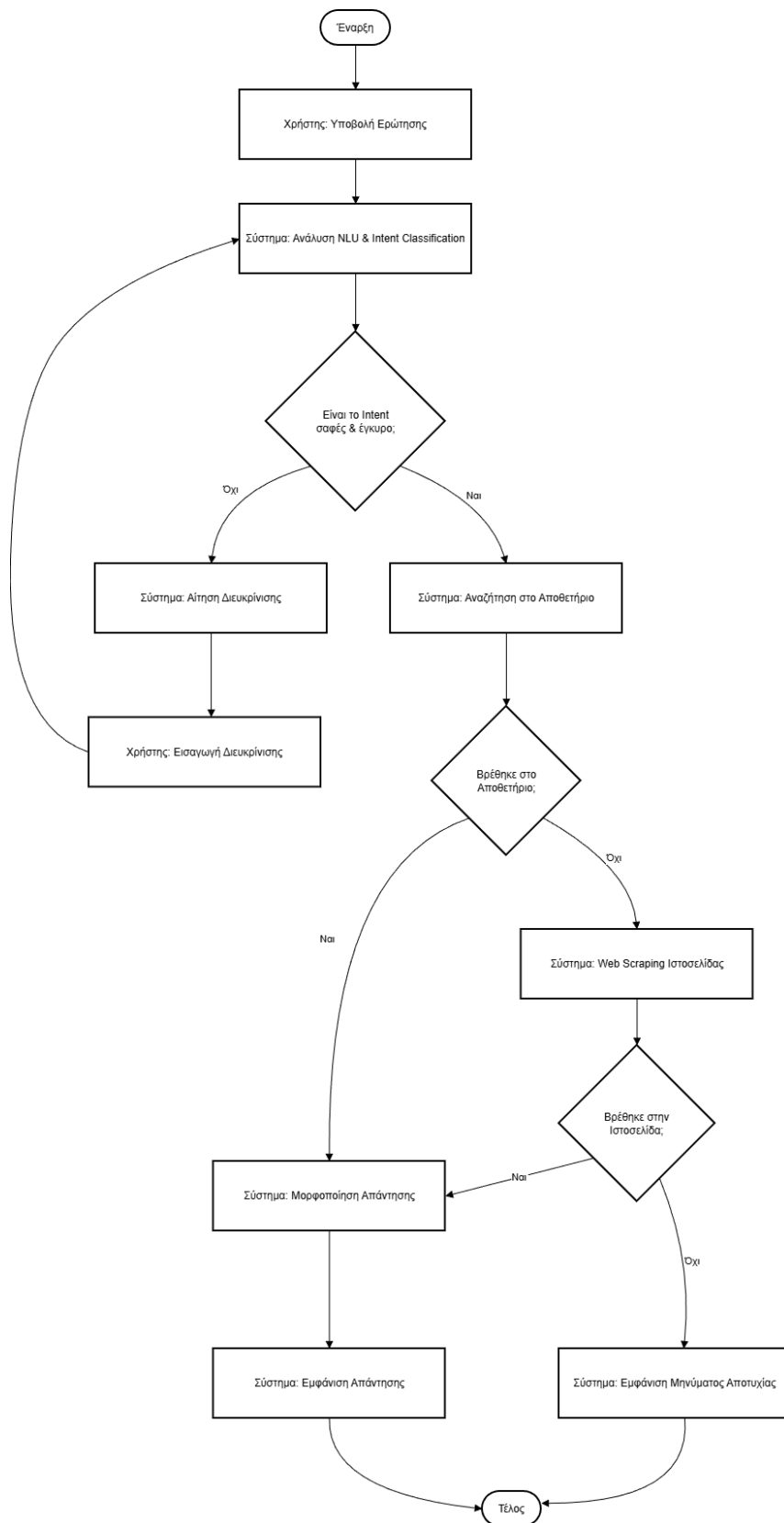
3.3.6 Διαγράμματα Δραστηριοτήτων (Activity Diagrams)

Τα Διαγράμματα Δραστηριοτήτων αποσκοπούν στη μοντελοποίηση της διαδικαστικής ροής (procedural flow) και του συντονισμού των επιμέρους συστατικών του συστήματος κατά την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης λειτουργίας, η οποία εκκινείται από τον χρήστη. Η ανάλυση επικεντρώνεται στη **διαδοχή των ενεργειών (actions)** και στις **συνθήκες απόφασης (decision nodes)** που καθορίζουν τη λογική πορεία του συστήματος και την τελική απόκριση προς τον χρήστη.

Μέσω αυτής της οπτικοποίησης, καθίσταται σαφής ο τρόπος με τον οποίο ο «Σχολικός Βοηθός» επεξεργάζεται τα δεδομένα εισόδου, πώς αλληλεπιδρά με τον Action Server και υπό ποιες προϋποθέσεις οδηγείται στην παραγωγή ενός αποτελέσματος (π.χ. εμφάνιση ανακοίνωσης ή δημιουργία PDF), διασφαλίζοντας τη λειτουργική ορθότητα της ροής εργασιών.

3.3.6.1 Περίπτωση Χρήσης: Αναζήτηση για Στοιχεία Επικοινωνίας (Διακριτός Ρόλος: Χρήστης)

Η συγκεκριμένη δραστηριότητα αναπαριστά τον τρόπο με τον οποίο το σύστημα επεξεργάζεται ερωτήματα διοικητικής φύσεως, ακολουθώντας μια ιεραρχική δομή αναζήτησης σε διαφορετικά επίπεδα πηγών δεδομένων.



Εικόνα 6. Περίπτωση Χρήσης: Αναζήτηση για Στοιχεία Επικοινωνίας

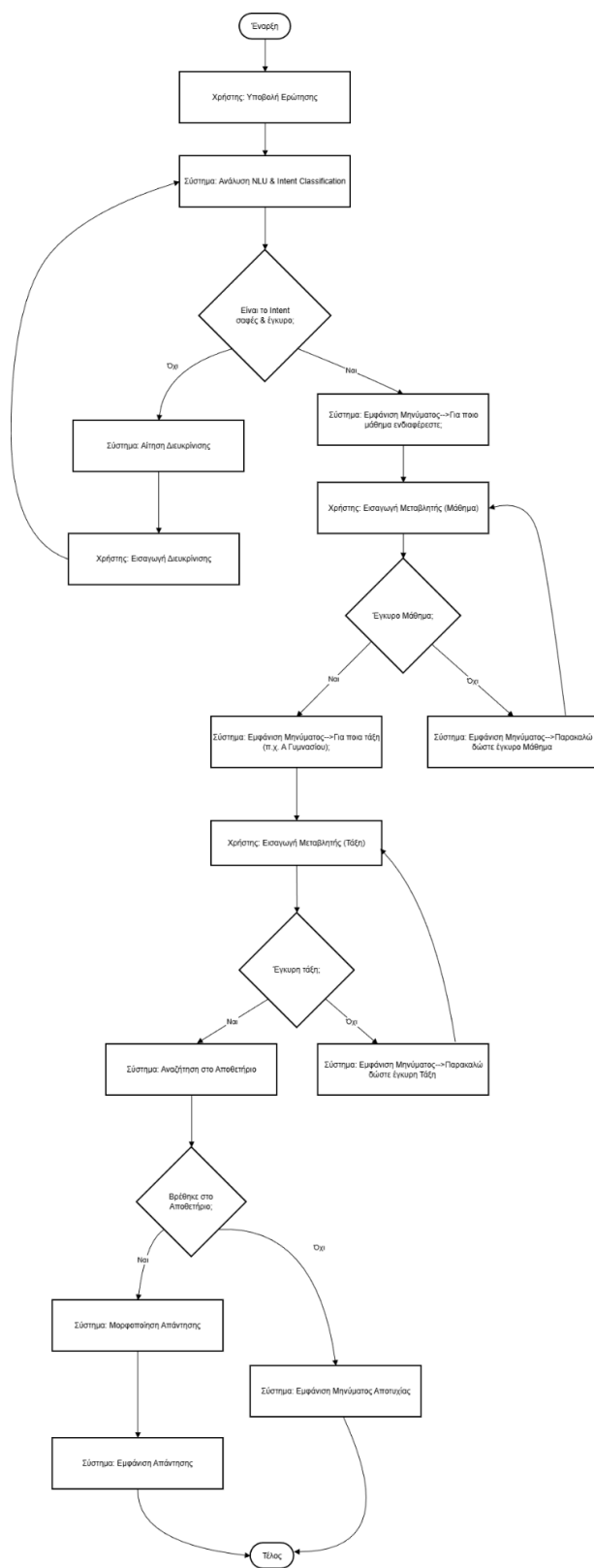
Διεξοδική Ανάλυση της Ροής Ελέγχου:

- **Σημασιολογική Ανάλυση και Intent Classification:** Η διαδικασία εκκινεί με την επιτέλεση αιτήματος σε φυσική γλώσσα από τον χρήστη. Το σύστημα ενεργοποιεί το επίπεδο **NLU (Natural Language Understanding)** για την ταξινόμηση της πρόθεσης (Intent Classification). Σε αυτό το στάδιο, η λογική πύλη απόφασης εξετάζει εάν το **σκορ εμπιστοσύνης (confidence score)** του ταξινομητή υπερβαίνει το προκαθορισμένο κατώφλι (confidence threshold). Εάν η πρόθεση κριθεί ασαφής, η ροή εκτρέπεται σε έναν επαναληπτικό βρόχο (loop) (αιτήματος διευκρίνισης και λήψης διευκρίνισης που οδηγεί στην αρχική δραστηριότητα του βρόχου που είναι η ταξινόμηση της πρόθεσης), αποτρέποντας τη μετάβαση σε εσφαλμένη κατάσταση επεξεργασίας.
- **Ιεραρχημένη Ανάκτηση Πληροφορίας από το Αποθετήριο:** Με την επικύρωση της πρόθεσης, το σύστημα εκτελεί μια πρωτογενή αναζήτηση στο **Τοπικό Αποθετήριο (Content Repository)**. Η επιλογή αυτή στοχεύει στη βελτιστοποίηση των υπολογιστικών πόρων και στην ελαχιστοποίηση του χρόνου απόκρισης (latency), καθώς η πληροφορία ανακτάται από δομημένες πηγές δεδομένων που φιλοξενούνται στην υποδομή του συστήματος.
- **Δυναμική Ανάκτηση μέσω Web Scraping:** Σε περίπτωση που η αναζήτηση στο αποθετήριο επιστρέψει μηδενικό αποτέλεσμα (null result), η ροή μεταβαίνει στην κατάσταση **Web Scraping**. Η λειτουργία αυτή συνιστά μια δυναμική ενέργεια (custom action), η οποία επιτρέπει τη διασύνδεση με την επίσημη ιστοσελίδα του σχολείου σε πραγματικό χρόνο. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία εξασφαλίζει τη διατήρηση της πληροφοριακής εγκυρότητας, ειδικά για δεδομένα που υπόκεινται σε συχνές μεταβολές, όπως το ωράριο λειτουργίας ή οι έκτακτες ανακοινώσεις.
- **Σύνθεση Απόκρισης και Τερματισμός:** Η ροή καταλήγει στη φάση της μορφοποίησης, όπου τα ανακτηθέντα δεδομένα μετασχηματίζονται σε δομημένη απάντηση φυσικής γλώσσας, η οποία περιλαμβάνει και τους σχετικούς υπερσυνδέσμους (links) προς τις πηγές. Εάν η πληροφορία δεν εντοπιστεί ούτε μέσω της δυναμικής ανάκτησης, το σύστημα μεταβαίνει σε κατάσταση εμφάνισης μηνύματος αποτυχίας, τερματίζοντας τη δραστηριότητα με ασφάλεια και διασφαλίζοντας τη διαφάνεια της αλληλεπίδρασης.

Συμπερασματική Θεώρηση: Η αρχιτεκτονική του συγκεκριμένου διαγράμματος δραστηριότητας αναδεικνύει μια μεθοδολογική προσέγγιση που προτεραιοποιεί την **ακρίβεια** και την **πληροφοριακή πληρότητα**. Η ενσωμάτωση μηχανισμών διευκρίνισης και εναλλακτικών πηγών ανάκτησης (fallback sources) καταδεικνύει τον σχεδιασμό ενός συστήματος με υψηλό βαθμό αξιοπιστίας, ικανού να διαχειρίζεται την πολυπλοκότητα των δεδομένων σε ένα δυναμικό εκπαιδευτικό περιβάλλον.

3.3.6.2 Περίπτωση Χρήσης: Αναζήτηση Υλικού Διαβάσματος (Διακριτός Ρόλος: Χρήστης)

Η παρούσα δραστηριότητα μοντελοποιεί τη ροή εργασιών που ενεργοποιείται όταν ένας χρήστης αιτείται πρόσβαση σε υλικό μελέτης για συγκεκριμένο διδακτικό αντικείμενο. Η διαδικασία βασίζεται στην ικανότητα του συστήματος να εκτελεί στοχευμένη εξαγωγή πληροφορίας και να παρέχει δυναμικές αποκρίσεις βάσει των αναγκών του χρήστη.



Διεξοδική Ανάλυση της Ροής Ελέγχου:

- **Εισαγωγή Αιτήματος και Σημασιολογική Επεξεργασία (NLU):** Η διεργασία εκκινεί με την υποβολή ενός ερωτήματος φυσικής γλώσσας από τον χρήστη (π.χ. «Θέλω υλικό για τη Φυσική»). Το σύστημα ενεργοποιεί άμεσα το επίπεδο **Natural Language Understanding (NLU)** για την ανάλυση της πρόθεσης (Intent Classification). Η πρώτη λογική πύλη απόφασης αξιολογεί τη σαφήνεια και την εγκυρότητα της πρόθεσης. Σε περίπτωση αβεβαιότητας, η ροή εκτρέπεται σε βρόχο (loop) αιτήματος διευκρίνισης (όπως και στο προηγούμενο διάγραμμα), διασφαλίζοντας τη σωστή κατεύθυνση της αναζήτησης.
- **Δυναμική Συλλογή Μεταβλητών (Entity Extraction):** Με την επικύρωση της πρόθεσης, το σύστημα προχωρά στην αναζήτηση και εξαγωγή των απαραίτητων οντοτήτων (Entities), όπως το «Μάθημα» και η «Τάξη». Εφόσον η πρόθεση του χρήστη είναι σαφής, τότε το σύστημα προχωρά σε σχετικές ερωτήσεις προς τον χρήστη για να αντλήσει την απαραίτητη πληροφορία. Όπως αποτυπώνεται στο διάγραμμα, το chatbot υποβάλλει ρητά στοχευμένες ερωτήσεις για τη συλλογή των στοιχείων που λείπουν. Η ροή παραμένει σε αυτή τη δραστηριότητα έως ότου οι μεταβλητές μνήμης (slots) συμπληρωθούν με έγκυρες τιμές. Μόνο μετά την πλήρη συγκέντρωση των απαιτούμενων δεδομένων επιτρέπεται η μετάβαση στην επόμενη φάση επεξεργασίας, διασφαλίζοντας ότι ο Action Server θα λάβει όλες τις απαραίτητες παραμέτρους για την εκτέλεση του αιτήματος.
- **Αναζήτηση στο Αποθετήριο και Λογική Ανάκτησης:** Μόλις οριστικοποιηθούν οι παράμετροι αναζήτησης, ο **Action Server** εκτελεί ένα αίτημα ανάκτησης στο **Αποθετήριο Εκπαιδευτικού Υλικού (Content Repository)**. Μια κρίσιμη πύλη απόφασης εξετάζει το αποτέλεσμα της αναζήτησης:
 - **Ύπαρξη Υλικού:** Εάν εντοπιστούν σύνδεσμοι που αντιστοιχούν στα κριτήρια, το σύστημα προχωρά στη μορφοποίηση της απάντησης.
 - **Μη Εύρεση Υλικού:** Εάν το αποθετήριο δεν περιέχει σχετικό υλικό για το συγκεκριμένο συνδυασμό τάξης-μαθήματος, η ροή οδηγείται στην εμφάνιση μηνύματος αποτυχίας, ενημερώνοντας τον χρήστη για τη μη διαθεσιμότητα των πόρων.
- **Μορφοποίηση και Παροχή Συνδέσμων:** Στην περίπτωση επιτυχούς ανάκτησης, τα δεδομένα (τίτλοι και URLs) μετασχηματίζονται σε δομημένη απάντηση φυσικής γλώσσας. Η απόκριση περιλαμβάνει ενεργούς υπερσυνδέσμους, επιτρέποντας στον χρήστη την άμεση μετάβαση στις εκπαιδευτικές πλατφόρμες. Η δραστηριότητα ολοκληρώνεται με την προβολή της απάντησης και την επιστροφή του συστήματος σε κατάσταση ηρεμίας.

Συμπερασματική Θεώρηση: Η ανάλυση του διαγράμματος για την αναζήτηση υλικού διαβάσματος αναδεικνύει τη σημασία της **διαλογικής καθοδήγησης** στη βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη. Η χρήση επαναληπτικών ελέγχων για τη συμπλήρωση των απαραίτητων μεταβλητών διασφαλίζει ότι η αναζήτηση στο αποθετήριο θα είναι πάντα στοχευμένη, μειώνοντας τον θόρυβο πληροφορίας και προσφέροντας στον μαθητή ένα αποτελεσματικό εργαλείο πρόσβασης στη γνώση.

3.3.6.3 Περίπτωση Χρήσης: Δημιουργία / Ανάρτηση Υλικού Διαγωνισμάτων (Διακριτοί Ρόλοι: Εγγεγραμμένος Χρήστης / Διαχειριστής)

Η παρούσα δραστηριότητα περιγράφει τη διαδικασία εισαγωγής νέου εκπαιδευτικού υλικού στο αποθετήριο. Η ροή ελέγχου ενσωματώνει μηχανισμούς ελέγχου εγκυρότητας και ταυτοποίησης, διασφαλίζοντας ότι η βάση δεδομένων εμπλουτίζεται με δομημένη και ορθή πληροφορία.



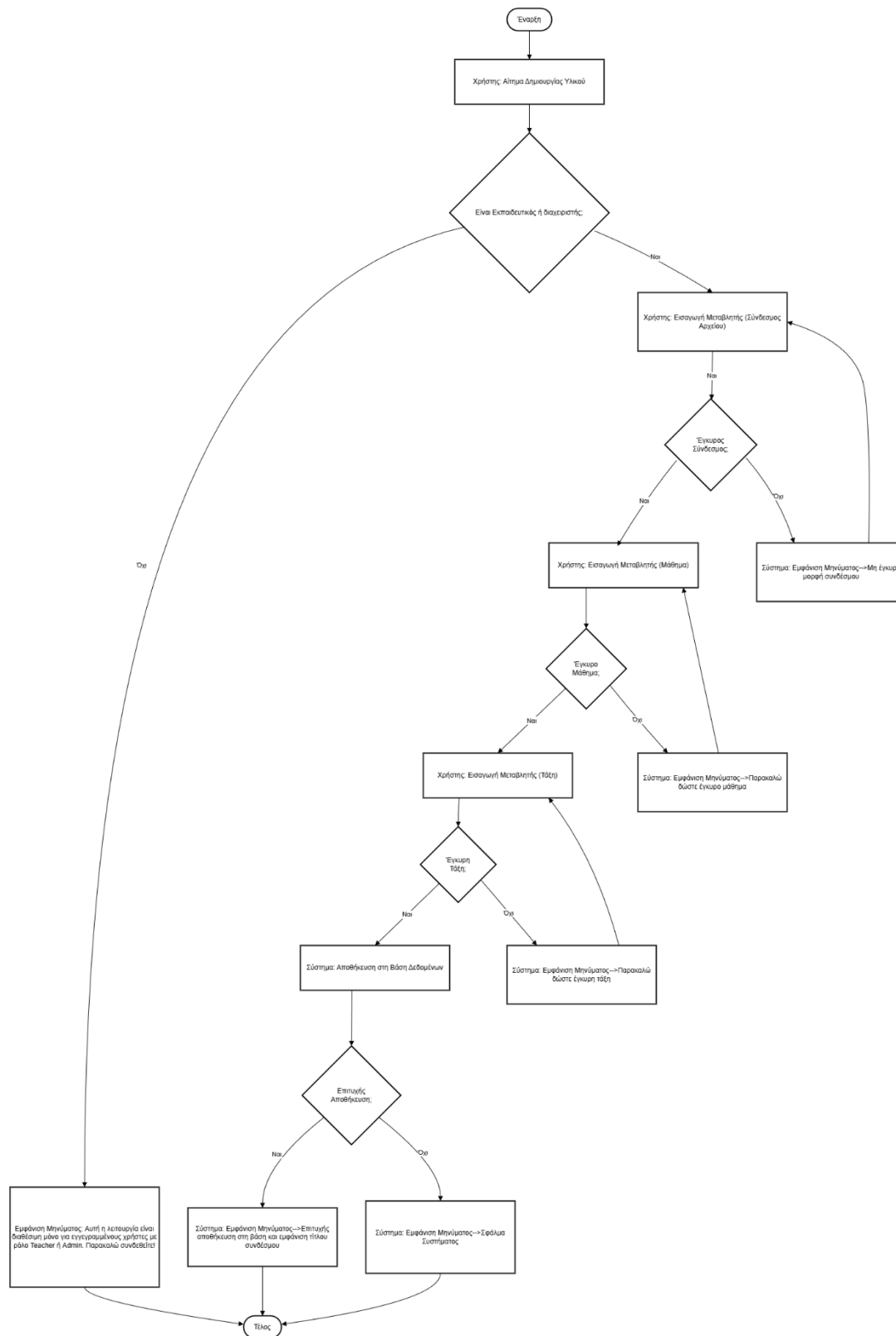
Διεξοδική Ανάλυση της Ροής Ελέγχου:

- **Ταυτοποίηση και Έλεγχος Δικαιωμάτων Πρόσβασης:** Η διαδικασία εκκινεί όταν ο χρήστης υποβάλει ένα **αίτημα διαχείρισης ή πρόσβασης** σε περιορισμένες λειτουργίες του συστήματος. Με τη λήψη του αιτήματος, το σύστημα εκτελεί έναν έλεγχο ταυτοποίησης προκειμένου να επιβεβαιώσει ότι ο δρώντας διαθέτει τον κατάλληλο **Διακριτό Ρόλο Χρήστη** με τα απαραίτητα προνόμια (π.χ. Εκπαιδευτικός ή Διαχειριστής). Όπως αποτυπώνεται στη ροή του διαγράμματος, εάν η ταυτοποίηση αποτύχει ή ο ρόλος δεν διαθέτει τα απαιτούμενα δικαιώματα, η διαδικασία εκτρέπεται προς τον τερματισμό της, με την προβολή σχετικού μηνύματος σφάλματος. Ο μηχανισμός αυτός λειτουργεί ως δικλίδα ασφαλείας, διασφαλίζοντας ότι η πρόσβαση στο αποθετήριο και στις ρυθμίσεις του συστήματος επιτρέπεται μόνο σε εξουσιοδοτημένους χρήστες.
- **Καθορισμός Μεταδεδομένων και Εισαγωγή Περιεχομένου:** Με την επιτυχή είσοδο, ο χρήστης καλείται να ορίσει τα δομικά στοιχεία της ερώτησης. Η ροή περιλαμβάνει τη συμπλήρωση πεδίων όπως το "Μάθημα", η "Τάξη" και το "Επίπεδο Δυσκολίας". Η οργάνωση αυτή είναι σύμφωνη με τη σχεδίαση του **Διαγράμματος Κλάσεων**, όπου κάθε αντικείμενο τύπου «Ερώτηση» πρέπει να φέρει τα απαραίτητα γνωρίσματα για τη μεταγενέστερη φιλτραρισμένη ανάκτησή του.
- **Λογική Επικύρωσης Δεδομένων (Data Validation):** Πριν από την οριστική αποθήκευση ή επεξεργασία, το σύστημα εκτελεί έναν έλεγχο πληρότητας και ορθότητας. Η λογική πύλη απόφασης εξετάζει εάν έχουν συμπληρωθεί όλα τα υποχρεωτικά πεδία και εάν η μορφή των δεδομένων είναι συμβατή με τις τεχνικές προδιαγραφές (π.χ. ύπαρξη τουλάχιστον μίας ορθής απάντησης για ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής). Όπως αποτυπώνεται στο διάγραμμα, σε περίπτωση εντοπισμού παραλείψεων ή λανθασμένων δεδομένων, η συγκεκριμένη ροή **οδηγείται σε τερματισμό**, με την ταυτόχρονη προβολή ενός ενημερωτικού μηνύματος σφάλματος προς τον χρήστη. Το μήνυμα αυτό υποδεικνύει τις συγκεκριμένες ασυμβατότητες, επιτρέποντας στον χρήστη να προβεί στις απαραίτητες διορθώσεις στο αρχείο του και να εκκινήσει εκ νέου τη διαδικασία μεταφόρτωσης. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται ότι μόνο έγκυρα και πλήρη δεδομένα εισάγονται στην τοπική βάση, προστατεύοντας τη συνοχή του αποθετηρίου.
- **Οριστικοποίηση και Ενημέρωση Αποθετηρίου:** Μόλις το περιεχόμενο επικυρωθεί, ο **Action Server** αναλαμβάνει την εκτέλεση της εγγραφής στο **Αποθετήριο Εκπαιδευτικού Υλικού (Content Repository)**. Η δραστηριότητα ολοκληρώνεται με την εμφάνιση επιβεβαιωτικού μηνύματος επιτυχούς ανάρτησης και την επιστροφή του συστήματος σε κατάσταση αναμονής (για νέα αιτήματα).

Συμπερασματική Θεώρηση: Η μοντελοποίηση της συγκεκριμένης δραστηριότητας αναδεικνύει μια αυστηρά καθορισμένη διαδικασία που εγγυάται την **ποιότητα** και τη **συνοχή** του εκπαιδευτικού περιεχομένου. Η ενσωμάτωση προληπτικών ελέγχων (validation nodes) πριν από τη δέσμευση των δεδομένων στο αποθετήριο αποτελεί κρίσιμο στοιχείο για τη διατήρηση της αξιοπιστίας του συστήματος, διασφαλίζοντας ότι ο διαλογικός πράκτορας θα διαθέτει πάντα έγκυρο υλικό προς επεξεργασία.

3.3.6.4 Περίπτωση Χρήσης: Δημιουργία Υλικού Διαβάσματος (Διακριτοί Ρόλοι: Εγγεγραμμένος Χρήστης / Διαχειριστής)

Η δραστηριότητα αυτή περιγράφει τη ροή εργασιών για την εισαγωγή ψηφιακών συνδέσμων (URLs) που οδηγούν σε επίσημες εκπαιδευτικές πλατφόρμες (οι οποίες παρέχουν υλικό μελέτης για μαθητές). Η μοντελοποίηση της διεργασίας αναδεικνύει τους μηχανισμούς επικύρωσης και τη λογική διακλάδωσης που εξασφαλίζουν ότι ο μαθητής θα έχει πρόσβαση μόνο σε έγκυρο και ορθά ταξινομημένο υλικό.



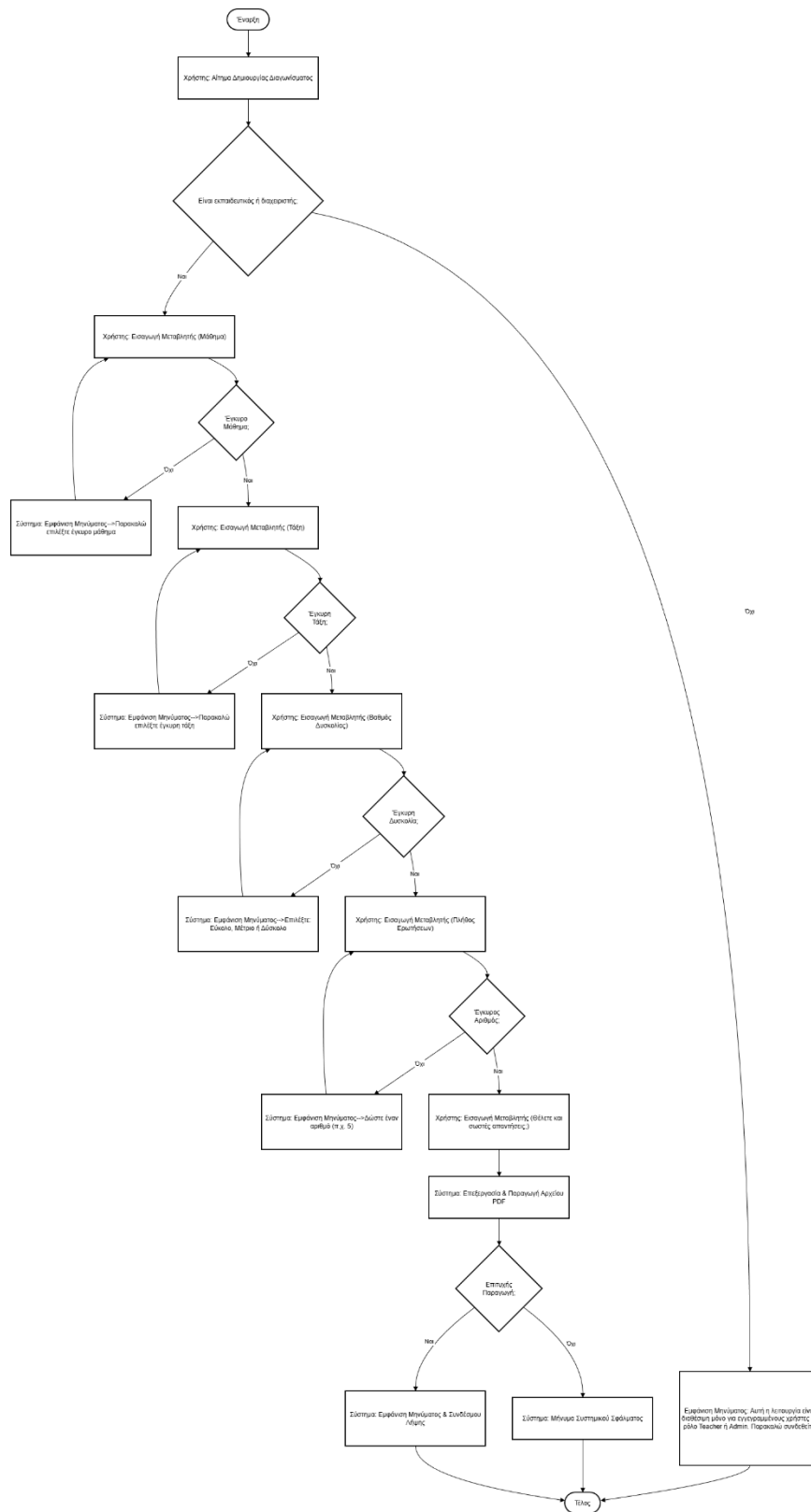
Εικόνα 9. Περίπτωση Χρήσης: Δημιουργία Υλικού Διαβάσματος

Διεξοδική Ανάλυση της Ροής Ελέγχου:

- **Περιορισμός Πρόσβασης και Αυθεντικοποίηση:** Η διεργασία εκκινεί με το αίτημα του χρήστη για δημιουργία υλικού. Το σύστημα εκτελεί μια προκαταρκτική αξιολόγηση του ρόλου του χρήστη μέσω μιας πύλης απόφασης. Εάν ο χρήστης δεν διαθέτει τα απαραίτητα προνόμια (ρόλος "Teacher" ή "Admin"), η ροή εκτρέπεται αυτόματα σε κατάσταση τερματισμού με την προβολή ενημερωτικού μηνύματος περί μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης. Αυτή η δικλείδα ασφαλείας είναι κρίσιμη για τη διατήρηση της ποιότητας του περιεχομένου.
- **Εισαγωγή και Επαλήθευση Συνδέσμου (URL Validation):** Με την έγκριση της πρόσβασης, ο χρήστης καλείται να εισαγάγει τον ψηφιακό σύνδεσμο του υλικού. Το σύστημα ενσωματώνει μια λογική πύλη ελέγχου για την εγκυρότητα του συνδέσμου. Σε περίπτωση που η μορφή του URL κριθεί εσφαλμένη, η ροή επιστρέφει σε κατάσταση αναμονής εισαγωγής, αποτρέποντας την αποθήκευση "νεκρών" ή κακοσχηματισμένων συνδέσμων που θα υποβάθμιζαν τη χρηστικότητα του chatbot.
- **Σημασιολογική Κατηγοριοποίηση (Metadata Assignment):** Μετά την επικύρωση του συνδέσμου, το σύστημα απαιτεί τον προσδιορισμό των μεταβλητών "Μάθημα" και "Τάξη". Η ροή περιλαμβάνει διαδοχικούς ελέγχους για την πληρότητα αυτών των δεδομένων. Εάν κάποια μεταβλητή παραλειφθεί, το σύστημα ζητά την εκ νέου εισαγωγή της. Η διαδικασία αυτή διασφαλίζει ότι το υλικό θα είναι ανακτήσιμο μέσω του **Entity Extraction**, επιτρέποντας στο chatbot να απαντά με ακρίβεια σε ερωτήματα μαθητών για συγκεκριμένα μαθήματα.
- **Δέσμευση Δεδομένων και Ολοκλήρωση:** Η τελική φάση της δραστηριότητας αφορά την καταχώρηση της πληροφορίας στη βάση δεδομένων. Ο Action Server εκτελεί τη λειτουργία της εγγραφής, συσχετίζοντας τον τίτλο του υλικού, τον σύνδεσμο και τα μεταδεδομένα κατηγοριοποίησης. Όπως αποτυπώνεται στο διάγραμμα, η διαδικασία αυτή οδηγεί σε δύο πιθανές καταλήξεις μέσω μιας πύλης ελέγχου:
 - **Επιτυχής Εγγραφή:** Η δραστηριότητα ολοκληρώνεται με την επιβεβαίωση της αποθήκευσης και την εμφάνιση του τίτλου του νέου συνδέσμου στο περιβάλλον εργασίας, παρέχοντας άμεση θετική ανατροφοδότηση στον χρήστη.
 - **Αποτυχία Αποθήκευσης:** Σε περίπτωση τεχνικού σφάλματος κατά την εγγραφή, το σύστημα αναγνωρίζει την αποτυχία και ενημερώνει τον χρήστη με σχετικό μήνυμα σφάλματος. Η πρόβλεψη αυτή στο διάγραμμα διασφαλίζει ότι ο χρήστης δεν παραμένει σε κατάσταση αβεβαιότητας, αλλά γνωρίζει ότι η διαδικασία πρέπει να επαναληφθεί ή να ελεγχθεί η σύνδεση.
- **Συμπερασματική Θεώρηση:** Η ανάλυση του συγκεκριμένου διαγράμματος δραστηριότητας καταδεικνύει μια δομημένη προσέγγιση στη διαχείριση των ψηφιακών πόρων. Η έμφαση στην **ακεραιότητα των δεδομένων** (μέσω των ελέγχων URL) και στην **ορθή ταξινόμηση** (μέσω των υποχρεωτικών μεταβλητών) αναδεικνύει έναν σχεδιασμό που προτεραιοποιεί τη λειτουργική σταθερότητα και την ευκολία ανάκτησης της πληροφορίας σε μεταγενέστερο χρόνο.

3.3.6.5 Περίπτωση Χρήσης: Δημιουργία Διαγωνίσματος (Διακριτοί Ρόλοι: Εγγεγραμμένος Χρήστης / Διαχειριστής)

Η συγκεκριμένη δραστηριότητα μοντελοποιεί τη διαδικασία αυτόματης παραγωγής διαγωνισμάτων (Automated Exam Generation). Η ροή ελέγχου χαρακτηρίζεται από πολλαπλά επίπεδα παραμετροποίησης και δυναμικής λήψης αποφάσεων, διασφαλίζοντας ότι το τελικό προϊόν ανταποκρίνεται με ακρίβεια στις παιδαγωγικές προδιαγραφές που θέτει ο εκπαιδευτικός.



Εικόνα 10. Περίπτωση Χρήσης: Δημιουργία Διαγωνίσματος

Διεξοδική Ανάλυση της Ροής Ελέγχου:

- **Έλεγχος Εξουσιοδότησης και Αρχικοποίηση:** Η διεργασία εκκινεί με το αίτημα του χρήστη για τη δημιουργία νέου διαγωνίσματος. Το σύστημα εκτελεί έναν κρίσιμο έλεγχο ταυτοποίησης ρόλου (Authorization Check). Εάν ο χρήστης δεν φέρει την ιδιότητα του **Εκπαιδευτικού** ή του **Διαχειριστή**, η ροή εκτρέπεται αυτόματα σε κατάσταση τερματισμού με την προβολή ενημερωτικού μηνύματος. Η αυστηρότητα αυτής της πύλης απόφασης είναι απαραίτητη, καθώς η παραγωγή διαγωνισμάτων αποτελεί προνομιακή λειτουργία που επηρεάζει την εξεταστική διαδικασία.
- **Δυναμική Συλλογή Παραμέτρων (Slot Filling):** Με την έγκριση της πρόσβασης, το σύστημα εισέρχεται σε μια φάση διαλογικής συλλογής δεδομένων. Ο χρήστης καλείται να ορίσει διαδοχικά το "Μάθημα" και την "Τάξη". Κάθε εισαγωγή αξιολογείται από το επίπεδο **NLU** για την εξαγωγή των αντίστοιχων οντοτήτων. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, εάν η είσοδος κριθεί μη έγκυρη ή κενή, ενεργοποιείται ένας βρόχος (loop) επανυποβολής ερωτήματος, διασφαλίζοντας την πληρότητα των μεταβλητών πριν τη μετάβαση στο επόμενο στάδιο.
- **Παραμετροποίηση Αξιολόγησης (Δυσκολία και Πλήθος):** Ακολουθεί η επιλογή του επιπέδου δυσκολίας (Εύκολο, Μέτριο, Δύσκολο) και ο καθορισμός του επιθυμητού αριθμού ερωτήσεων. Το σύστημα ενσωματώνει λογικές πύλες επικύρωσης για την ορθότητα των τιμών (π.χ. έλεγχος αν ο αριθμός είναι θετικός ακέραιος) και ενεργοποιεί βρόχους επαναυποβολής τους σε περίπτωση που είναι άκυρες. Αυτό το στάδιο είναι καθοριστικό για την προσαρμογή του διαγωνίσματος στις ειδικές ανάγκες της τάξης.
- **Επεξεργασία, Μορφοποίηση και Τερματισμός:** Η ροή καταλήγει στην κατάσταση "Επεξεργασία & Παραγωγή Αρχείου PDF". Το σύστημα περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση με το Αποθετήριο Εκπαιδευτικού Υλικού για την άντληση του κατάλληλου υλικού και το φιλτράρισμα των ερωτήσεων βάσει των κριτηρίων που συλλέχθηκαν. Έπειτα, μετασχηματίζει τα ανακτηθέντα δεδομένα σε δομημένο έγγραφο, περιλαμβάνοντας τις ερωτήσεις και, αναλόγως της επιλογής, τις ενδεικτικές απαντήσεις. Η δραστηριότητα αυτή αποτελεί την κορύφωση της λειτουργικής ροής, όπου τα δεδομένα μετασχηματίζονται σε ένα απτό παραδοτέο, έτοιμο προς χρήση από τον εκπαιδευτικό. Μια τελική πύλη απόφασης αξιολογεί την επιτυχία της παραγωγής, διασφαλίζοντας ότι η μετάβαση από το αίτημα στο αποτέλεσμα πραγματοποιείται με τρόπο αυτοματοποιημένο και διαφανή. Ειδικότερα, σε περίπτωση επιτυχίας, παρέχεται ο σύνδεσμος λήψης, ενώ σε περίπτωση συστημικού σφάλματος, προβάλλεται αντίστοιχο μήνυμα, οδηγώντας τη δραστηριότητα σε ασφαλή τερματισμό.

Συμπερασματική Θεώρηση: Η ανάλυση του συγκεκριμένου διαγράμματος δραστηριότητας αποδεικνύει την ικανότητα του συστήματος να διαχειρίζεται **πολυεπίπεδες εξαρτήσεις** και να αυτοματοποιεί σύνθετες παιδαγωγικές ροές. Η ενσωμάτωση διαδοχικών μηχανισμών επικύρωσης και η δυναμική επικοινωνία μεταξύ των υποσυστημάτων αναδεικνύουν έναν σχεδιασμό που συνδυάζει την ευελιξία της φυσικής γλώσσας με την αυστηρότητα της προγραμματιστικής λογικής, προσφέροντας ένα αξιόπιστο εργαλείο στην υπηρεσία του εκπαιδευτικού.

3.3.7 Συμπερασματικά

Η αρθρωτή (modular) αρχιτεκτονική που υιοθετήθηκε δεν εξυπηρετεί μόνο τεχνικούς σκοπούς, αλλά αποτελεί τη βάση για ένα βιώσιμο εκπαιδευτικό εργαλείο. Διαχωρίζοντας τη "νοημοσύνη" (Rasa) από την "εκτέλεση" (Actions), καταφέραμε να δημιουργήσουμε ένα σύστημα που είναι ταυτόχρονα ευέλικτο στον διάλογο και ακριβές στην παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού.

3.4 Υλοποίηση του Συστήματος

Η διαδικασία υλοποίησης του προτεινόμενου συστήματος αποτελεί τη μετάβαση από το επίπεδο του εννοιολογικού σχεδιασμού στην κατασκευή ενός λειτουργικού πληροφοριακού συστήματος. Η αρχιτεκτονική προσέγγιση που υιοθετήθηκε εστιάζει στη διαλειτουργικότητα των επιμέρους υποσυστημάτων και στην ικανότητα του συστήματος να διαχειρίζεται με ακρίβεια την ελληνική γλώσσα, ικανοποιώντας τους στόχους της αυτοματοποιημένης εκπαιδευτικής υποστήριξης.

Το σύνολο του πηγαίου κώδικα, οι ρυθμίσεις των επιμέρους υπηρεσιών και οι οδηγίες εγκατάστασης της εφαρμογής είναι διαθέσιμα στο δημόσιο αποθετήριο του συστήματος στη διεύθυνση:

GitHub Repository: <https://github.com/ignatis5377/rasa-school-chatbot-v2>

Η υλοποίηση βασίστηκε στις αρχές του ανοιχτού λογισμικού, επιτρέποντας την εύκολη αναπαραγωγή, συντήρηση και μελλοντική επέκταση του συστήματος από την εκπαιδευτική κοινότητα. Στις επόμενες υποενότητες αναλύονται οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν και οι προκλήσεις που αντιμετωπίστηκαν κατά τη φάση της ανάπτυξης.

3.4.1 Γλώσσες Προγραμματισμού και Τεχνολογικό Υπόβαθρο

3.4.1.1 Η Γλώσσα Python ως Πυλώνας Ανάπτυξης

Για την ανάπτυξη του «Σχολικού Βοηθού», η γλώσσα προγραμματισμού **Python (έκδοση 3.10)** επιλέχθηκε ως ο κεντρικός άξονας υλοποίησης. Η απόφαση αυτή βασίστηκε στην ευρεία αποδοχή της Python στην ακαδημαϊκή και ερευνητική κοινότητα, καθώς και στην πληθώρα εξειδικευμένων βιβλιοθηκών που προσφέρει για την Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing - NLP).

Σε αντίθεση με άλλες γλώσσες προγραμματισμού, η Python επιτρέπει την ταχεία πρωτοτυποποίηση (rapid prototyping) και την εύκολη ενσωμάτωση ετερογενών υποσυστημάτων. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, η συνεισφορά της Python επικεντρώθηκε στους εξής τομείς:

- **Ανάπτυξη Επιχειρηματικής Λογικής (Backend Logic):** Μέσω της Python υλοποιήθηκε ο Action Server του συστήματος, ο οποίος αποτελεί την «εκτελεστική εξουσία» του chatbot. Σε αυτό το επίπεδο αναπτύχθηκαν οι αλγόριθμοι που επιτρέπουν στο σύστημα να υπερβαίνει την απλή ανταλλαγή μηνυμάτων και να πραγματοποιεί ενέργειες, όπως η επικοινωνία με το WordPress API του σχολείου (στο πλαίσιο άντλησης σχετικής πληροφορίας).

- **Δυναμική Διαχείριση και Ανάλυση Εγγράφων:** Ένας από τους πρωταρχικούς στόχους της εργασίας, η αυτοματοποίηση της δημιουργίας διαγωνισμάτων, βασίστηκε στη δυνατότητα της Python να αλληλεπιδρά με αρχεία κειμένου. Αναπτύχθηκαν scripts για την ανάλυση (parsing) εγγράφων μορφής .docx, επιτρέποντας την εξαγωγή ερωτήσεων και την ταξινόμησή τους στο Αποθετήριο Περιεχομένου (Content Repository).
- **Παραγωγή Ψηφιακών Παραδοτέων:** Η τελική σύνθεση των φύλλων εξέτασης σε μορφή PDF πραγματοποιήθηκε μέσω προγραμματιστικών διεπαφών που επιτρέπουν τον ακριβή έλεγχο της μορφοποίησης, διασφαλίζοντας ότι το εκπαιδευτικό υλικό που παραδίδεται στον εκπαιδευτικό πληροί τις απαραίτητες αισθητικές και δομικές προδιαγραφές.

Για τη διασφάλιση της σταθερότητας του συστήματος, χρησιμοποιήθηκαν **Εικονικά Περιβάλλοντα (Virtual Environments - venv)**. Αυτή η πρακτική απομονώνει τις εξαρτήσεις (dependencies) του έργου λογισμικού, αποφεύγοντας συγκρούσεις μεταξύ βιβλιοθηκών διαφορετικών εκδόσεων.

3.4.2 Το Πλαίσιο Ανάπτυξης Διαλογικών Συστημάτων Rasa Open Source

Για την υλοποίηση του ευφυούς διαλογικού πράκτορα, επιλέχθηκε το πλαίσιο εργασίας **Rasa Open Source (έκδοση 3.6.21)**. Η επιλογή αυτή, όπως αναλύθηκε διεξοδικά στην **ενότητα 2.2.4**, βασίστηκε στην ανάγκη για απόλυτο έλεγχο της αρχιτεκτονικής του συστήματος και των δεδομένων που αυτό διαχειρίζεται.

Σε αντίθεση με κλειστά οικοσυστήματα (όπως το Dialogflow ή το Microsoft LUIS), ο έλεγχος αυτός μεταφράζεται στην ελευθερία **παραμετροποίησης των pipeline επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (NLU)**, στη δυνατότητα **προσαρμογής των πολιτικών διαλόγου (Dialogue Policies)** και στην πλήρη πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα της λογικής του συστήματος. Επιπλέον, η δυνατότητα τοπικής φιλοξενίας (on-premise deployment) διασφαλίζει ότι καμία πληροφορία δεν εξέρχεται από το ελεγχόμενο περιβάλλον του οργανισμού, εγγυώμενη την ιδιωτικότητα των δεδομένων της σχολικής κοινότητας και τη συμμόρφωση με τα πρότυπα προστασίας δεδομένων.

3.4.2.1 Αρχιτεκτονική και Μηχανική Μάθηση (Machine Learning Pipeline)

Η "καρδιά" του Rasa βασίζεται σε έναν παραμετροποιήσιμο αγωγό (pipeline) επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, ο οποίος λειτουργεί εντός του **Rasa Server (Chatbot Backend)**. Ο αγωγός αυτός εκτελείται γραμμικά και μετασχηματίζει το ακατέργαστο κείμενο του χρήστη σε δομημένη πληροφορία (Intents & Entities).

Στο πλαίσιο της υλοποίησης, χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα αρχιτεκτονικά συστατικά εντός του αγωγού:

Text Normalization: Η επεξεργασία του αγωγού NLU εκκινεί με έναν προηγμένο μηχανισμό κανονικοποίησης που προετοιμάζει την είσοδο του χρήστη πριν την τελική ταξινόμηση. Η υλοποίηση αυτή εκτελεί αυτόματη μετατροπή όλων των χαρακτήρων σε πεζά (casefolding) και εφαρμόζει τεχνικές Unicode Normalization⁴⁹ για την πλήρη αφαίρεση των τόνων, εξασφαλίζοντας ότι λέξεις όπως

⁴⁹ Unicode Standard Annex #15 - Unicode Normalization Forms: <https://unicode.org/reports/tr15/>

"ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ" και "μαθηματικά" ταυτίζονται σημασιολογικά. Παράλληλα, ο καθαρισμός των σημείων στίξης και των συμβόλων επιτρέπει στον DIETClassifier να εστιάζει αποκλειστικά στον σημασιολογικό πυρήνα του μηνύματος, καθιστώντας το σύστημα εξαιρετικά ανθεκτικό στην "ελεύθερη γραφή" των μαθητών και σε περιπτώσεις βιαστικής πληκτρολόγησης χωρίς τονισμό, ενισχύοντας έτσι τη συνολική στιβαρότητα της διαλογικής διεπαφής.

Tokenization & Featurization: Για την προετοιμασία των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε ο **WhitespaceTokenizer** και ο **CountVectorsFeaturizer**⁵⁰. Τα συστατικά αυτά είναι ανεξάρτητα γλώσσας (language-agnostic), ωστόσο παραμετροποιήθηκαν κατάλληλα ώστε να λαμβάνουν υπόψη τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των Ελληνικών (π.χ. μέσω n-grams), επιτρέποντας στο μοντέλο να αναγνωρίζει ρίζες λέξεων παρά τις κλίσεις [30].

DIETClassifier (Dual Intent and Entity Transformer): Αποτελεί το κεντρικό συστατικό για την ταυτόχρονη αναγνώριση προθέσεων και εξαγωγή οντοτήτων. Για την εκπαίδευσή του, ορίστηκε ένα σύνολο από **15 διακριτά intents** (όπως ask_exam, get_announcements) και οι αντίστοιχες οντότητες. Η παραμετροποίηση του Transformer-based μοντέλου επέτρεψε υψηλή ακρίβεια ακόμη και σε σύνθετη ελληνική σύνταξη.

FallbackClassifier: Συμπληρωματικά στον DIET, χρησιμοποιήθηκε ένας εξειδικευμένος Fallback Classifier. Όπως αναφέρθηκε στην Ενότητα 2.2.4, αυτό το συστατικό ενεργοποιεί το **Two-stage Fallback** όταν η εμπιστοσύνη (confidence score) του DIET πέσει κάτω από το 0.6 (60%), τιμή που αποτελεί το κανόνα για ισορροπημένα συστήματα Rasa και διασφαλίζει ότι το bot δεν θα δώσει τυχαίες/λανθασμένες απαντήσεις.

ResponseSelector⁵¹: Το συστατικό αυτό ανήκει επίσης στον **Rasa Server** και χρησιμοποιήθηκε για τη διαχείριση συχνών ερωταπαντήσεων (FAQs). Εκπαιδεύτηκε σε ένα ξεχωριστό σύνολο δεδομένων (nlu/faq.yml) που περιλαμβάνει τυποποιημένες διοικητικές πληροφορίες. Διαχωρίζεται από τον **Action Server**, καθώς ο ResponseSelector παρέχει "στατικές" απαντήσεις κειμένου, ενώ ο Action Server αναλαμβάνει τις δυναμικές λειτουργίες (π.χ. αναζήτηση στο WordPress ή παραγωγή PDF).

3.4.2.2 Επέκταση Λειτουργικότητας μέσω του Rasa SDK

Η ικανότητα του συστήματος να αλληλεπιδρά με το εξωτερικό περιβάλλον και να επιτυγχάνει τον στόχο της αυτοματοποίησης βασίστηκε στο **Rasa SDK (έκδοση 3.6.2)**. Μέσω αυτού, υλοποιήθηκε ο **Action Server**, ο οποίος λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ της διαλογικής διεπαφής και των υπολογιστικών πόρων.

Τεχνικά, ο Action Server εκθέτει ένα **minimal RESTful API**, το οποίο ο Rasa Server καλεί μέσω HTTP αιτημάτων (POST requests) κάθε φορά που απαιτείται η εκτέλεση μιας προσαρμοσμένης ενέργειας (Custom Action). Η επικοινωνία βασίζεται στην ανταλλαγή αρχείων JSON που περιέχουν την κατάσταση του διαλόγου (tracker state). Οι κύριες λειτουργίες του περιλαμβάνουν:

⁵⁰ Rasa Components - Tokenizers & Featurizers: <https://rasa.com/docs/rasa/components#tokenizers>

⁵¹ Rasa Components - Selectors for FAQ: <https://rasa.com/docs/rasa/components#selectors>

- **Διασύνδεση με WordPress API:** Επιτρέπει την ανάκτηση δυναμικού περιεχομένου και ανακοινώσεων σε πραγματικό χρόνο. Η υλοποίηση βασίστηκε στην κλάση `ActionGetWPAnnouncements`, η οποία χρησιμοποιεί τη βιβλιοθήκη `requests` της Python για την κατανάλωση των REST endpoints του σχολικού ιστοτόπου.
- **Πρόσβαση στο Content Repository:** Για την αποθήκευση και διαχείριση του εκπαιδευτικού υλικού, το αποθετήριο περιεχομένου βασίστηκε σε επίπεδη δομή αρχείων (flat-file) κάνοντας χρήση του προτύπου JSON⁵³. Κατά την εκτέλεση, ο Action Server φορτώνει δομημένα αντικείμενα από το αρχείο `questions_db.json`, προσπελάζοντας τα δεδομένα (όπως ερωτήσεις και μαθήματα) χωρίς την ανάγκη εκτέλεσης πολύπλοκων ερωτημάτων.

Η συγκεκριμένη προσέγγιση επιλέχθηκε διότι προσφέρει ταχύτατη υλοποίηση (rapid prototyping), μεγάλη ευελιξία στις αλλαγές της δομής των δεδομένων και ελαχιστοποιεί τις απαιτήσεις συστήματος, αφού δεν απαιτεί εγκατάσταση ή συντήρηση συστήματος διαχείρισης σχεσιακών βάσεων (RDBMS) [31].

3.4.3 Βιβλιοθήκες Επεξεργασίας Δεδομένων και Διεπαφής Χρήστη

Πέρα από τα κεντρικά πλαίσια ανάπτυξης, η υλοποίηση των εξειδικευμένων λειτουργιών του συστήματος βασίστηκε σε ένα σύνολο βιβλιοθηκών της Python, οι οποίες επιλέχθηκαν για τη σταθερότητά τους και την εκτενή υποστήριξη σε ακαδημαϊκές και επαγγελματικές εφαρμογές. Στον Πίνακα 2 μπορείτε να δείτε συνοπτικά τις τεχνικές προδιαγραφές των βιβλιοθηκών που χρησιμοποιήθηκαν.

3.4.3.1 Δυναμική Παραγωγή Εγγράφων μέσω ReportLab

Η βιβλιοθήκη **ReportLab** αποτέλεσε το βασικό εργαλείο για τη μετατροπή των ψηφιακών δεδομένων σε εκτυπώσιμη μορφή PDF. Η χρήση της εξασφαλίζει την επαγγελματική παρουσίαση του εκπαιδευτικού υλικού, προσφέροντας τις εξής δυνατότητες:

- **Λειτουργικότητα:** Επιτρέπει τον ακριβή προσδιορισμό της **διάταξης των σελίδων (page layout)** του διαγωνίσματος, συμπεριλαμβανομένων των περιθωρίων, της στοίχισης του κειμένου και της ενσωμάτωσης TrueType γραμματοσειρών για την πλήρη υποστήριξη των ελληνικών χαρακτήρων.
- **Ενσωμάτωση Πολυμεσικού Υλικού:** Το εργαλείο επιτρέπει την τοποθέτηση εικόνων και σχημάτων εντός των ερωτήσεων. Διευκρινίζεται ότι τα στοιχεία αυτά **δεν παράγονται αυτόματα** από το σύστημα, αλλά πρέπει να προϋπάρχουν στην προδιαγραφή των ερωτήσεων, όπως αυτές ορίστηκαν κατά την εισαγωγή του υλικού.

Όσον αφορά την τεχνική υλοποίηση της αποθήκευσης (πολυμεσικού περιεχομένου), στο αποθετήριο μορφής JSON το σύστημα αποθηκεύει μόνο τη διαδρομή του εκάστοτε αρχείου (file path) ως ένα απλό κειμενικό μεταδεδομένο (π.χ. στο πεδίο `"πηγή_αρχείου" / "image_path"`). Ο Action Server, κατά τη διαδικασία της σύνθεσης του τελικού εγγράφου, ανακτά τη διαδρομή αυτή, διαβάζει το τοπικό αρχείο απευθείας από το σύστημα αρχείων (file system) και ενσωματώνει το περιεχόμενό του στη συγκεκριμένη θέση του PDF (εφόσον απαιτείται) μέσω του ReportLab. Η σχεδιαστική αυτή επιλογή προτιμήθηκε έναντι της ενσωμάτωσης ολόκληρων δυαδικών αρχείων μέσα στο ίδιο το JSON (π.χ.

⁵³ SON (JavaScript Object Notation) Standard: <https://www.json.org/json-en.html>

μέσω κωδικοποίησης Base64), προκειμένου να διατηρηθεί εξαιρετικά μικρό το μέγεθος του αρχείου, να μην επιβαρυνθεί η μνήμη κατά τη φόρτωση και να διευκολυνθεί η διαχείριση των στατικών πόρων [32].

3.4.3.2 Ανάλυση Εγγράφων Word με Python-docx

Για τη διαδικασία εισαγωγής νέου υλικού από τους εκπαιδευτικούς, χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη **Python-docx**, η οποία εξειδικεύεται στον χειρισμό αρχείων μορφής .docx [33].

- **Λειτουργικότητα:** Η βιβλιοθήκη επιτρέπει στο σύστημα να σαρώνει το περιεχόμενο του εγγράφου και να προβαίνει σε ανάλυση (parsing) της δομής του.
- **Μορφοποίηση και Πρότυπα:** Προκειμένου να διασφαλιστεί η ορθή αναγνώριση των δεδομένων, η εισαγωγή βασίζεται σε ένα **προκαθορισμένο πρότυπο μορφοποίησης (template)**. Ο αναλυτής αναζητά συγκεκριμένα στυλ παραγράφων ή ετικέτες (tags) που ορίζουν την αρχή μιας ερώτησης, τις πιθανές απαντήσεις και τη βαθμολογία. Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα "απομονώνει" τη δομή από το ελεύθερο κείμενο, αποφεύγοντας σφάλματα που θα προέκυπταν από την τυχαία μορφοποίηση διαφορετικών χρηστών.
- **Εξαγωγή Στοιχείων:** Μέσω του parsing, η βιβλιοθήκη εντοπίζει τα αντικείμενα κειμένου και τις εικόνες. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι εικόνες εξάγονται ως αυτόνομα αρχεία και αποθηκεύονται στο σύστημα αρχείων, ενώ η βάση δεδομένων ενημερώνεται με το κείμενο της ερώτησης και τη διαδρομή (path) της αντίστοιχης εικόνας.

3.4.3.3 Δικτυακή Επικοινωνία και APIs (Requests)

Η αλληλεπίδραση του **Action Server** (back-end) με την ιστοσελίδα του σχολείου βασίστηκε στη βιβλιοθήκη **Requests**⁵⁴ της Python.

- **Λειτουργικότητα:** Πρόκειται για το πρότυπο εργαλείο για την εκτέλεση HTTP αιτημάτων προς το WordPress REST API. Η βιβλιοθήκη χρησιμοποιείται εντός της κλάσης `ActionGetWPAnnouncements`, η οποία αποστέλλει GET requests στα endpoints του ιστοτόπου.
- **Αποτελεσματικότητα:** Διασφαλίζει την ασφαλή ανάκτηση ανακοινώσεων και άρθρων σε μορφή JSON, τα οποία στη συνέχεια το chatbot μορφοποιεί και παρουσιάζει στον χρήστη, παρέχοντας επικαιροποιημένη πληροφόρηση σε πραγματικό χρόνο.

3.4.3.4 Διεπαφή Χρήστη και Επικοινωνία (Front-end & Integration)

Προκειμένου το σύστημα να είναι προσβάσιμο στη σχολική κοινότητα, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στον τρόπο με τον οποίο ο χρήστης αλληλεπιδρά με το back-end.

⁵⁴ Requests: Elegant and simple HTTP library for Python: <https://pypi.org/project/requests/>

3.4.3.4.1 Rasa Web Chat Widget

Για τη διεπαφή χρήστη (UI), χρησιμοποιήθηκε το **Rasa Webchat**⁵⁵, ένα έτοιμο και παραμετροποιήσιμο συστατικό (widget) βασισμένο σε JavaScript/React. Το widget ενσωματώθηκε στην ιστοσελίδα του σχολείου, επιτρέποντας στους χρήστες να συνομιλούν με τον «Σχολικό Βοηθό» χωρίς να εγκαταλείπουν το οικείο ψηφιακό περιβάλλον του WordPress. Η παραμετροποίηση περιλαμβάνει:

- Τη χρήση προσαρμοσμένων χρωμάτων και λογοτύπων της σχολικής μονάδας.
- Την υποστήριξη γρήγορων απαντήσεων (quick replies) για τη διευκόλυνση της πλοήγησης.

3.4.3.4.2 Επικοινωνία μέσω Socket.io

Η αλληλεπίδραση του front-end με το back-end (Rasa Server) πραγματοποιείται μέσω του πρωτοκόλλου **Socket.io**⁵⁶. Σε αντίθεση με το κλασικό HTTP, το Socket.io επιτρέπει αμφίδρομη, πραγματικού χρόνου επικοινωνία με χαμηλή καθυστέρηση (latency⁵⁷).

Όταν ο χρήστης πληκτρολογεί ένα μήνυμα στο widget, αυτό αποστέλλεται μέσω socket στο Rasa Webhook, το οποίο με τη σειρά του επικοινωνεί με το NLU pipeline για την επεξεργασία του. Η χρήση αυτής της τεχνολογίας διασφαλίζει ότι η εμπειρία του διαλόγου είναι ρευστή και άμεση, προσομοιώνοντας μια φυσική συνομιλία.

Πίνακας 2. Συνοπτικός Πίνακας Τεχνικών Προδιαγραφών Βιβλιοθηκών

Βιβλιοθήκη	Έκδοση	Λειτουργικός Σκοπός	Πηγή Τεκμηρίωσης
ReportLab	Latest	Παραγωγή αρχείων PDF	docs.reportlab.com
Python-docx	Latest	Ανάλυση αρχείων Microsoft Word	python-docx.readthedocs.io
Requests	2.32.4	Επικοινωνία με το WordPress API	pypi.org/project/requests

3.4.4 Πλαίσιο Εικονικοποίησης και Περιβάλλον Ανάπτυξης (DevOps & IDE)

Η υλοποίηση ενός διαλογικού συστήματος βασισμένου σε τεχνολογίες αιχμής απαιτεί μια στιβαρή μεθοδολογία ανάπτυξης που να εγγυάται τη λειτουργική συνέχεια μεταξύ του τοπικού περιβάλλοντος και του εξυπηρετητή παραγωγής. Στο πλαίσιο αυτό, η υιοθέτηση εργαλείων εικονικοποίησης και

⁵⁵ Botfront - Rasa Webchat Integration: <https://github.com/botfront/rasa-webchat>

⁵⁶ Socket.io - Bidirectional and low-latency communication: <https://socket.io/>

⁵⁷ Understanding Latency in Real-time Communications: <https://www.pubnub.com/blog/what-is-latency/>

σύγχρονων περιβαλλόντων ανάπτυξης αποτέλεσε μια στρατηγική απόφαση για τη διασφάλιση της ορθής εκτέλεσης των αλγορίθμων Επεξεργασίας Φυσικής Γλώσσας (NLP) σε ετερογενή συστήματα.

3.4.4.1 Εικονικοποίηση Υπηρεσιών μέσω Docker και Docker Compose

Η χρήση της τεχνολογίας των Containers (**Docker**) αποτέλεσε τον ακρογωνιαίο λίθο για τη διαχείριση της αρχιτεκτονικής μικρο-υπηρεσιών (**microservices**) του συστήματος. Δεδομένου ότι το Chatbot βασίζεται σε πολλαπλές εξαρτήσεις (Rasa Core, Action Server, Nginx), η εικονικοποίηση επέτρεψε την απομόνωση κάθε συνιστώσας/συστατικού σε ένα αυτόνομο περιβάλλον εκτέλεσης (το επονομαζόμενο δοχείο).

- **Docker Desktop & Engine:** Χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση του περιβάλλοντος παραγωγής, εξαλείφοντας τις ασυμβατότητες μεταξύ διαφορετικών λειτουργικών συστημάτων. Διασφαλίζεται έτσι ότι τα μοντέλα μηχανικής μάθησης και τα scripts παραγωγής εγγράφων λειτουργούν πανομοιότυπα σε κάθε περιβάλλον (πχ. υπολογιστικού νέφους).
 - Λήψη: docker.com/products/docker-desktop
- **Docker Compose:** Για την ενορχήστρωση των επιμέρους υπηρεσιών του συστήματος, χρησιμοποιήθηκε το πρότυπο **DockerCompose (v3.0 Spec)**⁵⁸. Η προσέγγιση αυτή επέτρεψε τον ορισμό μιας ενιαίας υποδομής, διασφαλίζοντας την απομόνωση και την ορθή επικοινωνία των συστατικών μέσω των εξής ρυθμίσεων:
 - **Δίκτυα Επικοινωνίας (Networks):** Ορίστηκε ένα εσωτερικό εικονικό δίκτυο (π.χ. bot-network), το οποίο επιτρέπει την ασφαλή επικοινωνία μεταξύ του **Rasa Backend** και του **Action Server**. Με αυτόν τον τρόπο, οι υπηρεσίες επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας τα ονόματα των υπηρεσιών (service names) που ορίστηκαν στο αρχείο παραμετροποίησης, χωρίς να εκτίθενται όλες οι θύρες στο δημόσιο διαδίκτυο.
 - **Τόμοι Αποθήκευσης (Volumes):** Χρησιμοποιήθηκαν τόμοι για τη διατήρηση των δεδομένων (data persistence) και τον διαμοιρασμό αρχείων. Συγκεκριμένα:
 - **Models Volume:** Προσαρτήθηκε στο Rasa Backend για την αποθήκευση των εκπαιδευμένων μοντέλων.
 - **Data Volume:** Προσαρτήθηκε στον Action Server για τη μόνιμη αποθήκευση του στατικού αρχείου δεδομένων JSON (π.χ. questions_db.json), διασφαλίζοντας ότι τα δεδομένα του αποθετηρίου (μαθήματα, ερωτήσεις και απαντήσεις) δεν θα χαθούν σε ενδεχόμενη επανεκκίνηση ή αναδημιουργία των δοχείων.
 - **Content Volume:** Χρησιμοποιήθηκε για την αποθήκευση των αρχείων Word και των εξαγόμενων PDF.
- **Διαχείριση Εξαρτήσεων (Dependencies):** Η ορθή σειρά εκκίνησης των υπηρεσιών επιτεύχθηκε μέσω της εντολής **depends_on**, η οποία καθορίζει μια ιεραρχική αλυσίδα

⁵⁸ Docker Compose File Reference: <https://docs.docker.com/compose/compose-file/compose-file-v3/>

εξαρτήσεων μεταξύ των δοχείων. Συγκεκριμένα, η ρύθμιση αυτή διασφαλίζει ότι ο **Action Server** εκκινεί πρώτος, ώστε να είναι έτοιμος να εξυπηρετήσει κλήσεις πριν την ενεργοποίηση του κύριου **Rasa Server**. Αντίστοιχα, ο **Nginx** έχει ρυθμιστεί να εκκινεί τελευταίος, περιμένοντας την πλήρη ετοιμότητα του Rasa Server. Αυτή η διαδοχική αρχικοποίηση είναι κρίσιμη για την αποφυγή σφαλμάτων σύνδεσης (connection errors), καθώς διασφαλίζει ότι κάθε υπηρεσία βρίσκει το backend της διαθέσιμο κατά την εκκίνηση, εγγυώμενη τη σταθερότητα του συνολικού συστήματος από την πρώτη στιγμή λειτουργίας του.

3.4.4.2 Ολοκληρωμένο Περιβάλλον Ανάπτυξης Visual Studio Code (IDE)

Για τη συγγραφή του πηγαίου κώδικα και τη διαχείριση των σύνθετων αρχείων παραμετροποίησης, επιλέχθηκε το **Visual Studio Code (VS Code)**.

- **Υποστήριξη Python & Debugging:** Μέσω εξειδικευμένων επεκτάσεων, το IDE παρείχε εργαλεία στατικής ανάλυσης και αποσφαλμάτωσης (debugging) για τις **Προσαρμοσμένες Ενέργειες (Custom Actions)**.
 - **Τι είναι τα Custom Actions:** Τα Custom Actions αποτελούν αυτοτελή τμήματα κώδικα Python που εκτελούνται από τον Action Server. Ενώ ο Rasa Server αναλαμβάνει την κατανόηση της γλώσσας, τα Custom Actions είναι αυτά που επιτρέπουν στο chatbot να "δράσει" στον πραγματικό κόσμο.
 - **Σχέση με το Rasa:** Η σχέση τους είναι αμφίδρομη και δυναμική. Όταν το Rasa NLU αναγνωρίσει μια πρόθεση που απαιτεί υπολογιστική εργασία (π.χ. intent: request_exam), "πυροδοτεί" το αντίστοιχο Custom Action (π.χ. action_generate_pdf). Ο Action Server εκτελεί τον κώδικα, αλληλεπιδρά με τη βάση δεδομένων ή εξωτερικά API, και επιστρέφει το αποτέλεσμα (π.χ. το link του PDF) πίσω στον Rasa Server για να το εμφανίσει στον χρήστη.

Η δυνατότητα αποσφαλμάτωσης αυτών των ενεργειών εντός του VS Code υπήρξε καθοριστική, καθώς επέτρεψε τον έλεγχο της ροής των δεδομένων (data flow) από τη στιγμή της λήψης των παραμέτρων έως την οριστική παραγωγή του εγγράφου, εξασφαλίζοντας την αξιοπιστία του συστήματος.

- **Διαχείριση Αρχείων YAML**⁵⁹: Η αρχιτεκτονική του Rasa βασίζεται σε αυστηρά δομημένα αρχεία YAML. Το VS Code διασφάλισε τη συντακτική ορθότητα αυτών των αρχείων, η οποία είναι απαραίτητη για την επιτυχή εκπαίδευση του νευρωνικού δικτύου.
 - Λήψη: code.visualstudio.com

⁵⁹ YAML Ain't Markup Language (YAML™) Standard: <https://yaml.org/spec/1.2.2/>

3.4.5 Δομικά Στοιχεία και Ροή Πληροφορίας

Η αρχιτεκτονική του backend του συστήματος δομήθηκε γύρω από τρεις κεντρικούς άξονες, καθένας από τους οποίους υπηρετεί έναν συγκεκριμένο λειτουργικό στόχο της διπλωματικής:

1. Η Διεπαφή Κατανόησης (NLU) βασίζεται στην αρχιτεκτονική **DIETClassifier**, η οποία παραμετροποιήθηκε στο αρχείο `config.yml` για να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της ελληνικής γλώσσας. Η παραμετροποίηση αυτή περιλαμβάνει τα εξής κρίσιμα σημεία:
 - **Multi-task Learning:** Ο DIETClassifier ρυθμίστηκε ώστε να εκτελεί ταυτόχρονα την αναγνώριση πρόθεσης (π.χ. `request_exam`) και την εξαγωγή οντοτήτων (π.χ. `subject: Μαθηματικά, grade: B Γυμνασίου`). Η κοινή εκπαίδευση (joint training) επιτρέπει στην οντότητα "Μαθηματικά" να ενισχύει την πιθανότητα η πρόθεση να αφορά "δημιουργία διαγωνίσματος" και όχι "γενική πληροφορία".
 - **Featurization & N-grams:** Επειδή η ελληνική γλώσσα παρουσιάζει έντονη μορφολογική πολυτυπία, ο DIETClassifier συνδυάστηκε με έναν μηχανισμό εξαγωγής χαρακτηριστικών (**Count Vectors Featurizer**). Ο μηχανισμός αυτός ρυθμίστηκε με την παράμετρο **analyzer: char_wb**, η οποία υποδεικνύει στο μοντέλο να μην αναλύει μόνο ολόκληρες λέξεις, αλλά να εστιάζει σε **συνδυασμούς γραμμάτων (n-grams)** εντός των ορίων της κάθε λέξης. Με τη χρήση των ορίων `min_ngram: 1` και `max_ngram: 4`, το σύστημα τεμαχίζει τις λέξεις σε μικρότερα τμήματα (sub-words). Αυτό επιτρέπει στο μοντέλο να αναγνωρίζει τη σημασιολογική ρίζα της λέξης «Μαθηματικά» ανεξάρτητα από την κλίση ή την κατάληξή της (π.χ. «Μαθηματικά», «Μαθηματικών», «Μαθηματικό»), καθώς τα κοινά τμήματα γραμμάτων δημιουργούν παρόμοιες αριθμητικές αναπαραστάσεις. Η προσέγγιση αυτή αυξάνει σημαντικά την ανθεκτικότητα του συστήματος σε συντακτικές παραλλαγές και ορθογραφικά λάθη, τα οποία είναι συχνά στον αυθόρμητο γραπτό λόγο των μαθητών.
 - **Transformer Architecture:** Χρησιμοποιήθηκαν 2 επίπεδα (layers) Transformer με μηχανισμό *Self-Attention*. Αυτό επιτρέπει στο σύστημα να κατανοεί τη σημασία μιας λέξης βάσει των συμφραζομένων της μέσα στην πρόταση. Για παράδειγμα, στη φράση "θέλω θέματα για την Α' τάξη", ο Transformer βοηθά το μοντέλο να καταλάβει ότι το "Α'" αναφέρεται στην τάξη και όχι σε κάποιο άλλο αριθμητικό δεδομένο.
 - **Hyperparameters:**
 - `epochs: 100`: Ορίστηκαν επαρκείς κύκλοι εκπαίδευσης για τη σύγκλιση του μοντέλου στα δεδομένα του σχολικού περιβάλλοντος.

- `constrain_similarities`⁶¹: `true`: Ενεργοποιήθηκε για να αποτρέπεται η υπερβολική αυτοπεποίθηση του μοντέλου σε λανθασμένες προβλέψεις (*overfitting*), βελτιώνοντας την ακρίβεια του Fallback Classifier.

2. **Ο Πυρήνας Διαλόγου (Dialogue Management)**: Ο Πυρήνας Διαλόγου (DialogueManagement) αποτελεί το κέντρο λήψης αποφάσεων του συστήματος, διασφαλίζοντας ότι το chatbot διατηρεί το πλαίσιο (*context*) της συζήτησης. Η υλοποίησή του βασίστηκε σε τρεις πυλώνες:

A. Πολιτικές Διαλόγου (Policies)

Στο αρχείο `config.yml` ορίστηκαν οι πολιτικές που καθορίζουν την επόμενη ενέργεια του bot:

- **Memoization Policy**: Επιτρέπει στο bot να «θυμάται» και να αναπαράγει ακριβώς τις ροές διαλόγου που περιγράφονται στα *Stories*.
- **TED Policy (Transformer Embedding Dialogue)**: Χρησιμοποιήθηκε για τη διαχείριση απρόβλεπτων ροών. Χάρη στην αρχιτεκτονική *Transformer*, το bot μπορεί να πάρει σωστές αποφάσεις ακόμα και αν ο χρήστης παρεκκλίνει ελαφρώς από τα τυποποιημένα σενάρια.
- **Rule Policy**: Επιστρατεύθηκε για την επιβολή αυστηρών κανόνων, όπως η ενεργοποίηση του Fallback μηχανισμού ή η εκτέλεση συγκεκριμένων φορμών.

B. Ιστορίες (Stories) και Κανόνες (Rules)

- **Stories (data/stories.yml)**: Σχεδιάστηκαν εκπαιδευτικά σενάρια που περιγράφουν ολοκληρωμένες αλληλεπιδράσεις, όπως η διαδικασία από την αναζήτηση υλικού μέχρι την τελική προβολή του.
- **Rules (data/rules.yml)**: Υλοποιήθηκαν κανόνες για ενέργειες που πρέπει να συμβαίνουν πάντα με τον ίδιο τρόπο, π.χ. ο χαιρετισμός του χρήστη ή η άμεση διακοπή μιας διαδικασίας (*deactivate form*) αν ο χρήστης το ζητήσει.

Γ. Φόρμες (Forms) και Slots

Για τη λειτουργία της «Δημιουργίας Διαγωνίσματος», υλοποιήθηκε η `exam_form`.

- **Slot Filling**⁶²: Οι φόρμες επιτρέπουν στο bot να γίνεται «διεκδικητικό». Αν λείπει μια πληροφορία (π.χ. το μάθημα ή η τάξη), το bot παραμένει στη φόρμα και επερωτά τον χρήστη μέχρι να συμπληρωθούν όλες οι απαραίτητες μεταβλητές μνήμης (*slots*).
- **Validation**⁶³: Μέσω του Action Server, υλοποιήθηκε έλεγχος εγκυρότητας (*validation*) για τα *slots*, ώστε να διασφαλίζεται, για παράδειγμα, ότι η τάξη που επιλέχθηκε υπάρχει όντως στο πρόγραμμα σπουδών.

3. **Ο Εκτελεστικός Εξυπηρετητής (Action Server)**: Αποτελεί το στάδιο όπου η Τεχνητή Νοημοσύνη συναντά την παραδοσιακή Μηχανική Λογισμικού. Εδώ υλοποιούνται οι αλγόριθμοι που ανακτούν δεδομένα από τη βάση και συνθέτουν τα τελικά αρχεία PDF/Word.

⁶¹ Rasa Blog - Improving Intent Classification with Constrain Similarities: <https://rasa.com/blog/intent-classification-with-diet/>

⁶² Rasa Slots - Conversation Memory: <https://rasa.com/docs/rasa/domain#slots>

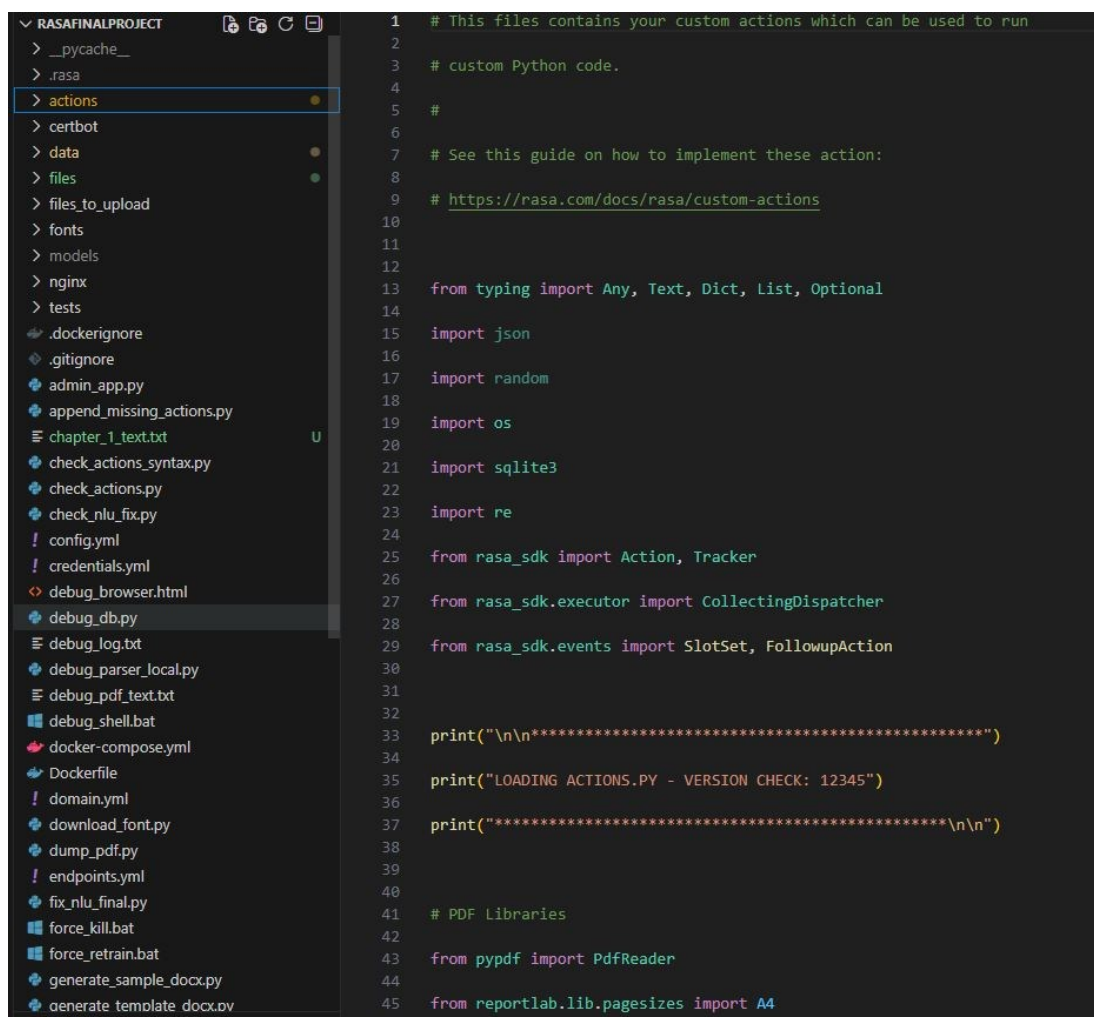
⁶³ Validating Form Input in Rasa SDK: <https://rasa.com/docs/rasa/forms#validating-form-input>

3.4.6 Οργάνωση του Έργου (Project Structure)

Η δομή των αρχείων του συστήματος (δείτε Εικόνα 11). αντανακλά τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, επιτρέποντας την εύκολη επέκταση του συστήματος στο μέλλον με νέα μαθήματα ή λειτουργίες:

1. **/actions:** Ο φάκελος /actions περιέχει την εκτελέσιμη λογική του συστήματος. Η δομή του περιλαμβάνει τα εξής αρχεία:
 - **__init__.py:** Ένα απαραίτητο αρχείο της Python που επιτρέπει στον φάκελο να αναγνωρίζεται ως πακέτο (package), διευκολύνοντας την εισαγωγή (import) των κλάσεων από τον Action Server.
 - **actions.py:** Το κεντρικό αρχείο των **Custom Actions**. Εδώ βρίσκεται ο κώδικας για τη δυναμική παραγωγή των PDF (μέσω ReportLab), την ανάκτηση των ερωτήσεων και την επικοινωνία με το WordPress API. Είναι το αρχείο που «εκτελεί» τις επιθυμίες του χρήστη.
2. **/data:** Ο φάκελος αυτός λειτουργεί ως η κεντρική αποθήκη γνώσης και εκπαιδευτικών δεδομένων του συστήματος. Τα αρχεία που περιλαμβάνει εξυπηρετούν δύο βασικούς σκοπούς: (α) την εκπαίδευση του μοντέλου τεχνητής νοημοσύνης και (β) την αποθήκευση του εκπαιδευτικού υλικού. Τα αρχεία αυτά είναι τα εξής:
 - **nlu.yml:** Περιέχει τα παραδείγματα φράσεων (training examples) για κάθε πρόθεση (intent). Είναι το αρχείο που "μαθαίνει" στον DIETClassifier να καταλαβαίνει πότε ένας χρήστης ζητά διαγώνισμα ή πότε ζητά πληροφορίες.
 - **stories.yml:** Περιγράφει υποδείγματα διαλόγων (διαδρομές). Εκπαιδεύει τον Dialogue Manager στο πώς να αλληλουχεί τις απαντήσεις του ανάλογα με το ιστορικό της συζήτησης.
 - **rules.yml:** Περιλαμβάνει κανόνες για στατικές συμπεριφορές (π.χ. "αν ο χρήστης πει γεια, απάντησε πάντα με χαιρετισμό") και για την ενεργοποίηση των φορμών (forms).
3. **questions.yml / exam_material.yml:** Πρόκειται για αρχεία που περιέχουν τη δομημένη πληροφορία των ερωτήσεων και του υλικού σε μορφή YAML.
4. **config.yml & domain.yml:** Αποτελούν τα αρχεία ρυθμίσεων που καθορίζουν τις «ικανότητες» του chatbot και το πώς αυτό θα ανταποκρίνεται στις ανάγκες της σχολικής μονάδας. Για το αρχείο config.yml έχει γίνει ανάλυση στην Ενότητα 3.4.5. Το δε αρχείο domain.yml αποτελεί τον κεντρικό κατάλογο όλων των πόρων που μπορεί να χρησιμοποιήσει το chatbot κατά τη διάρκεια μιας συνομιλίας. Ορίζει τα όρια της γνώσης του και τις διαθέσιμες αντιδράσεις του. Τα βασικά τμήματα που ο κατάλογος αυτός περιλαμβάνει και παραμετροποιήθηκαν για τις ανάγκες της σχολικής μονάδας είναι:
 - **Intents & Entities:** Η λίστα με όλες τις προθέσεις που αναγνωρίζει ο DIETClassifier και οι κατηγορίες πληροφοριών (π.χ. subject, grade) που πρέπει να αποσπαστούν από το κείμενο.

- **Slots**⁶⁴ (**Μεταβλητές Μνήμης**): Λειτουργούν ως η βραχυπρόθεσμη μνήμη του bot. Για παράδειγμα, το slot `selected_subject` διατηρεί την πληροφορία του μαθήματος καθ' όλη τη διάρκεια της ροής παραγωγής του διαγωνίσματος.
- **Responses**⁶⁵ (**Utterances**): Τα πρότυπα κειμένων που χρησιμοποιεί το bot για να απαντήσει. Ξεκινούν πάντα με το πρόθεμα `utter_` (π.χ. `utter_greet`).
- **Forms**⁶⁶: Εδώ ορίζεται η δομή των φορμών, όπως η `exam_form`, η οποία καθορίζει ποια slots είναι υποχρεωτικά για να προχωρήσει η διαδικασία.



Εικόνα 11. Ιεραρχική δομή ριζικού φακέλου

⁶⁴ Memory and Context in Chatbots - Rasa Slots: <https://rasa.com/docs/rasa/domain#slots>

⁶⁵ Designing Bot Responses: <https://rasa.com/docs/rasa/responses>

⁶⁶ Interactive Forms for Data Collection: <https://rasa.com/docs/rasa/forms>

3.5 Βαθμός Ικανοποίησης Απαιτήσεων

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται η αξιολόγηση της υλοποίησης ως προς τις προδιαγραφές που τέθηκαν κατά τη φάση της ανάλυσης. Η σύγκριση μεταξύ των επιδιωκόμενων απαιτήσεων και του τελικού παραδοτέου αποτυπώνεται στον παρακάτω πίνακα, συνοδευόμενη από την απαραίτητη τεχνική αιτιολόγηση.

3.5.1 Βαθμός Ικανοποίησης Λειτουργικών και Μη Λειτουργικών Απαιτήσεων

Πίνακας 3. Πίνακας Ικανοποίησης Λειτουργικών και Μη Λειτουργικών Απαιτήσεων

Κωδικός Απαίτησης	Τίτλος Απαίτησης	Βαθμός Ικανοποίησης	Αιτιολόγηση / Σχόλια Υλοποίησης
5.2	Ταυτοποίηση Ρόλων Χρήστη	Πλήρης	Το σύστημα αναγνωρίζει κατά την έναρξη (μέσω metadata ή slots) αν ο χρήστης είναι Μαθητής, Γονέας ή Εκπαιδευτικός.
2.1.4 - 2.1.11	Αυτόματη Παραγωγή Διαγωνισμάτων (PDF)	Πλήρης	Υλοποιήθηκε μέσω της βιβλιοθήκης ReportLab με επιλογή ερωτήσεων βάσει μαθήματος, τάξης και δυσκολίας.
2.1.1-2.1.3	Εισαγωγή & Ανάλυση Υλικού (.docx)	Μερικώς	Επιτυγχάνεται πλήρης εξαγωγή κειμένου/εικόνων για το υλικό διαγωνισμάτων μέσω του Python-docx parser, υπό την προϋπόθεση χρήσης καθορισμένου προτύπου (template). Όμως, δεν έχουν υλοποιηθεί όλες οι λειτουργίες διαχείρισης υλικού (διαβάσματος & διαγωνισμάτων)
5.1	Ενσωμάτωση	Πλήρης	Το bot έχει ενσωματωθεί πλήρως στην σελίδα του σχολείου

Κωδικός Απαίτησης	Τίτλος Απαίτησης	Βαθμός Ικανοποίησης	Αιτιολόγηση / Σχόλια Υλοποίησης
3	Παροχή Γενικών Πληροφοριών Σχολείου	Πλήρης	Καλύπτεται μέσω του ResponseSelector (FAQs) για στατικές πληροφορίες και μέσω WordPress για δυναμικές.
4.1	Υποστήριξη Ελληνικής Γλώσσας	Πλήρης	Χρήση DIETClassifier με n-grams και accent-insensitive search. Το σύστημα κανονικοποιεί (normalization) την είσοδο του χρήστη.
4.2	Δομημένη Συνομιλία	Πλήρης	Χρήση κατάλληλου παραμετροποιήσιμου αγωγού επεξεργασίας φυσική γλώσσα. Υλοποίηση Two-stage Fallback (FallbackClassifier) που αποτρέπει τις λανθασμένες απαντήσεις όταν η εμπιστοσύνη είναι < 0.6.
6.1	Τεχνολογίες Ανοικτού Κώδικα	Πλήρης	Το σύστημα βασίζεται εξ ολοκλήρου σε open-source εργαλεία (Rasa, Docker) και βιβλιοθήκες (ReportLab) ενώ υλοποιήθηκε με την open-source γλώσσα Python για ταχεία ανάπτυξη του κώδικα του συστήματος.
6.2	Απόδοση & Αξιοπιστία (RT < 2s)	Μερικώς	Η απόκριση είναι ταχύτατη σε δοκιμές μονάδας, ωστόσο εκκρεμεί load testing για την επιβεβαίωση της ταυτόχρονης εξυπηρέτησης 10+ χρηστών.
6.3	Επεκτασιμότητα	Μερικώς	Η αρθρωτή αρχιτεκτονική (Docker/Actions) επιτρέπει την προσθήκη νέων μαθημάτων με απλή ενημέρωση του domain.yml καθώς και την προσθήκη νέων λειτουργιών. Η επεκτασιμότητα, όμως, του συστήματος δεν αξιολογήθηκε με τυπικό τρόπο.

Κωδικός Απαίτησης	Τίτλος Απαίτησης	Βαθμός Ικανοποίησης	Αιτιολόγηση / Σχόλια Υλοποίησης
6.4	Χρηστικότητα	Μερικώς	Η διεπαφή χρήστη είναι φιλική και εύχρηστη ενώ απευθύνεται σε χρήστες με βασικές τεχνολογικές δεξιότητες. Δεν πραγματοποιήθηκε όμως κάποια τυπική αξιολόγηση της χρηστικότητας της διεπαφής αυτής.

3.5.2 Συμπερασματική Αξιολόγηση

Όπως προκύπτει από την παραπάνω ανάλυση, το σύστημα εστιάζει στην επιτυχή ικανοποίηση των κρισιμότερων λειτουργικών απαιτήσεων και του συνόλου των μη λειτουργικών προδιαγραφών. Η παρούσα υλοποίηση αποτελεί ένα **πλήρες λειτουργικό πρωτότυπο**, το οποίο χάρη στην ευελιξία της αρχιτεκτονικής του και την εκτεταμένη δοκιμή των βασικών ροών, είναι έτοιμο να ενταχθεί σε πραγματικά παραγωγικά περιβάλλοντα.

Η επιτυχής ικανοποίηση των απαιτήσεων **2.1.4 - 2.1.11 (Παραγωγή Διαγωνισμάτων)** και **2.1.1-2.1.3 (Ανάλυση Εγγράφων)** αποτελεί τον πυρήνα της συνεισφοράς της εργασίας, καθώς αυτοματοποιεί τις πλέον χρονοβόρες εκπαιδευτικές διεργασίες. Παρόλο που ορισμένες δευτερεύουσες λειτουργικές απαιτήσεις παραμένουν ως αντικείμενο μελλοντικής εργασίας, η τρέχουσα δομή επιτρέπει την άμεση προσθήκη τους χωρίς την ανάγκη επανασχεδιασμού του πυρήνα.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην απαίτηση **4.1 (Ελληνική Γλώσσα)**. Όπως αναλύθηκε στην Ενότητα **3.4**, η υλοποίηση ενσωματώνει προηγμένους **κανόνες κανονικοποίησης (normalization)**. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη μετατροπή του κειμένου εισόδου σε πεζά γράμματα, την αφαίρεση των τόνων και τον καθαρισμό των σημείων στίξης πριν από την επεξεργασία από το NLU. Αυτό διασφαλίζει ότι το σύστημα παραμένει ανθεκτικό στην ελεύθερη γραφή των μαθητών, αναγνωρίζοντας την ίδια έννοια ανεξάρτητα από τονισμό ή χρήση κεφαλαίων. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των επιμέρους μονάδων (Rasa Core, Action Server, Database) αποδείχθηκε επαρκής για τη διατήρηση σταθερών επιδόσεων, θέτοντας τις βάσεις για ένα βιώσιμο και επεκτάσιμο εκπαιδευτικό εργαλείο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ & ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία μετάβασης από τον σχεδιασμό στην πρακτική εφαρμογή και λειτουργία του συστήματος. Αρχικά, αναλύονται οι τεχνικές προδιαγραφές και τα βήματα εγκατάστασης του συστήματος μέσω της τεχνολογίας Docker, η οποία διασφαλίζει τη φορητότητα και την απομόνωση των υπηρεσιών του. Στη συνέχεια, το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μια αναλυτική επίδειξη των βασικών λειτουργιών του chatbot. Μέσα από σενάρια χρήσης και οπτικό υλικό (screenshots), τεκμηριώνεται η ικανότητα του συστήματος να ανταποκρίνεται στις ανάγκες της σχολικής κοινότητας, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη εικόνα της τελικής διεπαφής και της αλληλεπίδρασης με τον τελικό χρήστη.

4.1 Εγκατάσταση Συστήματος

Η διαδικασία εγκατάστασης έχει σχεδιαστεί με γνώμονα την αποφθεγματική απλότητα, την ευελιξία και την ανεξαρτησία από το λειτουργικό σύστημα φιλοξενίας. Χάρη στην υιοθέτηση αρχιτεκτονικής μικρουπηρεσιών (microservices), το πολύπλοκο περιβάλλον εκτέλεσης του μοντέλου μηχανικής μάθησης ενθυλακώνεται πλήρως.

4.1.1 Προαπαιτούμενα Συστήματος

Λόγω του σχεδιασμού του συστήματος γύρω από δοχεία λογισμικού (containers), **δεν απαιτείται** η τοπική εγκατάσταση του πλαισίου Rasa, των βιβλιοθηκών Python ή τυχόν συστημάτων βάσεων δεδομένων στο λειτουργικό σύστημα του υπολογιστή φιλοξενίας. Όλες οι εξαρτήσεις επιλύονται εσωτερικά κατά τη δημιουργία των εικόνων (images) των δοχείων. Οπότε, κατά την εκτέλεση των δοχείων που απαρτίζουν τις υπηρεσίες του συστήματος (ειδικότερα του backend), δεν προκύπτουν ζητήματα εξαρτήσεων εφόσον κάθε υπηρεσία εκτελείται στο δικό της απομονωμένο περιβάλλον.

Τα **μοναδικά απολύτως απαραίτητα προαπαιτούμενα εργαλεία** που πρέπει να διαθέτει το ελάχιστο σύστημα (ανεξαρτήτως λειτουργικού, π.χ. Windows, Linux ή macOS) είναι τα εξής δύο:

1. **Σύστημα Ελέγχου Εκδόσεων (Git):** Απαραίτητο για τη λήψη του πηγαίου κώδικα (clone) από το αποθετήριο.
 - Οδηγίες εγκατάστασης βρίσκονται στον επίσημο ιστότοπο: <https://git-scm.com/book/en/v2/Getting-Started-Installing-Git>
2. **Docker & Docker Compose:** Αποτελούν τον πυρήνα της ενορχήστρωσης των μικρουπηρεσιών του ψηφιακού βοηθού.
 - Οδηγίες εγκατάστασης βρίσκονται στον επίσημο ιστότοπο της πλατφόρμας: <https://docs.docker.com/get-docker/>

Ο τρόπος εγκατάστασης αυτών των εργαλείων εκφεύγει των σκοπών της παρούσας εργασίας, καθώς διαφοροποιείται ανάλογα με το υποκείμενο λειτουργικό σύστημα του εκάστοτε χρήστη.

4.1.2 Εγκατάσταση σε Τοπικό Σύστημα (για ερευνητικούς σκοπούς / ανάπτυξη)

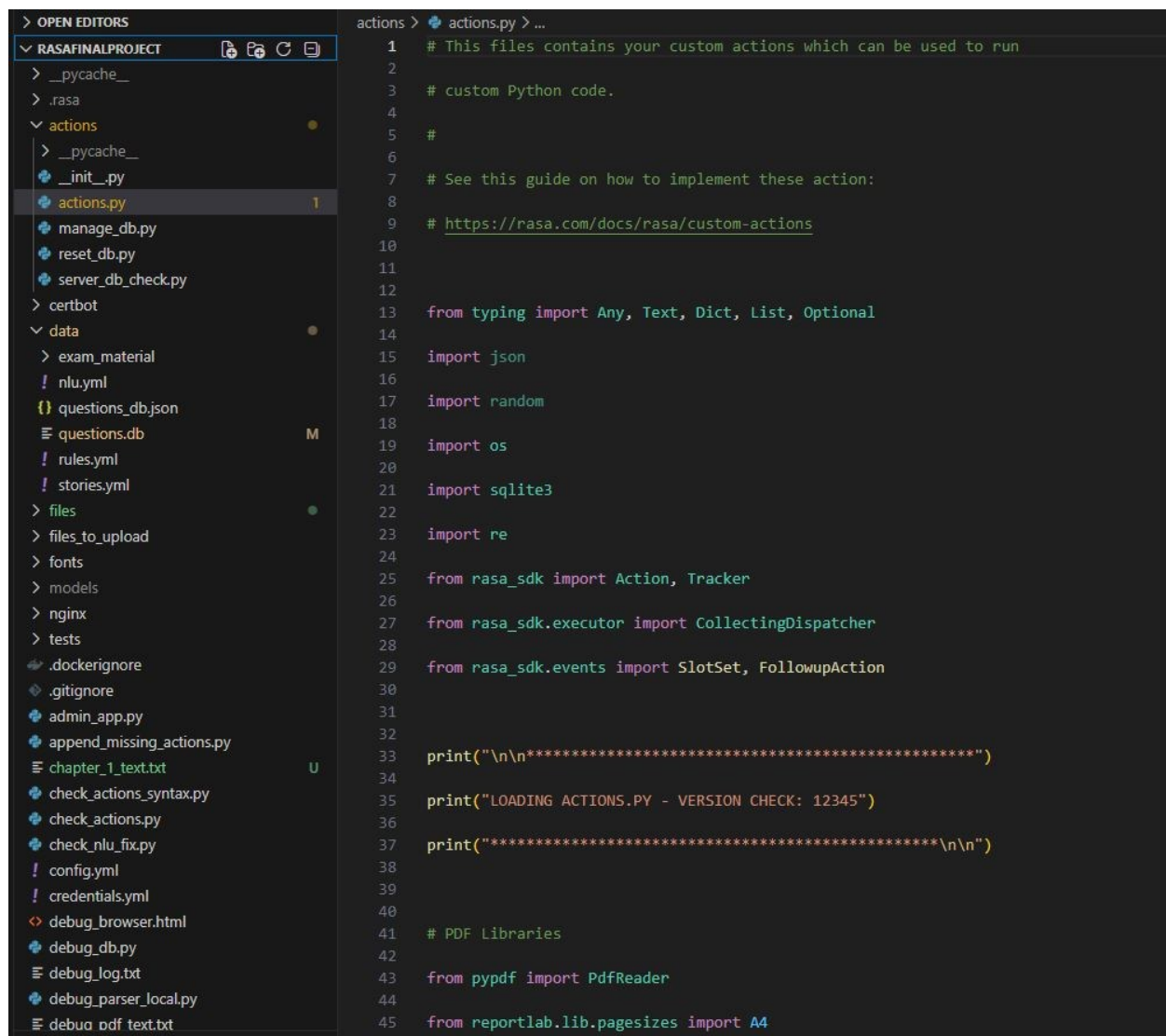
Για τις ανάγκες της δοκιμής, της περαιτέρω έρευνας ή της επέκτασης του κώδικα σε περιβάλλον ανάπτυξης (development), η εγκατάσταση έχει αυτοματοποιηθεί σε τρία βασικά βήματα:

1. **Λήψη Πηγαίου Κώδικα:** Ο χρήστης εκκινεί το τερματικό και δημιουργεί ένα τοπικό αντίγραφο του έργου (δείτε Εικόνα 12).

```
bash
```

```
git clone <URL_Αποθετηρίου_Διπλωματικής>
```

```
cd RasaFinalProject
```



Εικόνα 12. Η οργανωτική δομή των αρχείων του συστήματος μετά τη λήψη του πηγαίου κώδικα

2. **Εκκίνηση των Containers:** Χρησιμοποιώντας το εργαλείο Docker Compose, εκκινείται το σύνολο των υπηρεσιών του συστήματος (Rasa Core/NLU, Action Server). Κατά την πρώτη εκτέλεση της εντολής, το σύστημα "χτίζει" (builds) τις εικόνες (των δοχείων) (δείτε Εικόνα 13), εγκαθιστά τις εσωτερικές εξαρτήσεις στα δοχεία και εκπαιδεύει το γλωσσικό μοντέλο αυτόματα:

bash

docker compose up -d --build

```
[+] Building 8.6s (8/14)
=> [action-server internal] load build context 1.2s
=> => transferring context: 7.22MB 1.2s
=> CACHED [admin-app 2/9] WORKDIR /app 0.0s
=> [action-server 3/9] COPY . /app 0.3s
=> [action-server 4/9] RUN pip install -r requirements.txt --upgrade --no-cache-dir 3.7s
=> => # Requirement already satisfied: rasa==3.6.21 in /opt/venv/lib/python3.10/site-packages (from -r requirements.txt (line 1)) (3.6.21)
=> => # Requirement already satisfied: rasa-sdk==3.6.2 in /opt/venv/lib/python3.10/site-packages (from -r requirements.txt (line 2)) (3.6.2)
=> => # Requirement already satisfied: tensorflow==2.12.0 in /opt/venv/lib/python3.10/site-packages (from -r requirements.txt (line 3)) (2.12.0)
=> => # )
=> => # Requirement already satisfied: python-dateutil==2.8.2 in /opt/venv/lib/python3.10/site-packages (from -r requirements.txt (line 4)) (2.8.2)
=> => # 8.2)
```

Εικόνα 13. Η αυτοματοποιημένη δημιουργία εικόνων και δοχείων κατά την εκκίνηση του συστήματος

- Επαλήθευση Λειτουργίας:** Μετά την επιτυχή εκκίνηση, ο διακομιστής του Rasa "ακούει" στην προεπιλεγμένη θύρα 5005. Η αλληλεπίδραση και δοκιμή του συστήματος τοπικά μπορεί να πραγματοποιηθεί εύκολα ανοίγοντας το ενσωματωμένο κέλυφος (rasa shell) σε νέο τερματικό (μέσω του docker container) ή ανοίγοντας σε περιηγητή Ιστού ένα τοπικό αρχείο δοκιμής index.html με στοιχειώδη κώδικα διεπαφής Webchat.

Container CPU usage 0.54% / 400% (4 CPUs available) Container memory usage 1.28GB / 7.52GB [Show charts](#)

Search ☐ Only show running containers

☐	Name	Container ID	Image	Port(s)	CPU (%)	Last started	Actions
☐	rasafinalproject	-	-	-	0.54%	5 minutes ago	
☐	certbot-1	fc480df9d826	certbot/certbot		0%	5 minutes ago	
☐	action-server-1	2c1076d127e5	rasafinalproject-action-server	5055:5055	0%	5 minutes ago	
☐	rasa-1	1fa0988f294c	rasafinalproject-rasa	5005:5005	0%	5 minutes ago	
☐	admin-app-1	11110455d4fb	rasafinalproject-admin-app	8501:8501	0.54%	5 minutes ago	
☐	nginx-1	0dbe5179c1e1	nginx:latest	443:443 Show all ports (2)	0%	5 minutes ago	

Εικόνα 14. Επιθεβαίωση της ταυτόχρονης και απομονωμένης εκτέλεσης των μικροπηρεσιών rasa και action_server

4.1.3 Εγκατάσταση σε Παραγωγικό Περιβάλλον Νέφους (Cloud Production)

Για τη διάθεση του συστήματος στο ευρύ κοινό (γονείς, μαθητές, προσωπικό) εντός ρεαλιστικών επαγγελματικών συνθηκών, η παραγωγική εγκατάσταση απαιτεί λειτουργία σε εικονικό διακομιστή νέφους (Cloud VM). Η διαδικασία διαφέρει ως προς την ασφάλεια και τη σταθερότητα:

- Ρύθμιση Firewall & Δικτύου:** Αντίθετα με το τοπικό περιβάλλον, απαιτείται το άνοιγμα των απαραίτητων διαδικτυακών θυρών (ports 80 για HTTP και 443 για HTTPS) στο τείχος προστασίας του διακομιστή, ώστε το RESTful API του backend του συστήματος να δέχεται τα αιτήματα των τελικών χρηστών με ασφάλεια.
- Εκτέλεση στο Παρασκήνιο (Detached Mode):** Η εκκίνηση του συστήματος πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας αρχείο σύνθεσης βελτιστοποιημένο για παραγωγή (production ready) και τρέχει σε μόνιμη βάση:

bash

docker compose -f docker-compose.prod.yml up -d

3. **Χρήση Reverse Proxy και SSL:** Σε παραγωγικό περιβάλλον, η απευθείας έκθεση (exposure) του διακομιστή Rasa (:5005) δεν συνίσταται. Η βέλτιστη πρακτική, η οποία και προτείνεται, περιλαμβάνει τη δρομολόγηση της κίνησης μέσω ενός Reverse Proxy (π.χ. Nginx) και τη χρήση πιστοποιητικών SSL (π.χ. Let's Encrypt), εξασφαλίζοντας την κρυπτογραφημένη μεταφορά των μηνυμάτων (HTTPS / Secure WebSockets). Οπότε, εδώ δεν μιλάμε για κάποιο έξτρα βήμα εγκατάστασης αλλά για ένα προαπαιτούμενο ως προς τη χρήση πιστοποιητικών σε παραγωγικά περιβάλλοντα (διότι και η προηγούμενη εντολή αφορά ένα αρχείο κατασκευής docker-compose που απευθύνεται σε παραγωγικά περιβάλλοντα).

4.1.4 Ενσωμάτωση Widget σε Δυναμική Ιστοσελίδα

Η διασύνδεση του συστήματος συνομιλίας Rasa με τον Παγκόσμιο Ιστό υλοποιείται μέσω ανοιχτού κώδικα Webchat Widget. Η παραμετροποίησή του επιτρέπει την εύκολη ενσωμάτωσή του, χωρίς η λύση να δεσμεύεται από μια συγκεκριμένη αρχιτεκτονική ιστότοπου.

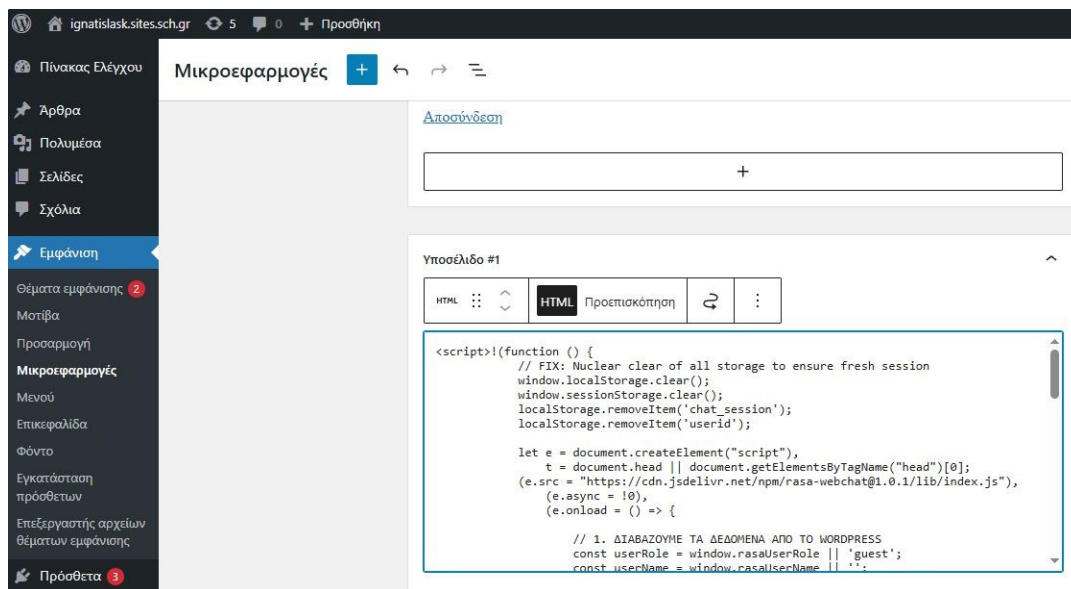
Για να επικοινωνήσει το αυτόνομο widget με τον φιλοξενούμενο διακομιστή Rasa:

1. Απαιτείται η προσθήκη ενός μπλοκ κώδικα Javascript (<script>) στο αρχείο προτύπου της ιστοσελίδας.
2. Κατά την παραμετροποίηση αυτού του κώδικα, ορίζεται στο χαρακτηριστικό `socketUrl` η πλήρης διεύθυνση URL του παραγωγικού διακομιστή όπου τρέχει ο Rasa (π.χ. <https://chatbot-server.school.edu/>).

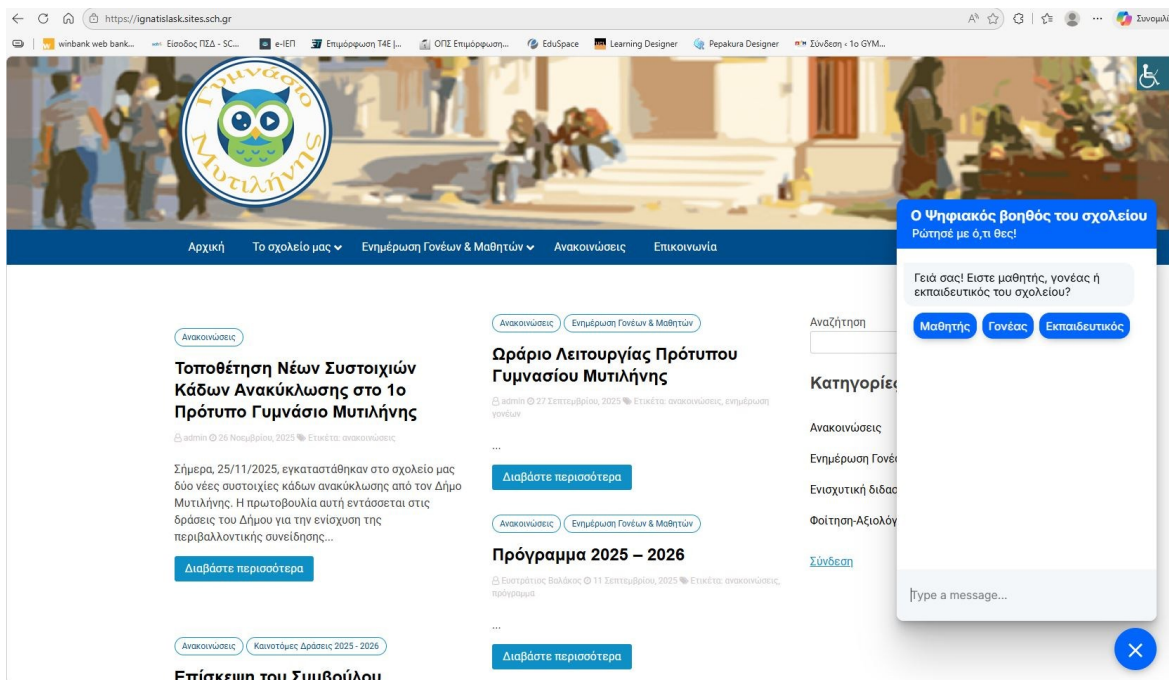
```
27 let e = document.createElement("script"),
28     t = document.head || document.getElementsByTagName("head")[0];
29 (e.src = "https://cdn.jsdelivr.net/npm/rasa-webchat@1.0.1/lib/index.js"),
30 (e.async = !0),
31 (e.onload = () => {
32     window.WebChat.default(
33     {
34         selector: "#webchat",
35         initPayload: "/greet",
36         customData: { "language": "el" },
37         socketUrl: "https://104.155.53.205.nip.io",
38         socketPath: "/socket.io/",
39         title: "Ψηφιακός βοηθός του σχολείου",
40         subtitle: "Ρώτησέ με ό,τι θες!",
41         storage: "session",
42         tooltip: "Ψηφιακός βοηθός του σχολείου",
43         tooltipDelay: 500,
44         withRules: true,
45         initiallyOpen: true,
46     },
47     null
48 );
```

Εικόνα 15. Παραμετροποίηση της διεύθυνσης διακομιστή [socketUrl] στο script ενσωμάτωσης

Ενσωμάτωση στο WordPress: Δεδομένου ότι τα περισσότερα σύγχρονα σχολικά και ενδεχομένως και εταιρικά περιβάλλοντα βασίζονται στο Σύστημα Διαχείρισης Περιεχομένου WordPress, η ενσωμάτωση επιτυγχάνεται πολύ αποτελεσματικά χωρίς παρέμβαση στον κεντρικό κώδικα του θέματος (theme). Χρησιμοποιούνται ευρέως διαδεδομένα πρόσθετα (plugins) - όπως το *WPCode* ή τα *Header/Footer Scripts* - μέσα από τα οποία ο διαχειριστής της ιστοσελίδας επικαλείται την εφαρμογή JavaScript του Widget σε όλες, ή σε επιλεγμένες, σελίδες του ιστότοπου, διασφαλίζοντας την ενιαία εμφάνιση του ψηφιακού βοηθού.



Εικόνα 16. Διαδικασία ενσωμάτωσης του κώδικα μέσω πρόσθετου (plugin) στο Σύστημα Διαχείρισης Περιεχομένου WordPress



Εικόνα 17. Το chatbot σε πλήρη λειτουργία στην αρχική σελίδα του WordPress site

4.2 Επίδειξη Συστήματος

Στην παρούσα ενότητα παρατίθεται η πρακτική επίδειξη του έξυπνου σχολικού βοηθού μέσω πέντε (5) αντιπροσωπευτικών Περιπτώσεων Χρήσης (Use Cases) (Π.Χ.). Στόχος της επίδειξης είναι η ανάδειξη της λειτουργικότητας του Chatbot σε πραγματικές συνθήκες, καλύπτοντας όλο το εύρος των αναγκών της σχολικής κοινότητας — από τον απλό επισκέπτη έως τον διαχειριστή (εκπαιδευτικό).

Η σειρά των παρουσιάσεων ακολουθεί μια κλιμακούμενη τεχνική πολυπλοκότητα: Ξεκινάμε από απλές αναζητήσεις πληροφοριών (επίπεδο Guest), προχωράμε στην ανάκτηση δυναμικού υλικού από εξωτερικές πηγές και καταλήγουμε στις σύνθετες λειτουργίες διαχείρισης και αυτόματης παραγωγής εγγράφων (επίπεδο Admin/Teacher). Μέσα από αυτή τη ροή, τεκμηριώνεται η ικανότητα του συστήματος όχι μόνο να αντιλαμβάνεται τη φυσική γλώσσα (NLP), αλλά και να εκτελεί σύνθετες ενέργειες (**Custom Actions**) αλληλεπιδρώντας δυναμικά με τη βάση δεδομένων, τον ιστότοπο του σχολείου και τις βιβλιοθήκες παραγωγής αρχείων PDF.

4.2.1 Αναζήτηση για Στοιχεία Επικοινωνίας (Διακριτός Ρόλος: Χρήστης)

Στην συγκεκριμένη Περίπτωση Χρήσης (Π.Χ. Αναζήτηση για Στοιχεία Επικοινωνίας) παρουσιάζεται η διαδικασία όπου κάποιος μη εγγεγραμμένος χρήστης (π.χ. γονέας/κηδεμόνας) θέλει να αναζητήσει πληροφορίες.

Με το άνοιγμα της ιστοσελίδας του σχολείου (δείτε Εικόνα 17), αυτόματα ανοίγει και το παράθυρο συζήτησης του «Σχολικού Βοηθού». Το chatbot αφού πρώτα παρουσιαστεί και καλωσορίσει τον επισκέπτη, ρωτάει τον ρόλο του.



Εικόνα 18. Ιστοσελίδα σχολείου (Π.Χ. Αναζήτηση για Στοιχεία Επικοινωνίας)

Ο χρήστης παρέχει την ιδιότητα του και το chatbot εμφανίζει τις πληροφορίες για το τι μπορεί να κάνει (δείτε Εικόνα 19).



Εικόνα 19. Επιλογή ιδιότητας (Π.Χ. Αναζήτηση για Στοιχεία Επικοινωνίας)

Εφόσον ο χρήστης ζητήσει πληροφορίες επικοινωνίας με το σχολείο τότε το chatbot δίνει την αντίστοιχη απάντηση (δείτε Εικόνα 20).



Εικόνα 20. Ολοκλήρωση συνομιλίας (Π.Χ. Αναζήτηση για Στοιχεία Επικοινωνίας)

4.2.2 Αναζήτηση Υλικού Διαβάσματος (Διακριτός Ρόλος: Χρήστης)

Στην συγκεκριμένη Περίπτωση Χρήσης (Π.Χ. Αναζήτηση Υλικού Διαβάσματος) παρουσιάζεται η διαδικασία όπου κάποιος μη εγγεγραμμένος χρήστης (π.χ. μαθητής) θέλει να αναζητήσει υλικό για μελέτη.

Με το άνοιγμα της ιστοσελίδας του σχολείου, αυτόματα ανοίγει και το παράθυρο συζήτησης του «Σχολικού Βοηθού» (δείτε Εικόνα 17). Το chatbot αφού πρώτα παρουσιαστεί και καλωσορίσει τον επισκέπτη, ρωτάει τον ρόλο του.

Ο χρήστης παρέχει την ιδιότητα του και το chatbot εμφανίζει τις πληροφορίες για το τι μπορεί να κάνει (δείτε Εικόνα 21).



Εικόνα 21. Επιλογή ιδιότητας (Π.Χ. Αναζήτηση Υλικού Διαβάσματος)

Εφόσον ο χρήστης ζητήσει υλικό μελέτης τότε το chatbot ζητάει με την σειρά το μάθημα και την τάξη για την οποία ενδιαφέρεται. Μόλις ο χρήστης δώσει τις μεταβλητές, τότε του παρουσιάζει λίστα με όλο το αντίστοιχο υλικό που υπάρχει σε αυτή τη κατηγορία (δείτε Εικόνα 22).



Εικόνα 22. Ολοκλήρωση συνομιλίας (Π.Χ. Αναζήτηση Υλικού Διαβάσματος)

4.2.3 Περίπτωση Χρήσης: Δημιουργία / Ανάρτηση Υλικού Διαγωνισμάτων (Διακριτοί Ρόλοι: Εγγεγραμμένος Χρήστης / Διαχειριστής)

Στην συγκεκριμένη Περίπτωση Χρήσης (Π.Χ. Δημιουργία / Ανάρτηση Υλικού Διαγωνισμάτων) παρουσιάζεται η διαδικασία όπου κάποιος εγγεγραμμένος χρήστης (π.χ. εκπαιδευτικός) θέλει να αναρτήσει υλικό διαγωνισμάτων. Η διαδικασία αυτή απαρτίζεται από τα ακόλουθα βήματα.

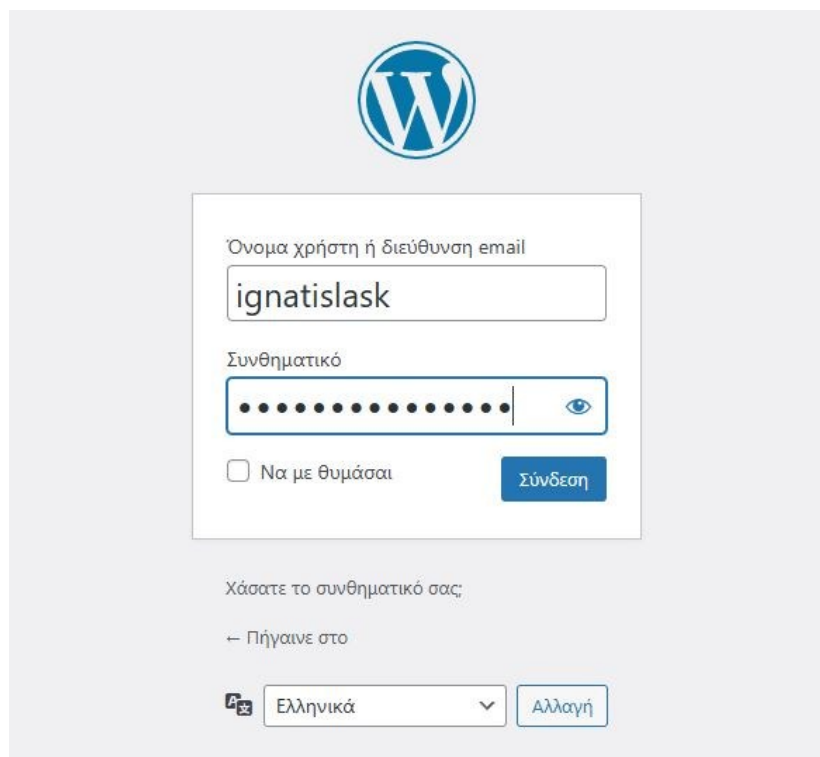
Βήμα 1. Με το άνοιγμα της ιστοσελίδας του σχολείου, αυτόματα ανοίγει και το παράθυρο συζήτησης του «Σχολικού Βοηθού» (δείτε Εικόνα 17). Το chatbot αφού πρώτα παρουσιαστεί και καλωσορίσει τον επισκέπτη, ρωτάει τον ρόλο του.

Βήμα 2. Ο χρήστης επιλέγει την ιδιότητα του και το chatbot εμφανίζει τις πληροφορίες για το τι μπορεί να κάνει (δείτε Εικόνα 23).



Εικόνα 23. Ολοκλήρωση συνομιλίας (Π.Χ. Αναζήτηση Υλικού Διαβάσματος)

Βήμα 3. Ο χρήστης προκειμένου να προβεί στην ανάρτηση υλικού διαγωνισμάτων πρέπει να είναι συνδεδεμένος. Η σύνδεση πραγματοποιείται με επιλογή του πεδίου «Σύνδεση» στην δεξιά πλευρά της ιστοσελίδας.



WordPress login form. The form includes a logo at the top, a text input for 'Όνομα χρήστη ή διεύθυνση email' containing 'ignatislask', a password input with a visibility toggle, a checkbox for 'Να με θυμάσαι', and a 'Σύνδεση' button. Below the form, there is a link for 'Χάσατε το συνθηματικό σας;', a link for '← Πήγαvine στο', and a language selector set to 'Ελληνικά' with an 'Αλλαγή' button.

Εικόνα 24. Ταυτοποίηση χρήστη (Π.Χ. Δημιουργία / Ανάρτηση Υλικού Διαγωνισμάτων)

Βήμα 4. Μετά την εισαγωγή των προσωπικών στοιχείων (δείτε Εικόνα 24) και την επιτυχή ολοκλήρωση της σύνδεσης, το chatbot αναγνωρίζει το όνομα χρήστη και εμφανίζει στην αρχή της συνομιλίας προσωπικό χαιρετισμό προς τον εγγεγραμμένο χρήστη (δείτε Εικόνα 25).



The image shows a website for 'Γυμνάσιο Μυτιλήνης' (Mitylene High School). The header features the school's logo and a navigation menu with links: Αρχική, Το σχολείο μας, Ενημέρωση Γονέων & Μαθητών, Ανακοινώσεις, and Επικοινωνία. The main content area is titled 'Το σχολείο μας' and contains text about the school's history and mission. On the right side, there is a chatbot interface titled 'Ο Ψηφιακός βοηθός του σχολείου' (The Digital Assistant of the School) for user 'ignatislask'. The chatbot has a 'Γεια σας! Είστε μαθητής, γονέας ή εκπαιδευτικός του σχολείου?' (Hello! Are you a student, parent, or teacher of the school?) message and a 'Γιατί σας!' (Why you?) button. Below this, there is a 'Μπορείτε να αναρτήσετε υλικό, να δημιουργήσετε διαγωνίσματα και να αναζητήσετε πληροφορίες που αφορούν στη λειτουργία του σχολείου.' (You can upload material, create exams, and search for information related to the school's operation.) message. The chatbot also has a 'Type a message...' input field and a 'X' button to close the chat.

Εικόνα 25. Εγγεγραμμένος χρήστης (Π.Χ. Δημιουργία / Ανάρτηση Υλικού Διαγωνισμάτων)

Βήμα 5. Εφόσον ο εγγεγραμμένος χρήστης (εκπαιδευτικός) ζητήσει να αναρτήσει υλικό για διαγωνίσματα, το chatbot θα του ζητήσει την διαδρομή από τον Η/Υ του με το αρχείο που περιέχει τις ερωτήσεις (δείτε Εικόνα 26).



Εικόνα 26. Εγγεγραμμένος χρήστης (Π.Χ. Δημιουργία / Ανάρτηση Υλικού Διαγωνισμάτων)

Βήμα 6. Αν το αρχείο τηρεί τις προδιαγραφές, τότε θα ζητήσει από τον χρήστη το μάθημα και την τάξη που αφορά το υλικό για να το αποθηκεύσει στην βάση και θα εμφανίσει μήνυμα επιτυχίας με τον αριθμό των ερωτήσεων που αποθηκεύτηκαν στην βάση (δείτε Εικόνα 27).



Εικόνα 27. Εγγεγραμμένος χρήστης (Π.Χ. Δημιουργία / Ανάρτηση Υλικού Διαγωνισμάτων)

Προϋπόθεση για την σωστή ολοκλήρωση της παραπάνω Π.Χ. είναι το αρχείο .docx να έχει πρωτίστως ανέβει από τον διαχειριστή του συστήματος στον server μέσω του GitHub.

4.2.4 Περίπτωση Χρήσης: Δημιουργία Υλικού Διαβάσματος (Διακριτοί Ρόλοι: Εγγεγραμμένος Χρήστης / Διαχειριστής)

Στην συγκεκριμένη Περίπτωση Χρήσης (Π.Χ. Δημιουργία Υλικού Διαβάσματος) παρουσιάζεται η διαδικασία όπου κάποιος εγγεγραμμένος χρήστης (π.χ. εκπαιδευτικός) θέλει να αναρτήσει υλικό μελέτης.

Η διαδικασία είναι ίδια μέχρι το 4^ο βήμα της Ενότητας 4.2.4.

Εφόσον ο εγγεγραμμένος χρήστης ζητήσει να αναρτήσει υλικό μελέτης, το chatbot θα του ζητήσει τον υπερσύνδεσμο που υπάρχει το αντίστοιχο υλικό. Εφόσον ο υπερσύνδεσμος τηρεί τις προδιαγραφές, τότε θα ζητήσει από τον χρήστη το μάθημα και την τάξη που αφορά το υλικό για να το αποθηκεύσει στην βάση (δείτε Εικόνα 28).



Εικόνα 28. Εγγεγραμμένος χρήστης (Π.Χ. Δημιουργία / Ανάρτηση Υλικού Διαγωνισμάτων)

Τέλος, θα εμφανίσει μήνυμα επιτυχίας με τον τίτλο του αρχείου, ο οποίος περιέχει το μάθημα, την τάξη και τον αύξοντα αριθμό (δείτε Εικόνα 29).



Εικόνα 29. Ολοκλήρωση συνομιλίας (Π.Χ. Δημιουργία Υλικού Διαβάσματος)

4.2.5 Περίπτωση Χρήσης: Δημιουργία Διαγωνίσματος (Διακριτοί Ρόλοι: Εγγεγραμμένος Χρήστης / Διαχειριστής)

Στην συγκεκριμένη Περίπτωση Χρήσης (Π.Χ. Δημιουργία Διαγωνίσματος) παρουσιάζεται η διαδικασία όπου κάποιος εγγεγραμμένος χρήστης (π.χ. εκπαιδευτικός) θέλει να δημιουργήσει ένα διαγώνισμα.

Η διαδικασία είναι ίδια μέχρι το 4^ο βήμα της ενότητας 4.2.4.

Εφόσον ο εγγεγραμμένος χρήστης ζητήσει την δημιουργία διαγωνίσματος, το chatbot θα του ζητήσει το «μάθημα», την «τάξη» και τον «βαθμό δυσκολίας» που επιθυμεί (δείτε Εικόνα 30).



Εικόνα 30. Εισαγωγή μεταβλητών (μάθημα, τάξη και βαθμό δυσκολίας)

Στην συνέχεια το chatbot θα ζητήσει από τον χρήστη τον επιθυμητό αριθμό ερωτήσεων καθώς και αν επιθυμεί να εμφανιστούν και οι απαντήσεις (δείτε Εικόνα 31).



Εικόνα 31. Εισαγωγή μεταβλητών (αριθμός ερωτήσεων και εμφάνιση απαντήσεων)

Μετά την εισαγωγή όλων των μεταβλητών, το chatbot εμφανίζει μήνυμα επιτυχίας και τον σύνδεσμο από όπου μπορεί να κατεβάσει ο εγγεγραμμένος χρήστης το διαγώνισμα (δείτε Εικόνα 32). Ο σύνδεσμος έχει

την μορφή «Exam_Mathematics_A_Hard_5.pdf» και ο εκπαιδευτικός μπορεί να το επιλέξει και να το κατεβάσει στον υπολογιστή του. Το παραγόμενο αρχείο είναι σε μορφή PDF (δείτε Εικόνα 33).



Εικόνα 32. Παραγωγή διαγωνίσματος

Διαγώνισμα: Μαθηματικά

Τάξη: Α Γυμνασίου | Δυσκολία: Δύσκολο

Ερώτηση 1:

Ποιος αριθμός μεταξύ 20 και 35 λείπει από το μοτίβο: 2, 5, 9, 14, 20, ... , 35, 44, 54, 65 ;

A. 26

B. 27

Γ. 28

Δ. 29

Ερώτηση 2:

Να προσδιορίσετε όλες τις τιμές του ακέραιου $\square$ για τις οποίες ο αριθμός είναι ακέραιος.

$$A = \frac{9v^2 + 15v + 10}{3v + 2}$$

Ερώτηση 3:

Ένας τριψήφιος αριθμός έχει 9 δεκάδες. Αν αυξήσω τον αριθμό κατά 3 μονάδες ο αριθμός των εκατοντάδων του είναι 7, ενώ αν τον αυξήσω κατά 4 μονάδες ο αριθμός των εκατοντάδων του είναι 8. Ποιος είναι ο τριψήφιος αριθμός;

A. 797

B. 796

Γ. 896

Δ. 799

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

5.1 Συμπεράσματα και Συνεισφορά της Διπλωματικής Εργασίας

Η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας εισάγει μια καινοτόμο προσέγγιση στην υποστήριξη της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, συνδυάζοντας προηγμένες τεχνολογίες Επεξεργασίας Φυσικής Γλώσσας (NLP) με εργαλεία αυτοματισμού γραφείου. Η κεντρική συνεισφορά του συστήματος έγκειται στην ψηφιοποίηση και την έξυπνη οργάνωση του εκπαιδευτικού υλικού, μετατρέποντας μια στατική τράπεζα θεμάτων σε έναν διαδραστικό και δυναμικό πόρο.

Ο πόρος αυτός λαμβάνει τη μορφή ενός δομημένου ψηφιακού αποθετηρίου, όπου οι ερωτήσεις δεν αποτελούν πλέον απλό κείμενο, αλλά οντότητες με μεταδεδομένα (μάθημα, τάξη, βαθμός δυσκολίας). Αυτή η μορφή επιτρέπει στο σύστημα να ανακτά και να συνθέτει το υλικό αυτόματα, μετατρέποντάς το σε εξατομικευμένα, εκτυπώσιμα έγγραφα PDF μέσω της βιβλιοθήκης ReportLab, ανταποκρινόμενο άμεσα στις παραμέτρους που θέτει ο εκπαιδευτικός κατά τη διάρκεια του διαλόγου.

Η υλοποίηση βασίστηκε στο **Rasa Framework**, μέσω του οποίου επιτεύχθηκε η μοντελοποίηση της επικοινωνίας μεταξύ μαθητή και συστήματος. Η τεχνολογία αυτή δεν περιορίζεται σε μια απλή ανάκτηση πληροφορίας, αλλά επιτρέπει την κατανόηση της πρόθεσης (Intent Recognition) του χρήστη ακόμη και σε περιπτώσεις ελλιπούς ή ασαφούς διατύπωσης στα Ελληνικά. Αυτή η ευφυής διεπαφή αποτελεί το "πρόσωπο" του συστήματος, προσφέροντας στον μαθητή άμεση πρόσβαση σε υποστηρικτικό υλικό (Study Materials) και τη δυνατότητα αυτοαξιολόγησης σε πραγματικό χρόνο.

Παράλληλα, ο αυτοματισμός της παραγωγής διαγωνισμάτων μέσω της βιβλιοθήκης **ReportLab** αναδεικνύει την πρακτική αξία του συστήματος. Η δυνατότητα του chatbot να συνδυάζει τυχαία επιλεγμένες ερωτήσεις (με τον ίδιο βαθμό δυσκολίας που έχει παραμετροποιηθεί από τον διδάσκοντα) από τη βάση δεδομένων και να τις συνθέτει σε ένα πλήρως μορφοποιημένο αρχείο PDF του διαγωνίσματος, προσφέρει μια εξατομικευμένη εμπειρία αξιολόγησης. Η αρχιτεκτονική αυτή διασφαλίζει ότι κάθε μαθητής μπορεί να λάβει ένα μοναδικό σύστημα ασκήσεων που ανταποκρίνεται στο επίπεδό του, προάγοντας έτσι τη διαφοροποιημένη διδασκαλία. Αυτό υποστηρίζεται μέσω ξεχωριστής παραγωγής διαγωνισμάτων με βάση το επίπεδο στο οποίο βρίσκεται το αντίστοιχο υποσύνολο των μαθητών σε μια τάξη.

Τέλος, η θωράκιση του συστήματος μέσω του **Docker**, προσδίδει στην εργασία έναν χαρακτήρα "έτοιμου προς χρήση" (production-ready) λογισμικού. Η συνολική αρχιτεκτονική δεν αποτελεί απλώς μια θεωρητική εφαρμογή αλγορίθμων, αλλά ένα συγκροτημένο οικοσύστημα που απαντά στις σύγχρονες ανάγκες της ψηφιακής τάξης, εξισορροπώντας την τεχνική πολυπλοκότητα με τη χρηστικότητα και την εκπαιδευτική αποτελεσματικότητα.

5.2 Προσωπική Εμπειρία που Αποκτήθηκε

Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας δεν αποτέλεσε απλώς μια ακαδημαϊκή υποχρέωση, αλλά την κορύφωση μιας μακράς μαθησιακής πορείας. Η διαδικασία αυτή μου επέτρεψε να εφαρμόσω στην πράξη το σύνολο των θεωρητικών γνώσεων που αποκόμισα από το μάθημα «Τεχνολογίες Λογισμικού» του δευτέρου έτους σπουδών, το οποίο αποτέλεσε το θεμέλιο για την κατανόηση του κύκλου ζωής ενός έργου πληροφορικής.

Συγκεκριμένα, υιοθετώντας το μοντέλο του καταρράκτη, ακολούθησα μια δομημένη πορεία από την ανάλυση απαιτήσεων και τον σχεδιασμό, μέχρι την υλοποίηση και τον έλεγχο. Η εμπειρία αυτή απέκτησε ισχυρό επαγγελματικό χαρακτήρα μέσα από τη στενή συνεργασία με τον επιβλέποντα καθηγητή, κ. Κρητικό Κυριάκο. Η αλληλεπίδραση αυτή λειτούργησε ως μια προσομοίωση πραγματικής αγοράς εργασίας, όπου ένιωσα τον ρόλο του Μηχανικού Πληροφορικής που καλείται να μεταφράσει τις ανάγκες και τις στρατηγικές κατευθύνσεις του «πελάτη» σε λειτουργικές τεχνικές προδιαγραφές. Η ευθύνη της διαχείρισης ενός τόσο σύνθετου έργου ενίσχυσε την αυτοπεποίθησή μου και την ικανότητά μου να ανταποκρίνομαι σε υψηλό επίπεδο απαιτήσεων.

Παράλληλα, η εργασία αυτή με έφερε αντιμέτωπο με τον τεράστιο όγκο πληροφοριών που διατίθεται στο σύγχρονο διαδίκτυο. Διαπίστωσα ότι η πρόκληση δεν έγκειται στην έλλειψη πληροφορίας, αλλά στην ικανότητα της ορθής διαλογής και σύνθεσης των πηγών. Μέσα από τη μελέτη τεκμηριώσεων, κοινοτήτων προγραμματιστών και επιστημονικών άρθρων, αντιλήφθηκα ότι με τη σωστή μεθοδολογία και επιμονή, είναι εφικτό να επιτευχθούν στόχοι που αρχικά φάνταζαν ακατόρθωτοι. Η επιτυχής ενσωμάτωση ετερογενών τεχνολογιών (όπως το Rasa, το Docker και η αυτοματοποιημένη επεξεργασία εγγράφων) μου απέδειξε ότι ο συνδυασμός της ακαδημαϊκής βάσης με την κριτική χρήση της παγκόσμιας τεχνικής γνώσης μπορεί να οδηγήσει σε αποτελέσματα που ξεπερνούν ακόμη και τις προσωπικές προσδοκίες.

5.3 Επεκτάσεις & Προτάσεις για Μελλοντική Εργασία

Παρά την επιτυχή υλοποίηση και λειτουργία του σχολικού chatbot, υπάρχουν σημαντικά περιθώρια επέκτασης και βελτίωσης, τα οποία θα μπορούσαν να ενισχύσουν περαιτέρω τον εκπαιδευτικό του ρόλο. Οι προτάσεις για μελλοντική εργασία εστιάζουν στην ενσωμάτωση πιο προηγμένων τεχνολογιών και στη σύνδεση του συστήματος με το ευρύτερο ψηφιακό εκπαιδευτικό οικοσύστημα.

Το παραπάνω ενισχύεται από το γεγονός ότι πριν την ολοκλήρωση της υλοποίησης δημιουργήθηκε η ανάγκη για ανάπτυξη μιας συμπληρωματικής εφαρμογής όπου ο διαχειριστής του συστήματος θα μπορεί να διαχειρίζεται με εύκολο τρόπο τα αρχεία των ερωτήσεων των διαγωνισμάτων. Η υλοποίηση έχει ξεκινήσει με χρήση της βιβλιοθήκης **Streamlit**⁶⁷ για την ανάπτυξη της απαιτούμενης εφαρμογής διαχείρισης (Admin App). Το πλαίσιο Streamlit επιλέχθηκε για την ικανότητά του να μετατρέπει scripts της Python σε διαδραστικές web εφαρμογές με ελάχιστο κώδικα (low-code development). Προσφέρει μια σύγχρονη και φιλική διεπαφή για τον διαχειριστή, διευκολύνοντας την περιήγηση, την επεξεργασία και τη διαγραφή του εκπαιδευτικού υλικού.

⁶⁷ Streamlit Documentation - Main Concepts: <https://docs.streamlit.io/library/get-started/main-concepts>

Επιπλέον, η προσθήκη φωνητικής διεπαφής (Voice Interface) μέσω τεχνολογιών Speech-to-Text και Text-to-Speech θα καθιστούσε το σύστημα πιο προσβάσιμο, ειδικά για μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες ή οπτικές αναπηρίες. Η δυνατότητα του μαθητή να αλληλεπιδρά με το bot μέσω φυσικής ομιλίας θα ενίσχυσε τη διάδραση και θα προσομοίωνε με μεγαλύτερη ακρίβεια τη ζωντανή διδασκαλία.

Μια επιπλέον στρατηγική κατεύθυνση αφορά την ενσωμάτωση **Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων (Large Language Models - LLMs)**, η οποία θα λειτουργεί συμπληρωματικά προς τον υπάρχοντα μηχανισμό του Rasa. Προκειμένου να διασφαλιστεί η πλήρης κυριαρχία των δεδομένων και η ιδιωτικότητα των χρηστών —όπως ορίστηκε στις προδιαγραφές του συστήματος— η επέκταση αυτή προτείνεται να πραγματοποιηθεί μέσω **τοπικά φιλοξενούμενων μοντέλων ανοικτού κώδικα** (π.χ. Llama 3 ή Mistral⁶⁸) ή μέσω ιδιωτικών εικονικών μηχανών στο νέφος (privatecloudinstances).

Με αυτόν τον τρόπο, το chatbot θα μπορεί να λειτουργεί ως ένας προηγμένος ψηφιακός βοηθός, ικανός να εξηγεί σύνθετες έννοιες και να παράγει αυτόματα νέες ασκήσεις βασισμένες στη θεωρία, χωρίς τα ευαίσθητα εκπαιδευτικά δεδομένα να εξέρχονται από το ελεγχόμενο περιβάλλον της σχολικής μονάδας. Η χρήση των LLMs θα περιορίζεται στην υποστήριξη του διαλόγου και στην παραγωγή περιεχομένου, ενώ ο έλεγχος της ροής και η αυθεντικότητα των πληροφοριών θα εξακολουθούν να διασφαλίζονται από τον κεντρικό πυρήνα του συστήματος και τη βάση δεδομένων.

Τέλος, μια σημαντική κατεύθυνση αφορά την επέκταση της "έξυπνης σάρωσης" για την υποστήριξη πολύπλοκων μαθηματικών τύπων, χημικών ενώσεων και γεωμετρικών σχημάτων μέσω προηγμένων αλγορίθμων **Computer Vision**⁶⁹. Παρόλο που η τρέχουσα υλοποίηση εξάγει εικόνες και κείμενο από έγγραφα Word, η πρόκληση παραμένει στη **σημασιολογική κατανόηση (semantic recognition)** αυτών των στοιχείων.

Συγκεκριμένα, η χρήση Computer Vision θα επέτρεπε στο σύστημα:

- **Στην περίπτωση των τύπων:** Να μετατρέπει οπτικά δεδομένα (π.χ. μια φωτογραφία χειρόγραφου τύπου) σε επεξεργάσιμη μορφή, διασφαλίζοντας την ορθή αναπαράστασή τους στο τελικό PDF.
- **Στην περίπτωση των σχημάτων:** Να αναγνωρίζει τη δομή ενός γεωμετρικού σχήματος ή μιας χημικής ένωσης, ώστε να μπορεί να τα αρχειοθετεί με κατάλληλα μεταδεδομένα (π.χ. "τρίγωνο", "οργανική ένωση") και όχι απλώς ως ανώνυμα αρχεία εικόνων.

Αυτή η δυνατότητα θα επέτρεπε στο σύστημα να καλύψει το σύνολο των θετικών επιστημών με μεγαλύτερη ακρίβεια, μετατρέποντας το chatbot από έναν απλό διαχειριστή αρχείων σε έναν ευφυή αναλυτή εκπαιδευτικού περιεχομένου. Παράλληλα, η μετάβαση από μια Web-based εφαρμογή σε μια **Native Mobile Application** θα μπορούσε να αυξήσει τη χρήση του συστήματος, προσφέροντας "push notifications"⁷⁰ για υπενθυμίσεις μελέτης ή ανακοινώσεις νέων διαγωνισμάτων.

⁶⁸ Ollama: Get up and running with large language models locally: <https://ollama.com/>

⁶⁹ Tesseract OCR and OpenCV for Educational Content Digitization: <https://opencv.org/>

⁷⁰ Firebase Cloud Messaging for Native Mobile Applications: <https://firebase.google.com/docs/cloud-messaging>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]: McCarthy, J. (2007). *What is Artificial Intelligence?* Stanford University. Διαθέσιμο στο: <http://jmc.stanford.edu/articles/whatisai.html>
- [2]: Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.
- [3]: Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). *Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence*. *Business Horizons*, 62(1), 15-25.
- [4]: Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education*. Pearson.
- [5]: UNESCO (2021). *Artificial intelligence and education: guidance for policy-makers*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- [6] R. Luckin, W. Holmes, M. Griffiths, and L. B. Forcier, "Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education," *Pearson*, London, 2016. [Online]. Available: <https://www.pearson.com/content/dam/one-dot-com/one-dot-com/global/Files/about-pearson/innovation/Intelligence-Unleashed-Publication.pdf>.
- [7]: Wenger, E. (1987). *Artificial Intelligence and Tutoring Systems: Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge*. MorganKaufmann.
- [8] B. P. Woolf, *Building Intelligent Interactive Tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*. Morgan Kaufmann, 2010. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/book/9780123735942/building-intelligent-interactive-tutors>.
- [9] E. Adamopoulou and L. Moussiades, "An Overview of Chatbot Technology," *International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations*, pp. 373–383, 2020. [Online]. Available: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-49186-4_31.
- [10] T. Bunk, D. Varshneya, V. Vlasov, and A. Nichol, "DIET: Lightweight Language Understanding for Dialogue Systems," *arXiv preprint arXiv:2004.09936*, 2020. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2004.09936>.
- [11] V. Vlasov, J. E. Mosig, and A. Nichol, "Dialogue Transformers," *arXiv preprint arXiv:1910.00486*, 2019. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1910.00486>.
- [12] Google Cloud Learning - What are AI Hallucinations?: <https://cloud.google.com/learn/what-are-ai-hallucinations>

- [13] UNESCO, "Guidance for generative AI in education and research," *UNESCO Publishing*, Paris, 2023. [Online]. Available: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>.
- [14] T. Bocklisch, J. Faulkner, N. Pawlowski, and A. Nichol, "Rasa: Open Source Language Understanding and Dialogue Management," *arXiv preprint arXiv:1712.05181*, 2017. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1712.05181>.
- [15] A. Vaswani et al., "Attention is All You Need," *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*, vol. 30, 2017. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1706.03762>.
- [16] Vlasov, V., Mosig, J. E., & Nichol, A. (2019). *Dialogue Transformers*. *arXiv preprint arXiv:1910.00486*.
- [17] S. Singh and S. K. Singh, "Building Chatbots with Python: Using Natural Language Processing and Machine Learning," *Apress*, 2019. [Online]. Available: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4842-4352-7>.
- [18] Vlasov, V., et al. (2019). *Dialogue Transformers*. *arXiv preprint arXiv:1910.00486*.
- [19] L. Bass, I. Weber, & L. Zhu (2015), *DevOps: A Software Architect's Perspective*. Addison-WesleyProfessional.
- [20] Bernstein, D. (2014). *Containers and Cloud: From Linux Containers to Docker*. *IEEE Cloud Computing*, 1(3), 81-84.
- [21] Krishnan, S. P., & Gonzalez, J. L. U. (2015). *Building Your Next Big Thing with Google Cloud Platform*. Apress.
- [22] W. Reese, "Nginx: the High-Performance Web Server and Reverse Proxy," *Linux Journal*, vol. 2008, no. 173, 2008. [Online]. Available: <https://www.linuxjournal.com/article/10108>.
- [23] ΕΔΥΤΕ (2024). Ψηφιακός Μετασχηματισμός και Υπηρεσίες Υποστήριξης. Διαθέσιμο στο: <https://grnet.gr>
- [24] OpenAI, "ChatGPT Edu: Empowering universities and schools with AI," *OpenAI Blog*, May 2024. [Online]. Available: <https://openai.com/index/introducing-chatgpt-edu/>.
- [25] A. Kasneci, G. S. G. Papaioannou, and S. Retalis, "PROTEAS: An Intelligent Tutoring System for Programming," *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 31, no. 2, pp. 245–270, 2021.
- [26] M. Casillo, "Chatbots in Education: A Systematic Review of Applications, Challenges, and Future Trends," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 45012-45030, 2023. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10123041>.
- [27] W. W. Royce, "Managing the Development of Large Software Systems," *Proceedings of IEEE WESCON*, pp. 1-9, Aug. 1970. [Online]. Available: <http://www.scf.usc.edu/~csci201/lectures/Lecture11/royce.pdf>

- [28] R. Fielding, "Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures," Ph.D. dissertation, University of California, Irvine, 2000. [Online]. Available: <https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm>.
- [29] G. Booch, J. Rumbaugh, and I. Jacobson, *The Unified Modeling Language User Guide*, 2nd ed. Addison-Wesley Professional, 2005.
- [30] J. Jurafsky and J. H. Martin, *Speech and Language Processing*, 3rd ed. draft, 2023. [Online]. Available: <https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/>.
- [31] V. Vlasov, A. Nichol, and T. Bocklisch, "Rasa: Open Source Language Understanding and Dialogue Management," *arXiv preprint arXiv:1712.05181*, 2017 (updated for SDK v3.x). [Online]. Available: <https://rasa.com/docs/rasa/custom-actions>.
- [32] ReportLab Europe Ltd., "ReportLab PDF Library User Guide," 2024. [Online]. Available: <https://www.reportlab.com/docs/reportlab-userguide.pdf>.
- [33] S. Bredfeldt, "Working with Microsoft Word Documents in Python using python-docx," *Python Software Foundation*, 2023. [Online]. Available: <https://python-docx.readthedocs.io/>.