



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ
ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗ

Ανάπτυξη Ιατρικού Υποβοηθητικού Συστήματος με Χρήση Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων (LLMs) και Ανάλυση Ιατρικών Εξετάσεων

Σδρόλιας Στυλιανός
3212020197, icsd20197@icsd.aegean.gr

Επιβλέπων: Επίκουρος Καθηγητής, Αλεξόπουλος
Χαράλαμπος

ΙΟΥΛΙΟΣ 2025
www.aegean.icsd.gr/is-lab

Η Διπλωματική Εργασία παρουσιάστηκε ενώπιον
του Διδακτικού Προσωπικού του Πανεπιστημίου Αιγαίου
Σε Μερική Εκπλήρωση των απαιτήσεων για την απόκτηση του διπλώματος του
Μηχανικού Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

Η ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΩΝ
ΕΠΙΚΥΡΩΝΕΙ ΤΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ ΣΔΡΟΛΙΑ ΣΤΥΛΙΑΝΟΥ

ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ, Επιβλέπων

Επίκουρος Καθηγητής

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών
και Επικοινωνιακών Συστημάτων

ΧΑΡΑΛΑΜΠΙΔΗΣ ΓΙΑΝΝΗΣ, Μέλος

Καθηγητής

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών
και Επικοινωνιακών Συστημάτων

Λουκής Ευριπίδης, Μέλος

Καθηγητής

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών
και Επικοινωνιακών Συστημάτων

© 2025

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΣΔΡΟΛΙΑΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί το αποτέλεσμα μιας πολύμηνης ερευνητικής και αναπτυξιακής πορείας. Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου για την καθοδήγηση, τις συμβουλές και την υποστήριξή του καθ' όλη τη διάρκεια του έργου. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω επίσης στην οικογένειά μου και στους φίλους μου για την ηθική τους στήριξη και την κατανόηση που έδειξαν κατά τη διάρκεια της προσπάθειάς μου. Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους επαγγελματίες υγείας και ασθενείς που προσέφεραν προτάσεις και παρατηρήσεις για την εφαρμογή. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδρομής, βίωσα προκλήσεις αλλά και σημαντικά μαθήματα, τόσο στον τομέα της τεχνολογίας όσο και στην προσωπική μου εξέλιξη. Η εμπλοκή μου με την υλοποίηση ενός εργαλείου με κοινωνικό αποτύπωμα ενίσχυσε τη βαθύτερη επιθυμία μου να συνδυάζω την πληροφορική με την καθημερινή φροντίδα των ανθρώπων.

Περίληψη

Ανάπτυξη Ιατρικού Υποβοηθητικού Συστήματος με Χρήση Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων (LLMs) και Ανάλυση Ιατρικών Εξετάσεων

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός καινοτόμου ιατρικού υποβοηθητικού συστήματος, με την ονομασία **eDoctor**, το οποίο αξιοποιεί Τεχνητή Νοημοσύνη και Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (LLMs) για την ανάλυση αιματολογικών εξετάσεων και την υποστήριξη λήψης αποφάσεων υγείας. Στόχος του έργου είναι η ανάπτυξη μιας web εφαρμογής που προσφέρει στους ασθενείς ένα εύχρηστο και διαδραστικό περιβάλλον, μέσω του οποίου μπορούν να αναλύσουν εξετάσεις, να αξιολογήσουν συμπτώματα και να λάβουν προσωποποιημένες ιατρικές συστάσεις.

Η μεθοδολογική προσέγγιση περιλάμβανε τη χρήση OCR (Tesseract) για την εξαγωγή κειμένου από εικόνες και PDF, την αξιοποίηση του GPT-4 μέσω της βιβλιοθήκης LangChain για ανάλυση φυσικής γλώσσας, καθώς και την ανάπτυξη backend με Flask και frontend με HTML/CSS/JavaScript. Το σύστημα ενσωματώνει επίσης δυναμικό ερωτηματολόγιο συμπτωμάτων, υπολογισμό δόσεων ινσουλίνης και σύστημα σύγκρισης ιατρικών εξετάσεων.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το σύστημα είναι σε θέση να αναγνωρίζει παθολογικά μοτίβα, να ερμηνεύει τιμές με ακρίβεια και να προσφέρει ουσιαστική συμβουλευτική καθοδήγηση. Η διαδραστικότητα μέσω ChatBot, η αυτόματη σύνοψη ιατρικών δεδομένων και η δυνατότητα παρακολούθησης μεταβολών υγείας μέσω συγκρίσεων, καθιστούν το eDoctor ένα λειτουργικό και επεκτάσιμο εργαλείο με πραγματική εφαρμογή στην υποστηρικτική ιατρική.

Η εργασία αυτή αποδεικνύει τη δυνατότητα των LLMs να ενισχύσουν την πρόσβαση στην υγειονομική πληροφόρηση και θέτει τις βάσεις για τη μελλοντική ενσωμάτωσή τους σε περιβάλλοντα τηλεϊατρικής και διαχείρισης χρόνιων νοσημάτων.

Λέξεις-Κλειδιά: τεχνητή νοημοσύνη, GPT-4, ιατρικές εξετάσεις, OCR, υποστήριξη απόφασης, σύγκριση αποτελεσμάτων, διαβήτη τύπου 1

Ο πλήρης κώδικας της εφαρμογής είναι διαθέσιμος στο αποθετήριο GitHub:

<https://github.com/sdrolis/eDoctor>

Abstract

Development of a Medical Decision Support System Using Large Language Models (LLMs) and Medical Test Analysis

This thesis presents the design and development of **eDoctor**, an innovative medical decision support system that leverages Artificial Intelligence and Large Language Models (LLMs) for the interpretation of blood tests and the provision of personalized health recommendations. The aim of the project is to build a user-friendly and interactive web application that allows patients to upload their medical test results, assess symptoms, and receive automated guidance in natural language.

The methodology involved the use of Tesseract OCR for extracting text from medical documents (PDFs and images), and the GPT-4 model via the LangChain library to interpret the extracted data. The system architecture includes a Flask-based backend and a frontend built with HTML, CSS, and JavaScript. Additional features include a dynamic symptom questionnaire, an insulin dose calculator, and an exam comparison module to highlight significant health trends.

Results indicate that the system is capable of identifying abnormal indicators, interpreting lab results accurately, and generating clear and actionable medical advice. The ChatBot interaction, the automated summarization of test results, and the comparison of medical exams over time make **eDoctor** a powerful and scalable tool in the domain of digital health.

This work demonstrates the potential of LLMs in enhancing patient access to medical information and provides a foundation for future applications in telemedicine and chronic disease monitoring.

Keywords: artificial intelligence, GPT-4, medical test interpretation, OCR, decision support system, patient monitoring, diabetes

The full source code of the application is available in the GitHub repository:
<https://github.com/sdrolis/eDoctor>

Πίνακας Περιεχομένων

1. Εισαγωγή	8
1.1 Το πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας	8
1.2 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας	8
1.3 Αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας	9
1.4 Δομή.....	9
2. Ανάλυση Τρέχοντος Επιπέδου.....	10
2.1 Βασικές Έννοιες και Ορισμοί.....	10
2.2 Τρέχουσα Κατάσταση στην Ελλάδα.....	11
2.3 Τρέχουσα Κατάσταση στο Εξωτερικό.....	13
2.4 Ανασκόπηση Πεδίου.....	14
2.5 Δυνατότητες Χρήσης Υπαρχόντων Ιατρικών Βάσεων.....	16
2.6 Συμπεράσματα	17
3. Μεθοδολογία.....	19
4. Αρχιτεκτονική Συστήματος	22
4.1 Απαιτήσεις Συστήματος.....	22
4.2 Διαγράμματα.....	24
4.3 Συγκριτική Ανάλυση και Κριτική Αποτελεσμάτων	27
5. Εργαλεία Ανάπτυξης Συστήματος.....	29
6. Το Σύστημα.....	34
7. Συζήτηση.....	44
8. Συμπεράσματα και Προοπτικές	47
8.1. Συμπεράσματα επί των αποτελεσμάτων	47
8.2 Συμπεράσματα επί της μεθοδολογίας.....	48
8.3 Συμπεράσματα επί των εργαλείων.....	49
8.4 Προοπτικές/ Επόμενα Βήματα.....	49
9. Αναφορές	50
10. Παράρτημα.....	51

Πίνακας 2.2.1: Ελληνικές πλατφόρμες e-Υγείας και επίπεδο τεχνολογικής ωριμότητας.....	12
Πίνακας 2.3.1: Διεθνείς εφαρμογές υγείας και χρήση AI/NLP τεχνολογιών.....	14
Πίνακας 2.5.1: Συνοπτικά Συμπεράσματα ανά Υποενότητα με τα Κύρια Ευρήματα τους	18
Πίνακας 2.5.2: Συγκριτική Αποτίμηση Επιλεγμένων Εργαλείων Ψηφιακής Υγείας ..	18
Εικόνα 3.1: Ροή Μεθοδολογικής Προσέγγισης για την Ανάπτυξη του Συστήματος eDoctor.....	20
Πίνακας 3.2: Βασικά Στάδια της Ερευνητικής Μεθοδολογίας	22
Πίνακας 4.1.1: Λειτουργικές Απαιτήσεις	23
Πίνακας 4.1.2: Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις.....	24
Εικόνα 4.2.1: Block Diagram του συστήματος eDoctor.....	25
Εικόνα 4.2.2: Use Case Diagram του συστήματος eDoctor	26
Εικόνα 4.2.3: Sequence Diagram του συστήματος eDoctor.....	26
Εικόνα 4.2.4: Class Diagram του συστήματος eDoctor	27
Πίνακας 4.3.1: Σύγκριση εφαρμογών με το eDoctor.....	28
Πίνακας 4.3.2: Πίνακας με την επιτυχία κάθε στόχου	29
Πίνακας 5.1: Ανάλυση Εργαλείων για τις Λειτουργίες.....	31
Πίνακας 5.2: Ανάλυση Εργαλείων	32
Εικόνα 6.1: Πρώτη οθόνη εφαρμογής	35
Εικόνα 6.2: Εγγραφή χρήστη αν δεν έχει ήδη δημιουργήσει λογαριασμό	35
Εικόνα 6.3: Σύνδεση χρήστη εφόσον έχει κάνει εγγραφή.....	36
Εικόνα 6.4: Η αρχική μπάρα πλοήγησης της εφαρμογής, με διακριτή δομή για Chat Bot, Ερωτηματολόγιο και πρόσθετες λειτουργίες μέσω του μενού More.....	36
Εικόνα 6.5: Η βασική φόρμα του Chatbox όπου ο χρήστης μπορεί να καταχωρεί μηνύματα ή να επισυνάπτει αρχείο για ανάλυση.....	37
Εικόνα 6.6: Η απάντηση του GPT-4 στο Chatbox με επισήμανση θεμάτων, απάντησης και εκτίμησης επείγοντος.	37
Εικόνα 6.7: Πίνακας ανάλυσης αιματολογικών εξετάσεων με αυτόματα ερμηνεία και σήμανση φυσιολογικών/μη τιμών.....	38
Εικόνα 6.8: Αυτόματη σύνοψη της ιατρικής ερμηνείας από το AI, ενσωματωμένη και αποσταλμένη ως prompt για περαιτέρω ανάλυση.	39
Εικόνα 6.9: Επιλογή δύο αρχείων από το σύστημα για σύγκριση αιματολογικών εξετάσεων.	39
Εικόνα 6.10: Το αποτέλεσμα της σύγκρισης: σύνοψη διαφορών, ανάλυση ανά παράμετρο και προτεινόμενες ενέργειες.....	39
Εικόνα 6.11: Το ερωτηματολόγιο συμπτωμάτων κατά την αρχική του μορφή με βασικά πεδία εισόδου.....	40
Εικόνα 6.12: Δυναμικά προστιθέμενες ερωτήσεις ανάλογα με τα συμπτώματα που δηλώνει ο χρήστης.	40
Εικόνα 6.13: Τα αποτελέσματα μετά τη συμπλήρωση του και την Αξιολόγηση.....	40
Εικόνα 6.14: Φόρμα υπολογισμού ινσουλίνης βάσει ποσότητας υδατανθράκων και αναλογίας ICR.	41
Εικόνα 6.15: Υπολογισμός ινσουλίνης με βάση επιλεγμένο φαγητό από βάση δεδομένων τροφίμων.	41
Εικόνα 6.16: Υπολογισμός ινσουλίνης με βάση επιλεγμένο φαγητό από βάση δεδομένων τροφίμων, αλλά με συγκεκριμένα γραμμάρια.....	42
Εικόνα 6.17: Προσθήκη φαρμάκου και εμφάνιση υπενθύμισης στο σύστημα.	42
Εικόνα 6.18: Ενότητα διαχείρισης αρχείων του χρήστη, με δυνατότητα προβολής και επεξεργασίας των ανεβασμένων εξετάσεων.....	43

1. Εισαγωγή

1.1 Το πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας

Η διαχείριση ιατρικών δεδομένων, η υποστήριξη των ασθενών στην κατανόηση των εξετάσεών τους και η έγκαιρη πρόβλεψη πιθανών κινδύνων για την υγεία τους αποτελούν σήμερα μια διαρκώς εντεινόμενη ανάγκη, ιδιαίτερα στο πλαίσιο της Πρωτοβάθμιας Φροντίδας Υγείας. Η σύγχρονη ιατρική πρακτική έχει στη διάθεσή της πληθώρα πληροφοριών, οι οποίες, ωστόσο, πολλές φορές παραμένουν αδρανείς λόγω του όγκου τους, της πολυπλοκότητάς τους και της έλλειψης εξειδικευμένων εργαλείων για την ανάλυσή τους. Σε αυτό το πλαίσιο, η παρούσα διπλωματική εργασία φιλοδοξεί να συμβάλει στην επίλυση του παραπάνω προβλήματος, αξιοποιώντας σύγχρονες τεχνολογίες Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) και την προσβασιμότητα των web εφαρμογών. Πιο συγκεκριμένα, η εργασία αναπτύσσει ένα διαδικτυακό σύστημα, το οποίο επιτρέπει σε χρήστες να ανεβάζουν τις αιματολογικές τους εξετάσεις σε μορφή PDF ή εικόνας και να λαμβάνουν κατανοητές ερμηνείες και προτάσεις βάσει των τιμών τους. Το σύστημα δεν λειτουργεί ως διαγνωστικό εργαλείο, αλλά ως ένας έξυπνος βοηθός ενημέρωσης, ικανός να προσφέρει καθοδήγηση και να προτείνει, όπου κρίνεται απαραίτητο, τη συμβουλή επαγγελματία υγείας.

Η σπουδαιότητα της παρούσας έρευνας εδράζεται στην προσπάθεια γεφύρωσης του χάσματος μεταξύ τεχνολογίας και καθημερινού χρήστη στον τομέα της υγείας. Αν και υπάρχουν αρκετές εφαρμογές που συλλέγουν ή εμφανίζουν ιατρικά δεδομένα, ελάχιστες προσφέρουν ουσιαστική υποστήριξη στη γλωσσική και επιστημονική κατανόηση των αποτελεσμάτων, πολλώ δε μάλλον σε προσαρμοσμένο και ασφαλές περιβάλλον.

Η εργασία εντάσσεται στο ευρύτερο πεδίο της Υπολογιστικής Υγείας (Computational Health) και των Διαλογικών Συστημάτων, συνδυάζοντας γνωστικά πεδία όπως η Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (NLP), τα συστήματα Web, τα APIs και η ασφάλεια δεδομένων. Μελετώντας σχετικές υλοποιήσεις και προσεγγίσεις — από απλά health portals μέχρι προηγμένα medical AI assistants — επιβεβαιώνεται το ερευνητικό κενό που επιχειρεί να καλύψει η παρούσα εφαρμογή. Σημαντικά ερευνητικά έργα και εφαρμογές που επιχειρούν να ενισχύσουν την κατανόηση ιατρικών δεδομένων μέσω τεχνητής νοημοσύνης περιλαμβάνουν την πλατφόρμα Ada Health (DE), το Babylon Health (UK), καθώς και την εργασία των Rajkomar et al. (2019) στο New England Journal of Medicine σχετικά με τη χρήση machine learning στην ιατρική. Επιπλέον, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO, 2022) επισημαίνει την αναγκαιότητα για εύχρηστα ψηφιακά εργαλεία στην πρωτοβάθμια υγειονομική φροντίδα, ειδικά σε περιβάλλοντα με περιορισμένη πρόσβαση σε εξειδικευμένο προσωπικό. Η παρούσα εργασία εντάσσεται σε αυτό το πλαίσιο, επιχειρώντας να μεταφέρει τεχνολογίες προηγμένης τεχνητής νοημοσύνης (LLMs, NLP, OCR) σε ένα εύχρηστο και προσβάσιμο περιβάλλον για τον καθημερινό ασθενή.

1.2 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου ιατρικού υποβοηθητικού συστήματος, το οποίο επιτρέπει σε ασθενείς να αναλύουν ιατρικές εξετάσεις, να αξιολογούν συμπτώματα και να λαμβάνουν προσωποποιημένες συμβουλές υγείας, αξιοποιώντας τεχνολογίες OCR και Τεχνητής Νοημοσύνης (LLMs).

Η εφαρμογή αυτή σχεδιάζεται ως web πλατφόρμα που στοχεύει στην ενίσχυση της κατανόησης και της εποπτικής παρακολούθησης της υγείας των χρηστών, χωρίς να υποκαθιστά την ιατρική πράξη, αλλά λειτουργώντας επικουρικά σε επίπεδο ενημέρωσης και καθοδήγησης.

1.3 Αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας

Η επίτευξη του σκοπού της εργασίας βασίστηκε στην υλοποίηση των παρακάτω επιμέρους λειτουργιών:

- **Ανάπτυξη web διεπαφής**
Δημιουργία λειτουργικής και ευανάγνωστης διεπαφής χρήστη για αποστολή εξετάσεων, υποβολή ερωτήσεων και πρόσβαση σε αποτελέσματα.
- **Ανάλυση ιατρικών αρχείων**
Χρήση της βιβλιοθήκης PyMuPDF και του εργαλείου Tesseract OCR για την εξαγωγή κειμένου από PDF και εικόνες.
- **Ερμηνεία μέσω GPT-4**
Διασύνδεση με το GPT-4 API της OpenAI μέσω LangChain για την παραγωγή ιατρικής σύνοψης, σχολίων και εκτιμήσεων.
- **Σύστημα σύγκρισης εξετάσεων**
Υλοποίηση μηχανισμού για τη σύγκριση δύο διαφορετικών εξετάσεων και την ανάδειξη κρίσιμων διαφορών.
- **Δυναμικό ερωτηματολόγιο συμπτωμάτων**
Ανάπτυξη φόρμας με δυναμικά πεδία που οδηγούν σε GPT-based ανάλυση και σύσταση.
- **Υπολογισμός δόσεων ινσουλίνης**
Προγραμματισμός αλγορίθμου για την εκτίμηση της αναγκαίας δόσης ινσουλίνης με βάση υδατάνθρακες ή συγκεκριμένα φαγητά.
- **Υπενθύμιση φαρμάκων**
Ειδικά διαμορφωμένη πλατφόρμα για την εισαγωγή νέων φαρμάκων και παρακολούθησης δόσεων ανά χρονικά διαστήματα.
- **Πιλοτική επίδειξη**
Παρουσίαση της εφαρμογής σε γιατρούς και διαβητικούς ασθενείς για αποτίμηση της ακρίβειας και της χρηστικότητας.

1.4 Δομή

Η παρούσα διπλωματική εργασία διαρθρώνεται σε δέκα κεφάλαια, τα οποία περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω:

- **Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή:** Εισάγει το γενικό πλαίσιο της εργασίας, καθορίζει τον σκοπό, το αντικείμενο και την αναγκαιότητα της έρευνας.
- **Κεφάλαιο 2 – Ανάλυση Τρέχοντος Επιπέδου:** Παρουσιάζει αναλυτικά τις υπάρχουσες λύσεις που σχετίζονται με την υποβοηθούμενη ανάλυση ιατρικών εξετάσεων και τις προσεγγίσεις που ακολουθούνται στον χώρο των διαδικτυακών εργαλείων υγείας και των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης.
- **Κεφάλαιο 3 – Μεθοδολογία:** Περιγράφει τα στάδια ανάπτυξης της εφαρμογής, τις τεχνολογικές επιλογές, τον τρόπο αξιοποίησης του GPT μοντέλου, καθώς και τις μεθόδους ανάλυσης και αξιολόγησης των αποτελεσμάτων.
- **Κεφάλαιο 4 – Αρχιτεκτονική Συστήματος:** Αναλύει τη δομή του backend και του frontend της εφαρμογής, την αλληλεπίδραση των επιμέρους υποσυστημάτων, και τη ροή των δεδομένων.

- **Κεφάλαιο 5 – Εργαλεία Ανάπτυξης Συστήματος:** Παρουσιάζει το τεχνολογικό οικοσύστημα που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση (frameworks, APIs, OCR, βάσεις δεδομένων, κ.ά.).
- **Κεφάλαιο 6 – Το Σύστημα:** Εστιάζει στην περιγραφή των λειτουργικών χαρακτηριστικών της εφαρμογής, παρουσιάζοντας τις βασικές ροές εργασίας, την αλληλεπίδραση του χρήστη και παραδείγματα χρήσης.
- **Κεφάλαιο 7 – Συζήτηση:** Αναλύει τις δυσκολίες που προέκυψαν, τις προκλήσεις κατά την υλοποίηση, αλλά και τα ερευνητικά και τεχνολογικά ερωτήματα που γεννήθηκαν κατά τη διαδικασία.
- **Κεφάλαιο 8 – Συμπεράσματα και Προοπτικές:** Παρουσιάζει τα συμπεράσματα της εργασίας, την αποτίμηση της λειτουργικότητας της εφαρμογής και εντοπίζει πιθανούς μελλοντικούς άξονες επέκτασης ή βελτίωσης.
- **Κεφάλαιο 9 – Αναφορές:** Περιλαμβάνει τη βιβλιογραφία και τις διαδικτυακές πηγές που χρησιμοποιήθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας και της συγγραφής.
- **Κεφάλαιο 10 – Παράρτημα:** Περιέχει συμπληρωματικό υλικό όπως αποσπάσματα κώδικα, screenshots της εφαρμογής, διαγράμματα ή οδηγίες εγκατάστασης.

2. Ανάλυση Τρέχοντος Επιπέδου

2.1 Βασικές Έννοιες και Ορισμοί

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τη διασταύρωση μεταξύ Τεχνητής Νοημοσύνης (TN), αναγνώρισης οπτικού περιεχομένου και Γλωσσικών Μοντέλων, με στόχο τη βελτίωση της πρόσβασης και κατανόησης ιατρικών δεδομένων από τους ασθενείς. Η ανάγκη για τέτοιες λύσεις γίνεται επιτακτική καθώς ο όγκος της ιατρικής πληροφορίας αυξάνεται εκθετικά, την ώρα που μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού παρουσιάζει περιορισμένο υγειονομικό γραμματισμό.

Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence - AI)

Η TN περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα μεθόδων και τεχνολογιών που επιτρέπουν σε υπολογιστικά συστήματα να προσομοιώνουν νοητικές λειτουργίες του ανθρώπου. Στο πλαίσιο της υγειονομικής περίθαλψης, η TN εφαρμόζεται σε τομείς όπως η διαγνωστική ακρίβεια, η πρόγνωση νοσημάτων, η εξόρυξη δεδομένων από ιατρικά αρχεία, καθώς και η διαλογική υποστήριξη του ασθενούς. Μια υποκατηγορία της TN είναι η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning - ML), η οποία χρησιμοποιεί στατιστικές μεθόδους για την εκπαίδευση αλγορίθμων από δεδομένα.

Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (Large Language Models - LLMs)

Τα LLMs, όπως το GPT-4, βασίζονται σε αρχιτεκτονικές τύπου Transformer και εκπαιδεύονται σε δισεκατομμύρια λέξεις, από πλήθος θεματικών πεδίων, ώστε να αποκτήσουν την ικανότητα παραγωγής φυσικού λόγου. Στην ιατρική, τα LLMs αξιοποιούνται για:

- την αυτόματη παραγωγή ιατρικών περιλήψεων από δεδομένα,
- την υποστήριξη του διαλόγου με τον ασθενή,
- την κωδικοποίηση ιατρικών διαγνώσεων,
- την εξαγωγή πληροφορίας από κείμενα, όπως άρθρα, PDF ή εικόνες (μέσω OCR+NLP).

Η αξιοποίησή τους θέτει σημαντικά ερωτήματα αξιοπιστίας, εξηγησιμότητας και ηθικής, καθώς παράγουν προτάσεις χωρίς εγγυημένη ακρίβεια.

OCR (Optical Character Recognition)

Το OCR είναι η τεχνολογία μετατροπής ψηφιοποιημένων εικόνων (π.χ. σαρωμένα έγγραφα, φωτογραφίες εξετάσεων) σε επεξεργάσιμο και αναγνώσιμο κείμενο. Το Tesseract OCR, που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα open-source εργαλεία, με υποστήριξη για ελληνικούς χαρακτήρες και δυνατότητα εκπαίδευσης σε ειδικά λεξικά. Η αποτελεσματικότητά του εξαρτάται από:

- την ποιότητα της εικόνας (ανάλυση, καθαρότητα),
- τη μορφή γραμματοσειράς,
- την ύπαρξη «θορύβου» ή σκιών στο φόντο.

Ανάλυση Ιατρικών Εξετάσεων

Αναφέρεται στη διαδικασία αποκωδικοποίησης των αριθμητικών ή λεκτικών αποτελεσμάτων ενός διαγνωστικού ελέγχου (π.χ. αιματολογική, βιοχημική, ορμονική εξέταση) και στην αντιστοίχισή τους με τα φυσιολογικά όρια αναφοράς. Σε δεύτερο επίπεδο, επιχειρείται η ερμηνεία των αποκλίσεων, η αξιολόγηση των τάσεων (αν υπάρχουν προηγούμενα δεδομένα), και η σύνδεση των αποτελεσμάτων με ενδεχόμενες παθολογικές καταστάσεις.

Υποβοηθούμενη Διάγνωση (AI-assisted Diagnosis)

Δεν πρόκειται για αυτόνομη διάγνωση, αλλά για παροχή προτεινόμενων ερμηνειών ή βημάτων βασισμένων σε στατιστικά ή προκαθορισμένα πρότυπα. Τα συστήματα υποβοηθούμενης διάγνωσης χρησιμοποιούνται κυρίως για:

- να εντοπίζουν προειδοποιητικά σήματα (π.χ. απότομες αυξήσεις),
- να προτείνουν περαιτέρω εξετάσεις ή ενέργειες,
- να παρέχουν πληροφόρηση σε μη ειδικούς (π.χ. ασθενείς).

Στην παρούσα εργασία, δεν υλοποιείται "ιατρική διάγνωση" κατά την έννοια του όρου, αλλά παροχή αναλύσεων και συμβουλευτικής βασισμένη σε δεδομένα.

eHealth & mHealth

- **eHealth** (ηλεκτρονική υγεία): Κάθε χρήση των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών στον τομέα της υγείας. Περιλαμβάνει ιατρικά αρχεία, ψηφιακές πλατφόρμες, ραντεβού, τηλεϊατρική, αξιολόγηση κ.λπ.
- **mHealth** (κινητή υγεία): Εστιάζει στη χρήση κινητών συσκευών και εφαρμογών (apps) για την παρακολούθηση της υγείας, την αποστολή ειδοποιήσεων, τον υπολογισμό δόσεων κ.λπ.

Εξηγήσιμη Τεχνητή Νοημοσύνη (Explainable AI - XAI)

Η ανάγκη για διαφάνεια στα συστήματα TN είναι ιδιαίτερα σημαντική στον χώρο της υγείας. Η XAI επιδιώκει να παρέχει τεκμηρίωση για τις αποφάσεις ή τις προβλέψεις που παράγει ένα μοντέλο, ώστε αυτές να μπορούν να αξιολογηθούν από ανθρώπους (π.χ. γιατρούς ή ασθενείς). Το eDoctor, μέσω των απλοποιημένων περιλήψεων και της χρήσης φυσικής γλώσσας, προσεγγίζει την αρχή της εξηγησιμότητας χωρίς να απαιτεί εξειδικευμένες τεχνικές γνώσεις από τον χρήστη.

Υγειονομικός Γραμματισμός (Health Literacy)

Αναφέρεται στην ικανότητα του ατόμου να εντοπίζει, να κατανοεί και να αξιοποιεί πληροφορίες σχετικές με την υγεία του. Η παρούσα εργασία στοχεύει ακριβώς σε αυτό το σημείο: να γεφυρώσει το χάσμα ανάμεσα στην επιστημονική πληροφορία και τον καθημερινό χρήστη, με εργαλεία που μεταφράζουν την ιατρική ορολογία σε απλή και κατανοητή γλώσσα.

2.2 Τρέχουσα Κατάσταση στην Ελλάδα

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης και των έξυπνων συστημάτων πληροφορικής στον τομέα της υγείας στην Ελλάδα βρίσκεται ακόμη σε σχετικά πρώιμο στάδιο, συγκριτικά με τον διεθνή χώρο. Αν και έχουν γίνει σημαντικά βήματα στον ψηφιακό

μετασχηματισμό των διοικητικών λειτουργιών (όπως η ηλεκτρονική συνταγογράφηση, η πρόσβαση σε ιατρικούς φακέλους μέσω gov.gr και οι κρατήσεις ραντεβού με γιατρούς), η αξιοποίηση εργαλείων TN για ανάλυση δεδομένων, υποβοήθηση διάγνωσης και διαλογική υποστήριξη των ασθενών παραμένει περιορισμένη.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, παρουσιάζονται οκτώ (8) ελληνικές πρωτοβουλίες που συνδέονται με το πεδίο της ψηφιακής υγείας, προκειμένου να διαμορφωθεί μια σφαιρική εικόνα της υφιστάμενης κατάστασης:

1. **DoctorAnytime** – Ιδιωτική πλατφόρμα εύρεσης και κράτησης ραντεβού με ιατρούς. Περιλαμβάνει βασική πληροφόρηση για συμπτώματα, αλλά δεν ενσωματώνει TN ούτε υποστήριξη ερμηνείας εξετάσεων.
2. **eHealthPass (Gnomon Informatics)** – Διασφαλίζει τη διαλειτουργικότητα ανάμεσα σε γιατρούς και ασθενείς, μέσω ασφαλούς αποθήκευσης και ανταλλαγής ιατρικών αρχείων. Δεν αξιοποιεί LLM ή AI εργαλεία.
3. **Ηλεκτρονική Συνταγογράφηση (gov.gr)** – Δημόσιο εργαλείο που επιτρέπει στους πολίτες να δουν ή να διαχειριστούν τις συνταγές τους. Σημαντικό βήμα για τη διοικητική ψηφιοποίηση, αλλά χωρίς υποστήριξη διάγνωσης ή αυτόματης επεξεργασίας.
4. **CheckUp (Affidea)** – Ιδιωτικό διαγνωστικό εργαλείο που παρέχει πρόσβαση σε εξετάσεις και ιστορικό, χωρίς όμως ερμηνευτική ανάλυση ή υποστήριξη μέσω TN.
5. **Braineat.ai** – Startup που χρησιμοποιεί μηχανική μάθηση για την πρόβλεψη πιθανότητας νοσηλείας. Πρόκειται για εφαρμογή επικεντρωμένη σε ιατρικούς οργανισμούς, όχι σε τελικούς χρήστες.
6. **CareAcross** – Παλαιότερη ελληνική startup που είχε επικεντρωθεί στην υποστήριξη ασθενών με καρκίνο μέσω ενημερωτικού περιεχομένου και ερωτηματολογίων. Πλέον δεν είναι ενεργή.
7. **DoctorNext2Me** – Υπηρεσία τηλεϊατρικής που συνδέει ασθενείς με γιατρούς μέσω βιντεοκλήσης. Δεν ενσωματώνει εργαλεία TN ή αυτοματοποιημένης υποστήριξης.
8. **myHealth@GR** – Υπηρεσία του ΕΟΠΥΥ που συγκεντρώνει ιατρικά αρχεία εξετάσεων, φαρμακευτικής αγωγής και ραντεβού. Αν και χρηστική, δεν επιτρέπει την ερμηνεία των δεδομένων ούτε την αλληλεπίδραση με chatbot ή άλλο διαλογικό μέσο.

Πλατφόρμα	Περιγραφή	AI NLP	Δυναμική Ανάλυση Εξετάσεων
DoctorAnytime	Ραντεβού με γιατρούς	Όχι	Όχι
eHealthPass	Ανταλλαγή αρχείων	Όχι	Όχι
Ηλ. Συνταγογράφηση	Διαχείριση συνταγών	Όχι	Όχι
CheckUp (Affidea)	Πρόσβαση σε διαγνώσεις	Όχι	Όχι
Braineat.ai	Πρόβλεψη νοσηλειών	Ναι	Όχι
CareAcross	Παλιά startup καρκινοπαθών	Όχι	Όχι
DoctorNext2Me	Τηλεϊατρική με βίντεο	Όχι	Όχι
myHealth@GR	Δημόσια πρόσβαση εξετάσεων	Όχι	Όχι

Πίνακας 2.2.1: Ελληνικές πλατφόρμες e-Υγείας και επίπεδο τεχνολογικής ωριμότητας

Η ανάλυση των παραπάνω περιπτώσεων αναδεικνύει ξεκάθαρα το υφιστάμενο κενό στη δυνατότητα **αυτόματης, εξατομικευμένης και διαλογικής ανάλυσης ιατρικών εξετάσεων** από τους ίδιους τους χρήστες. Οι περισσότερες λύσεις είτε απευθύνονται αποκλειστικά σε γιατρούς, είτε περιορίζονται στην απλή παρουσίαση δεδομένων χωρίς ενεργή επεξεργασία.

Η παρούσα εργασία (eDoctor) διαφοροποιείται ακριβώς σε αυτό το σημείο, εστιάζοντας:

- Στην **αυτόματη OCR εξαγωγή τιμών** από PDF/εικόνες
- Στην **ερμηνεία τιμών** μέσω GPT-4
- Στην **αλληλεπίδραση με chatbot** φυσικής γλώσσας
- Στην **υποστήριξη ασθενών με διαβήτη**, μέσω υπολογισμού ινσουλίνης

Η εφαρμογή επιδιώκει να εισάγει στην ελληνική πραγματικότητα ένα **νέο πρότυπο υποβοηθούμενης ιατρικής πληροφόρησης**, ενισχύοντας την προσβασιμότητα, την κατανόηση και την ενδυνάμωση του ασθενή. Ειδικά για άτομα με περιορισμένο υγειονομικό γραμματισμό (health literacy), το eDoctor προσφέρει μια γέφυρα ανάμεσα στην επιστημονική γνώση και την καθημερινή εμπειρία υγείας.

2.3 Τρέχουσα Κατάσταση στο Εξωτερικό

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η αξιοποίηση της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) και ειδικότερα των Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων (LLMs) στον τομέα της υγείας έχει σημειώσει αλματώδη πρόοδο τα τελευταία χρόνια. Από την υποβοηθούμενη διάγνωση έως τη διαλογική υποστήριξη ασθενών και την ανάλυση ιατρικών δεδομένων, παρατηρείται μια σαφής μετατόπιση προς ψηφιακές και αυτοματοποιημένες λύσεις. Εντούτοις, η επιτυχής εφαρμογή τέτοιων τεχνολογιών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σχεδίαση, τη διαλειτουργικότητα και τη δυνατότητα εξατομικεύσης.

Ακολουθούν χαρακτηριστικές διεθνείς εφαρμογές και πρακτικές, καταναμημένες με βάση τη λειτουργικότητα, την ωριμότητα και τη συνάφειά τους με το eDoctor.

1. Ada Health (Γερμανία)

Πλατφόρμα αυτοδιάγνωσης με βάση ένα δυναμικό ερωτηματολόγιο και AI-based decision trees. Παράγει πιθανές διαγνώσεις, τις οποίες αξιολογεί ο χρήστης ή ο γιατρός. Έχει επεκταθεί σε πολλές γλώσσες και παρουσιάζει υψηλό βαθμό χρηστικότητας, αν και χωρίς ενσωμάτωση real-time εξετάσεων.

2. Babylon Health (Ηνωμένο Βασίλειο)

Ίσως η πιο εμβληματική εφαρμογή ιατρικού chatbot. Υποστηρίζει το NHS και παρέχει πλήρες περιβάλλον τηλεϊατρικής. Συνδυάζει symptom checking με συνομιλία, αλλά απαιτεί συνεχές internet και είναι περιορισμένο γεωγραφικά λόγω ρυθμίσεων περί προσωπικών δεδομένων.

3. Healthily (HB)

Αυτοματοποιημένη συμβουλευτική εφαρμογή με καθημερινές προτάσεις βελτίωσης υγείας και αναγνώριση συμπτωμάτων. Υιοθετεί μοντέλο coaching και όχι διάγνωσης. Περιορισμένη χρήση LLMs αλλά μεγάλη έμφαση στην ευχρηστία.

4. WebMD Symptom Checker (ΗΠΑ)

Από τα πιο δημοφιλή εργαλεία αυτοαξιολόγησης, χωρίς όμως ουσιαστική υποστήριξη AI. Στηρίζεται σε βάση δεδομένων και δεν παρέχει προσωποποιημένα αποτελέσματα. Περισσότερο εργαλείο πληροφόρησης παρά λήψης αποφάσεων.

5. Mayo Clinic – Clinical Decision Support Tools (ΗΠΑ)

Εσωτερικά εργαλεία TN για επαγγελματίες υγείας. Εστιάζουν στη διαχείριση χρόνιων παθήσεων και τη στατιστική πρόγνωση, αλλά όχι στη διαλογική αλληλεπίδραση με ασθενείς.

6. Diabeloop (Γαλλία)

Πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα για διαβητικούς τύπου 1. Συνδυάζει αισθητήρες γλυκόζης, smart algorithms και υπολογισμό ινσουλίνης. Προσαρμόζεται σε πραγματικό χρόνο και εφαρμόζεται ήδη σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες.

7. IBM Watson Health (ΗΠΑ)

Η πρώτη μεγάλη απόπειρα ενσωμάτωσης NLP στην ιατρική. Παρά το σταδιακό περιορισμό της εμπορικής της δράσης, έθεσε τα θεμέλια για το πώς LLMs μπορούν να επεξεργάζονται και να συνοψίζουν μεγάλες ποσότητες ιατρικών δεδομένων.

8. Infermedica (Πολωνία)

Εταιρεία που αναπτύσσει APIs symptom checker για τρίτους. Ενσωματώνεται εύκολα σε άλλες πλατφόρμες. Βασίζεται σε LLMs και structured reasoning.

Συγκεντρωτικός Πίνακας:

Εφαρμογή	Ανάλυση Συμπτωμάτων	Ερμηνεία Εξετάσεων	Chatbot	Υποστήριξη Διαβήτη	Επίπεδο AI
Ada Health	✓	✗	✗	✗	Decision Trees
Babylon Health	✓	✗	✓	✗	GPT/NLP
Healthily	✓	✗	✓	✗	Basic NLP
WebMD	✓	✗	✗	✗	Static DB
Mayo Clinic AI	✗	✓	✗	✓	Predictive ML
Diabeloop	✗	✗	✗	✓	Auto ML
IBM Watson Health	✓	✓	✗	✗	NLP pioneer
Infermedica	✓	✗	✓	✗	LLM+API

Πίνακας 2.3.1: Διεθνείς εφαρμογές υγείας και χρήση AI/NLP τεχνολογιών

Η συγκριτική αυτή αποτύπωση αναδεικνύει το γεγονός ότι, ενώ η διεθνής εμπειρία είναι πλούσια σε επιμέρους λύσεις, δεν υπάρχει κάποια πλατφόρμα που να ενοποιεί όλες τις λειτουργίες σε ένα περιβάλλον φιλικό για τον χρήστη και προσαρμοσμένο σε τοπικές ανάγκες — κάτι που ακριβώς επιδιώκει να καλύψει το eDoctor.

2.4 Ανασκόπηση Πεδίου

Η χρήση OCR και NLP σε πραγματικά κλινικά κείμενα παρουσιάζει ειδικές προκλήσεις ακρίβειας, όπως τονίζουν οι Liu et al. (2020). Παράλληλα, η εφαρμογή LLMs σε EMRs έχει αναλυθεί εκτενώς (Shickel et al., 2017), ενώ η πρόσφατη μελέτη των Jeblick et al. (2022) αναδεικνύει την ανάγκη ορθής καθοδήγησης του χρήστη ώστε να αποφευχθούν σφάλματα του GPT-4. Οι Krittanawong et al. (2020) περιγράφουν frameworks για validation σε ιατρικά δεδομένα, τα οποία θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν σε επόμενη φάση ανάπτυξης του eDoctor. Η ανασκόπηση του ερευνητικού πεδίου καταδεικνύει μια συνεχώς εντεινόμενη ενασχόληση της επιστημονικής κοινότητας με την αξιοποίηση Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων (LLMs) και μεθόδων Τεχνητής Νοημοσύνης στον χώρο της υγείας. Η εστίαση μετατοπίζεται από την απλή αυτοματοποίηση γραφειοκρατικών διαδικασιών στην

πραγματική υποστήριξη της κλινικής λήψης αποφάσεων και στην ενδυνάμωση του ασθενούς μέσα από τεχνολογίες που προσομοιάζουν την ανθρώπινη κατανόηση.

Θεματικοί Άξονες της Έρευνας

Η βιβλιογραφία που εξετάστηκε ομαδοποιείται γύρω από τέσσερις βασικούς άξονες:

1. Χρήση LLMs για υποβοήθηση στη διάγνωση και ερμηνεία εξετάσεων
2. Ενσωμάτωση NLP για εξαγωγή και κατηγοριοποίηση ιατρικών πληροφοριών
3. Αξιολόγηση της αξιοπιστίας και εξηγησιμότητας των προτάσεων AI
4. Εμπειρία χρήστη και ψυχολογικές πτυχές στη διαλογική αλληλεπίδραση με AI

Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά τα σημαντικότερα έργα και οι κατευθύνσεις τους:

Εργασία 1: *ChatGPT in Clinical Use: Opportunities and Challenges* (Nature Medicine, 2023)

Η μελέτη αυτή εξετάζει την πρακτική ενσωμάτωση του GPT-3.5 και GPT-4 σε εφαρμογές ιατρικής υποστήριξης. Τα βασικά ευρήματα εστιάζουν:

- Στην ικανότητα του μοντέλου να απαντά με ακρίβεια σε γενικά ερωτήματα υγείας
- Στους περιορισμούς του όσον αφορά ειδικές ιατρικές περιπτώσεις και αναφορές με λεπτομέρεια
- Στην ανάγκη ενσωμάτωσης μηχανισμών ελέγχου (human-in-the-loop)

Η εργασία καταλήγει πως τα LLMs μπορούν να λειτουργήσουν ως “πρώτης γραμμής” φίλτρα πληροφορίας, ιδιαίτερα για ασθενείς πριν την επίσκεψη σε γιατρό.

Εργασία 2: *Medical Data Extraction from Clinical Records using NLP* (ACM, 2021)

Αυτή η έρευνα περιγράφει τεχνικές εξαγωγής δεδομένων από μη δομημένα αρχεία PDF (π.χ. εξετάσεις, ιατρικές σημειώσεις) με χρήση εργαλείων όπως SpaCy, cTakes και BERT.

- Αντιμετωπίζονται προβλήματα με συντμήσεις, ορολογία, ελλιπή συμπραζόμενα
- Προτείνεται υβριδική προσέγγιση: συνδυασμός λεξικών, κανόνων και LLMs
- Αναδεικνύεται ο ρόλος του pre-processing για αύξηση της ακρίβειας

Η εφαρμογή του OCR + NLP pipeline θεωρείται ιδιαίτερα κρίσιμη για ασθενείς που έχουν μόνο αρχεία σκαναρισμένα ή σε εικόνες.

Εργασία 3: *LLMs as Medical Assistants: Early Lessons from Real-World Use* (arXiv, 2023)

Εστιάζει στην πρακτική εφαρμογή του ChatGPT ως βοηθού για ερωτήματα υγείας, μέσα από πραγματικά παραδείγματα χρήσης. Τα ευρήματα περιλαμβάνουν:

- Ικανοποιητική κάλυψη για κοινές ερωτήσεις (π.χ. τιμές αιματολογικών εξετάσεων)
- Δυσκολία στην αντιμετώπιση οριακών ή πολυσύνθετων ιατρικών περιπτώσεων
- Η ανάγκη ερμηνεύσιμων, πειστικών και όχι μόνο τεχνικά ορθών απαντήσεων

Η μελέτη προτείνει τη χρήση των LLMs όχι ως ανεξάρτητων διαγνωστών, αλλά ως “διερμηνέων” της ιατρικής πληροφορίας για μη ειδικούς χρήστες.

Εργασία 4: *Explainable AI in Healthcare: From Concepts to Practice* (Journal of Biomedical Informatics, 2022)

Εμβαθύνει στη σημασία της ερμηνευσιμότητας (XAI) σε εφαρμογές που εμπλέκουν ευαίσθητα δεδομένα και λήψη αποφάσεων. Διαπιστώνεται ότι:

- Η εμπιστοσύνη των χρηστών εξαρτάται άμεσα από το αν καταλαβαίνουν «πώς» βγήκε το αποτέλεσμα
- Η ενσωμάτωση «εξηγητικών επιπέδων» (explanation layers) αυξάνει την αποδοχή
- Τα LLMs πρέπει να συνδυάζονται με απλουστευμένες, οπτικοποιημένες μορφές αποτελεσμάτων

Η εργασία συνδέεται με την επιλογή της παρούσας διπλωματικής να παρέχει παραλληλία μεταξύ απάντησης του GPT και συνοδευτικής επεξήγησης.

Εργασία 5: *From Symptom Checkers to Empathetic Companions: A Review of Conversational Agents in Health* (Health Informatics Journal, 2021)

Η μελέτη αναλύει την εξέλιξη των medical chatbots από απλά symptom checkers σε συστήματα συναισθηματικά ευφυή (affective computing). Κύρια σημεία:

- Η διαλογική φύση των LLMs τα καθιστά κατάλληλα για ψυχολογικά ευαίσθητες συνθήκες (π.χ. άγχος μετά από διάγνωση)
- Η χρήση φυσικής γλώσσας μπορεί να βελτιώσει τη συμμόρφωση του ασθενούς
- Προτείνεται συνδυασμός NLP + behavioral modeling για «έξυπνη» επικοινωνία

Η παρούσα εργασία, με το eDoctor, ενσωματώνει αυτό το στοιχείο μέσω εξατομικευμένων απαντήσεων και φιλικού chatbot.

Κριτική Επισκόπηση και Σχέση με την Παρούσα Εργασία

Αξιολογώντας τα παραπάνω έργα, εντοπίζονται κοινές τάσεις:

- Μεγάλη έμφαση σε προληπτική υποστήριξη (πριν την ιατρική επίσκεψη)
- Ανάγκη για ερμηνεύσιμα, κατανοητά μοντέλα
- Περιορισμοί σε ειδικές περιπτώσεις λόγω περιορισμένου training data

Το eDoctor τοποθετείται στο μεταίχμιο πρακτικής εφαρμογής και ερευνητικής προσέγγισης. Συνδυάζει OCR, LLMs και διαλογική διεπαφή, εστιάζοντας:

- Στην επεξεργασία πραγματικών αρχείων PDF ή εικόνων
- Στη σύγκριση ιστορικών εξετάσεων με αυτόματη επισήμανση διαφορών
- Στην καθοδήγηση του χρήστη μέσω εξατομικευμένων prompts σε φυσική γλώσσα

Η καινοτομία της παρούσας εργασίας έγκειται:

- Στην πλήρως αυτοματοποιημένη και προσιτή υλοποίηση
- Στην προσβασιμότητα από μη ειδικούς χρήστες
- Στην τοποθέτηση της λύσης εντός της ελληνικής πραγματικότητας

Εμπλουτισμός με μεθοδολογικά σημεία

Η παρούσα ανασκόπηση δεν λειτουργεί μόνο ως ερευνητική βάση. Συμβάλλει και στον σχεδιασμό της μεθοδολογίας της εργασίας, διότι:

- Καθορίζει τις τεχνικές προτεραιότητες (π.χ. σημασία preprocessing για OCR)
- Προτείνει λύσεις σε προβλήματα αξιοπιστίας και XAI
- Ενισχύει την ανάγκη αξιολόγησης με πραγματικούς χρήστες (UX focus)

2.5 Δυνατότητες Χρήσης Υπαρχόντων Ιατρικών Βάσεων

Παρά το γεγονός ότι στην πράξη τα περισσότερα νοσοκομεία και φορείς διαθέτουν πλήρη ιατρικά αρχεία (π.χ. ιστορικά εργαστηριακών εξετάσεων σε

μορφή PDF ή EHRs), η πρόσβαση σε αυτά δεν είναι ελεύθερη, λόγω αυστηρών κανονισμών για την προστασία προσωπικών και ευαίσθητων δεδομένων (GDPR, HIPAA).

Ωστόσο, υπάρχουν μερικές ερευνητικές ανωνυμοποιημένες βάσεις δεδομένων που μπορούν να αξιοποιηθούν σε στάδιο proof-of-concept για δοκιμές ακρίβειας (validation) και fine-tuning μοντέλων:

- Το MIMIC-III και MIMIC-IV (PhysioNet) περιλαμβάνουν ηλεκτρονικά ιατρικά αρχεία από ICU (π.χ. τιμές εργαστηριακών δεικτών, vital signs, free-text ιατρικές σημειώσεις). Απαιτούν ειδική άδεια και Data Use Agreement, αλλά χρησιμοποιούνται διεθνώς για έρευνα.
- Το PhysioNet διαθέτει επίσης datasets όπως το eICU ή COVID-19 lab data που επιτρέπουν δοκιμές OCR/NLP pipelines σε ανωνυμοποιημένο περιβάλλον.
- Οι πλατφόρμες OpenEHR ή OHDSI παρέχουν synthetic EHRs — ρεαλιστικά ψευδοδεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αρχικό validation και testing χωρίς παραβίαση προσωπικών δεδομένων.
- Τέλος, το UCI Machine Learning Repository περιέχει datasets για χρόνιες παθήσεις, π.χ. Diabetes datasets, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν για να δοκιμαστεί η ακρίβεια υπολογισμού ινσουλίνης ή η συνέπεια μεταξύ πραγματικών τιμών και εκτιμήσεων του μοντέλου.

Η αξιοποίηση τέτοιων βάσεων, συνδυαστικά με τεχνικές fine-tuning σε εξειδικευμένα LLMs (π.χ. DeepSeek, BioGPT) θα μπορούσε να μειώσει τα λάθη και να ενισχύσει την αξιοπιστία. Παρ' όλα αυτά, για πλήρη επικύρωση σε κλινικό επίπεδο απαιτείται μελλοντικά συνεργασία με φορείς υγείας ή νοσοκομεία ώστε να εξασφαλιστεί πρόσβαση σε πραγματικά ιατρικά δεδομένα υπό συνθήκες νομικής και δεοντολογικής κάλυψης.

2.6 Συμπεράσματα

Η αναλυτική μελέτη του πεδίου, τόσο σε ελληνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο, ανέδειξε μια σειρά από κρίσιμα ευρήματα τα οποία καταδεικνύουν την αναγκαιότητα για νέες, πιο δυναμικές, κατανοητές και προσιτές εφαρμογές υποστήριξης υγείας, με αξιοποίηση τεχνολογιών Τεχνητής Νοημοσύνης (AI), και ειδικότερα Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων (LLMs).

Συνοπτικά Συμπεράσματα ανά Υποενότητα

Υποενότητα	Κύρια Ευρήματα
2.1 Βασικές Έννοιες και Ορισμοί	Το θεωρητικό πλαίσιο της TN, των LLMs, της ερμηνείας φυσικής γλώσσας και της ιατρικής πληροφορικής θεμελιώνει την εργασία και προσδιορίζει τις τεχνολογικές και ηθικές συνιστώσες του ζητήματος.
2.2 Ελλάδα	Η Ελλάδα παρουσιάζει πρόοδο στην ψηφιακή διοίκηση (π.χ. gov.gr), αλλά όχι στην ενεργή αξιοποίηση AI για ανάλυση εξετάσεων, σύγκριση τιμών, συμβουλευτική ή υποστήριξη χρόνιων

Υποενότητα	Κύρια Ευρήματα
	παθήσεων. Οι υπάρχουσες λύσεις είναι κατακερματισμένες, μη αυτόματες και απευθύνονται κυρίως σε γιατρούς, όχι σε ασθενείς.
2.3 Εξωτερικό	Στο εξωτερικό, παρατηρείται σημαντική εξέλιξη στον τομέα των symptom checkers, ιατρικών chatbots και decision-support tools. Πλατφόρμες όπως Ada, Babylon και Diabeloop αξιοποιούν LLMs για διαλογική υποστήριξη ή αυτόματες ιατρικές αξιολογήσεις, αλλά εστιάζουν συχνά σε μεμονωμένες λειτουργίες.
2.4 Ανασκόπηση Πεδίου	Η έρευνα δείχνει ότι τα LLMs μπορούν να ενισχύσουν την αυτονομία του χρήστη στην υγειονομική διαχείριση, με βασικά ζητούμενα την εξηγησιμότητα (XAI), την ακρίβεια στην εξαγωγή δεδομένων (OCR+NLP) και την ενσυναίσθηση στην επικοινωνία (conversational UX). Η παρούσα εργασία συνθέτει τα ανωτέρω σε ένα λειτουργικό σύνολο.

Πίνακας 2.5.1: Συνοπτικά Συμπεράσματα ανά Υποενότητα με τα Κύρια Ευρήματα τους

Συγκριτική Αποτίμηση με Πίνακα

Για την καλύτερη αποτύπωση της θέσης του eDoctor στο οικοσύστημα ψηφιακών λύσεων, ακολουθεί συγκριτικός πίνακας βασισμένος σε βασικές λειτουργίες:

Όνομα Εργαλείου	Ανάλυση Συμπτωμάτων	Ανάλυση Εξετάσεων	Chatbot	Υπολογισμός Ινσουλίνης	Ερμηνεία με Φυσική Γλώσσα
eDoctor	✓	✓	✓	✓	✓
Ada Health	✓	✗	✓	✗	Περιορισμένη
Affidea	✗	✓	✗	✗	✗
Diabeloop	✗	✗	✗	✓	✗
Babylon Health	✓	✗	✓	✗	Μερική

Πίνακας 2.5.2: Συγκριτική Αποτίμηση Επιλεγμένων Εργαλείων Ψηφιακής Υγείας

Παρά το γεγονός ότι πλατφόρμες όπως η Ada Health, η Babylon Health και η Diabeloop προσφέρουν σημαντικές δυνατότητες ανάλυσης συμπτωμάτων ή διαχείρισης ινσουλίνης, δεν έχουν προχωρήσει στη συνδυαστική αξιοποίηση OCR και LLM για ανάλυση αρχείων PDF εξετάσεων. Αυτό οφείλεται σε διάφορους λόγους:

- Τα PDF εξετάσεων περιέχουν μη τυποποιημένα δεδομένα που δυσκολεύουν την αυτόματη εξαγωγή τιμών.
- Η ακρίβεια OCR σε ιατρικά αρχεία ποικίλλει ανάλογα με το format και την ποιότητα σάρωσης.
- Οι κανονισμοί GDPR/HIPAA απαιτούν υψηλή προστασία δεδομένων.
- Η χρήση LLMs ενέχει ρίσκο λάθους αν δεν υπάρχει βάση δεδομένων για cross-validation.

Η υλοποίηση του eDoctor αναδεικνύει αυτά τα εμπόδια στην πράξη. Η επόμενη φάση ανάπτυξης θα μπορούσε να περιλαμβάνει πειραματισμό με ειδικευμένα μοντέλα TN, όπως το DeepSeek ή το BioGPT, τα οποία έχουν εκπαιδευτεί σε ιατρική ορολογία και ίσως αποδώσουν καλύτερα σε clinical contexts. Επιπλέον, η σύνδεση με real medical database θα επέτρεπε την αυτοματοποιημένη επαλήθευση τιμών και τη δυναμική

εξατομίκευση ανάλογα με το ιστορικό του χρήστη. Συμπερασματικά, η επέκταση του συστήματος σε συνεργασία με γιατρούς, φορείς και έγκυρες ιατρικές βάσεις δεδομένων είναι απαραίτητη για να ξεπεραστούν οι περιορισμοί που αντιμετωπίζουν σήμερα αντίστοιχες λύσεις.

Το eDoctor ξεχωρίζει ως η μόνη πλατφόρμα που ενσωματώνει όλες τις βασικές λειτουργίες σε ένα ενιαίο, αυτοματοποιημένο και φιλικό προς τον χρήστη σύστημα, χωρίς να απαιτεί ιατρικές γνώσεις ή τεχνική επιμόρφωση από τον τελικό χρήστη.

Κρίσιμα Σημεία Καινοτομίας

- **Συνδυασμός OCR + LLMs:** Ανάλυση PDF/εικόνων με κατανόηση νοημάτων.
- **Διαλογική εμπειρία (chatbot):** Συνομιλία με βάση φυσική γλώσσα, πλήρως αυτόματη.
- **Ιστορικότητα:** Δυνατότητα παρακολούθησης της πορείας των εξετάσεων.
- **Εξειδίκευση σε χρόνιες παθήσεις:** Ιδιαίτερη έμφαση στους διαβητικούς, με υπολογισμό δόσεων ινσουλίνης.
- **Εξηγησιμότητα (XAI):** Παροχή κατανοητών απαντήσεων και αιτιολόγησης προς τον χρήστη.

Τελική Εκτίμηση

Η ανασκόπηση καταδεικνύει ότι το πεδίο είναι ώριμο για την υλοποίηση λύσεων όπως το eDoctor. Η εργασία αυτή αξιοποιεί τις διεθνείς τεχνολογικές εξελίξεις, προσαρμόζοντάς τις στις ανάγκες του Έλληνα ασθενή, με έμφαση στην απλότητα, τη χρηστικότητα και την αξιοπιστία.

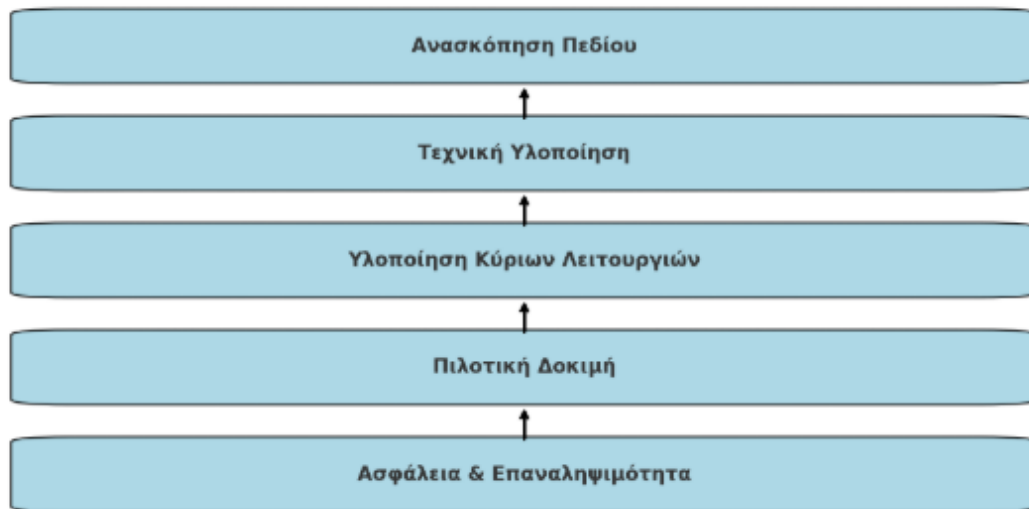
Η συμβολή της είναι τόσο ερευνητική (μέσα από τη συστηματική ανάλυση του πεδίου και την εφαρμογή τεχνολογικών εργαλείων), όσο και πρακτική, μέσα από τη δημιουργία μιας πραγματικά χρήσιμης εφαρμογής για την καθημερινή ζωή.

Για την ακρίβεια και την επαλήθευση των αποτελεσμάτων απαιτείται μελλοντικά συνεργασία με φορείς υγείας και χρήση real medical DBs (π.χ. MIMIC, PhysioNet) ή synthetic EHRs.

3. Μεθοδολογία

Η διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη σχεδίαση, ανάπτυξη και αξιολόγηση μιας πλατφόρμας τεχνητής νοημοσύνης για την αυτόματη ερμηνεία ιατρικών εξετάσεων, την υποστήριξη ασθενών μέσω chatbot και την υποβοήθηση ατόμων με σακχαρώδη διαβήτη. Για την επιτυχή εκπόνησή της, ακολουθήθηκε συνδυαστική μεθοδολογία τόσο τεχνολογικής υλοποίησης όσο και ερευνητικής τεκμηρίωσης.

Ροή Μεθοδολογίας Ανάπτυξης Συστήματος eDoctor



Εικόνα 3.1: Ροή Μεθοδολογικής Προσέγγισης για την Ανάπτυξη του Συστήματος eDoctor

Η παραπάνω ροή απεικονίζει τα βασικά στάδια που ακολουθήθηκαν για τη μεθοδολογική υλοποίηση της πλατφόρμας eDoctor: από την αρχική ανασκόπηση πεδίου και τον καθορισμό αναγκών χρηστών, έως την τεχνική ανάπτυξη, τη συλλογή εμπειρικών δεδομένων μέσω πιλοτικής δοκιμής και την τεκμηρίωση για επαναληψιμότητα. Κάθε βήμα αλληλοτροφοδοτεί τα επόμενα, διαμορφώνοντας έναν κύκλο συνεχούς βελτιστοποίησης και ελέγχου.

Ερευνητικά Ερωτήματα

Η παρούσα εργασία επιχειρεί να απαντήσει στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

- Πώς μπορεί να αξιοποιηθεί ένα Μεγάλο Γλωσσικό Μοντέλο (LLM) για την ερμηνεία ιατρικών εξετάσεων σε μορφή PDF ή εικόνας;
- Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά μιας αποτελεσματικής και φιλικής προς τον χρήστη εφαρμογής υποστήριξης υγείας στην ελληνική πραγματικότητα;
- Ποιο είναι το επίπεδο αξιοπιστίας και λειτουργικότητας συστημάτων όπως το eDoctor ως προς την αυτόματη υποστήριξη ασθενών (π.χ. chatbot, υπολογιστής ινσουλίνης);
- Ποια είναι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν την προτεινόμενη λύση από αντίστοιχες υπάρχουσες στην Ελλάδα και διεθνώς;

Επιλογή Μεθοδολογικής Προσέγγισης

Η επιλογή μιας μικτής μεθοδολογικής προσέγγισης —που συνδυάζει την τεχνική υλοποίηση με στοιχεία εμπειρικής αξιολόγησης— κρίθηκε απαραίτητη λόγω της φύσης του έργου, που κινείται μεταξύ ερευνητικής και εφαρμοσμένης πληροφορικής. Η πρακτική χρήση LLMs σε πραγματικά ιατρικά δεδομένα απαιτούσε τόσο τεχνική τεκμηρίωση όσο και διασταύρωση με απόψεις ειδικών (ιατρών και χρηστών). Η ποιοτική προσέγγιση επιτρέπει την αποτύπωση της ανθρώπινης εμπειρίας, κάτι που είναι κρίσιμο σε εφαρμογές υγείας.

Μεθοδολογικοί Στόχοι

Για την κάλυψη των παραπάνω ερωτημάτων τέθηκαν οι εξής στόχοι:

- Ανάλυση τουλάχιστον 8 ελληνικών και 8 διεθνών εφαρμογών ή ψηφιακών εργαλείων στον τομέα της e-Υγείας.

- Σχεδίαση και υλοποίηση ενός πλήρους πρωτοτύπου που ενσωματώνει OCR, GPT-4, αξιολόγηση συμπτωμάτων και υπολογισμό ινσουλίνης.
- Πραγματοποίηση πιλοτικής δοκιμής σε δύο επαγγελματίες υγείας (παθολόγος, ενδοκρινολόγος) και τρεις ασθενείς με διαγνωσμένο διαβήτη τύπου 1, με στόχο τη συλλογή ποιοτικών εντυπώσεων και την αποτίμηση τόσο της λειτουργικής χρηστικότητας όσο και της εγκυρότητας των παραγόμενων ερμηνειών.
- Εφαρμογή όλων των τεχνικών επεξεργασίας με απόλυτο σεβασμό στη νομοθεσία περί προσωπικών δεδομένων και χωρίς αποθήκευση ευαίσθητων στοιχείων.

Βήματα και Τεχνικές της Έρευνας

Η μεθοδολογία περιλάμβανε τα εξής στάδια:

Α. Ανασκόπηση Πεδίου

- Χρησιμοποιήθηκαν οι βάσεις δεδομένων Google Scholar, PubMed και IEEE Xplore.
- Λέξεις-κλειδιά: *AI health assistant, blood test interpretation, LLM medical, chatbot diagnosis, diabetes insulin calculator*.
- Χρονικό διάστημα αναζήτησης: Ιανουάριος – Μάρτιος 2025.
- Συγκεντρώθηκαν 24 περιπτώσεις, εκ των οποίων οι 16 πιο σχετικές επιλέχθηκαν για συγκριτική ανάλυση.

Β. Τεχνική Υλοποίηση

- **Backend:** Python Flask, LangChain, OpenAI GPT-4 API, Tesseract OCR.
- **Frontend:** HTML/CSS/JS με ενσωματωμένη PHP για sessions και login.
- Όλα τα endpoints τεκμηριώθηκαν, ενώ ο κώδικας σχολιάστηκε πλήρως για επαναληψιμότητα.

Γ. Υλοποίηση Κύριων Λειτουργιών

- Μετατροπή PDF/εικόνας σε αναγνώσιμο κείμενο (OCR).
- Ανάλυση και επεξήγηση τιμών μέσω GPT-4.
- Υποστήριξη ερωτήσεων από χρήστες μέσω chatbot.
- Υπολογισμός δόσης ινσουλίνης βάσει υδατανθράκων.

Δ. Πιλοτική Δοκιμή

- Δείγμα: 5 άτομα (1 γιατρός, 3 τελειόφοιτοι, 1 ασθενής), κάτοικοι Αττικής.
- Συλλογή μη δομημένων σχολίων μέσω ημιδομημένων συνεντεύξεων.
- Οι συμμετέχοντες αξιολόγησαν την ακρίβεια απαντήσεων, τη σαφήνεια της διεπαφής και την καταλληλότητα των οδηγιών.
- Το σύστημα παρουσιάστηκε με βάση 3 σενάρια χρήσης:
(1) Ανάλυση PDF με βιοχημικές εξετάσεις
(2) Υπολογισμός ινσουλίνης μετά από γεύμα
(3) Ερωτήσεις μέσω chatbot για ήπια συμπτώματα
- Η καταγραφή των σχολίων έγινε ανώνυμα και οργανώθηκε σε τρεις άξονες: ευχρηστία, ακρίβεια απαντήσεων, εμπιστοσύνη στον ψηφιακό βοηθό.

Διαφάνεια και Επαναληψιμότητα

- Κάθε ενέργεια στο σύστημα καταγράφεται με timestamp και περιγραφή prompt.
- Τα δεδομένα αποθηκεύονται τοπικά, χωρίς διασύνδεση με cloud υπηρεσίες.
- Όλες οι προτροπές προς το LLM περνούν από προεπεξεργασία για αφαίρεση προσωπικών δεδομένων.

- Ο κώδικας διατηρείται σε version-controlled αποθετήριο (Git) και συνοδεύεται από αναλυτικό README για αναπαραγωγή.
- Η αρχιτεκτονική του backend είναι modular ώστε να μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί σε παρόμοια έργα.

Σχόλιο Αναστοχασμού

Η διαδικασία ανάπτυξης και αξιολόγησης του συστήματος eDoctor ανέδειξε τον ρόλο της Τεχνητής Νοημοσύνης ως εργαλείου υποστήριξης —και όχι αντικατάστασης— της ιατρικής κρίσης. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε απέδειξε την αξία της συνεργασίας μεταξύ προγραμματιστών, επαγγελματιών υγείας και τελικών χρηστών. Ενίσχυσε, επίσης, την πεποίθηση ότι η τεχνολογική καινοτομία στην υγεία απαιτεί ισορροπία ανάμεσα στη λειτουργικότητα και στην ανθρωποκεντρική σχεδίαση.

Για λόγους πληρότητας και συνοπτικής παρουσίασης, στον Πίνακα 3.1 συνοψίζονται τα βασικά στάδια της μεθοδολογικής προσέγγισης που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία.

Στάδιο	Περιγραφή	Εργαλεία / Μέθοδοι
1. Ανασκόπηση Πεδίου	Συλλογή και ανάλυση υπαρχουσών εφαρμογών, ερευνών και τεχνολογιών στον τομέα της e-Υγείας.	Google Scholar, PubMed, IEEE Xplore, λέξεις-κλειδιά, χρονικό διάστημα Ιαν–Μάρ 2025
2. Τεχνική Υλοποίηση	Ανάπτυξη backend, frontend, και βασικών λειτουργιών της πλατφόρμας με χρήση LLM και OCR.	Python Flask, GPT-4 API, LangChain, Tesseract, HTML/CSS/JS/PHP
3. Πιλοτική Δοκιμή	Παρουσίαση του συστήματος σε επαγγελματίες υγείας και ασθενείς για συλλογή σχολίων.	Συνεντεύξεις, ποιοτική αξιολόγηση, δείγμα 5 ατόμων
4. Ασφάλεια και Επαναληψιμότητα	Διαχείριση δεδομένων χωρίς παραβίαση ιδιωτικότητας. Τεκμηρίωση για επανάληψη της έρευνας.	Τοπική αποθήκευση, σχολιασμένος κώδικας, prompts με timestamp, Git αποθετήριο

Πίνακας 3.2: Βασικά Στάδια της Ερευνητικής Μεθοδολογίας

4. Αρχιτεκτονική Συστήματος

Η επιτυχής υλοποίηση του συστήματος βασίστηκε σε μια ορθολογική και πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική, η οποία εξυπηρετεί τις απαιτήσεις τόσο του χρήστη όσο και των διαδικτυακών υπηρεσιών τεχνητής νοημοσύνης (LLM). Η παρούσα ενότητα περιγράφει αναλυτικά τις απαιτήσεις, τον τρόπο οργάνωσης των διεργασιών και την εσωτερική δομή της εφαρμογής μέσω διαγραμμάτων UML.

4.1 Απαιτήσεις Συστήματος

Οι απαιτήσεις προέκυψαν από τη μελέτη παρόμοιων εφαρμογών, τις ανάγκες των χρηστών-ασθενών και τις τεχνικές ιδιαιτερότητες της χρήσης ενός μεγάλου γλωσσικού

μοντέλου. Ο παρακάτω πίνακας αποτυπώνει συνοπτικά τις βασικές λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος.

Κωδικός	Τίτλος	Περιγραφή	Σημαντικότητα	Συνδέσεις	Version
FR-01	Ανάλυση Εξετάσεων	Ο χρήστης μπορεί να υποβάλει PDF/εικόνα με εξετάσεις για αυτόματη ανάλυση	Υψηλή	OCR, GPT	v1.0
FR-02	Ιατρική Εκτίμηση	Το σύστημα παρέχει σύνοψη και σύσταση με βάση την ερμηνεία GPT	Υψηλή	FR-01	v1.0
FR-03	Υποβολή Ερωτήματος Chatbot	Ο χρήστης μπορεί να υποβάλει ερώτηση στο σύστημα	Υψηλή	GPT-API	v1.0
FR-04	Υπολογισμός Ινσουλίνης	Ο χρήστης εισάγει υδατάνθρακες και λαμβάνει δόση ινσουλίνης	Μεσαία	UI, Form	v1.0
FR-05	Ερωτηματολόγιο Συμπτωμάτων	Δυναμική φόρμα για εισαγωγή συμπτωμάτων και λήψη σύστασης	Μεσαία	UI, Logic	v1.0
FR-06	Σύγκριση Δύο Εξετάσεων	Το σύστημα εντοπίζει διαφορές ανάμεσα σε 2 εξετάσεις και τις ερμηνεύει	Υψηλή	OCR, GPT	v1.0

Πίνακας 4.1.1: Λειτουργικές Απαιτήσεις

Κωδικός	Τίτλος	Περιγραφή	Σημαντικότητα
NFR-01	Απόκριση < 3 sec	Οι περισσότερες λειτουργίες πρέπει να αποκριθούν σε < 3 δευτερόλεπτα	Υψηλή
NFR-02	Ασφάλεια Προσωπικών Δεδομένων	Δεν αποθηκεύονται προσωπικά δεδομένα ή ιστορικό χρηστών	Υψηλή
NFR-03	Συμβατότητα Browser	Το σύστημα πρέπει να λειτουργεί σωστά σε Chrome/Firefox/Edge	Μεσαία

Κωδικός	Τίτλος	Περιγραφή	Σημαντικότητα
NFR-04	Επεκτασιμότητα	Η αρχιτεκτονική πρέπει να υποστηρίζει μελλοντικές προσθήκες	Υψηλή

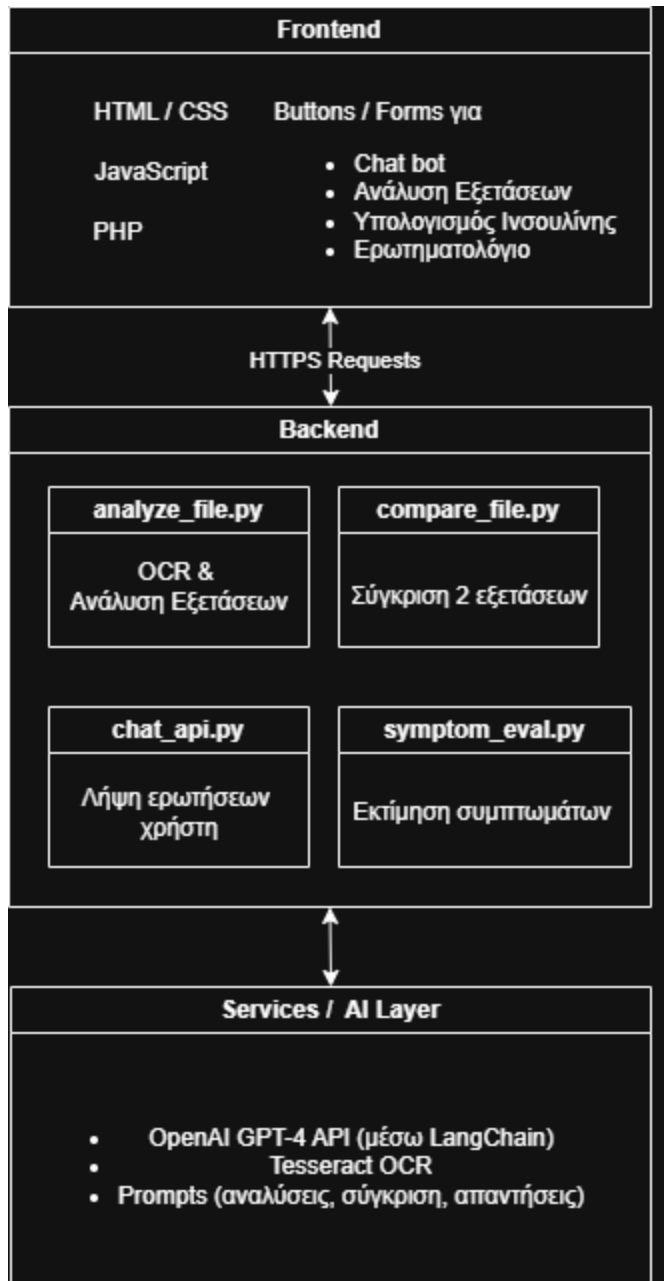
Πίνακας 4.1.2: Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις

4.2 Διαγράμματα

Στη φάση σχεδιασμού του συστήματος, γίνεται λεπτομερέστερη ανάλυση του συστήματος στο σύνολό του και ανά διεργασία ξεχωριστά, και σχεδιάζονται οι επιμέρους λειτουργίες του, με τη βοήθεια διαγραμμάτων. Στο παρόν υποκεφάλαιο γίνεται η χρήση διαγραμμάτων UML (Unified Modeling Language) για την οπτικοποίηση και σχεδίαση του συστήματος που αναπτύσσεται στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας.

Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα επί των αποτελεσμάτων της μελέτης που δίνουν απαντήσεις στα ερωτήματα (Στόχους) της διπλωματικής εργασίας. Η χρήση πινάκων και σχημάτων είναι μία καλή μέθοδος πραγματοποίησης συγκριτικής ανάλυσης και κριτικής αποτελεσμάτων.

Για την πληρέστερη κατανόηση του συστήματος σχεδιάστηκαν τα ακόλουθα διαγράμματα:

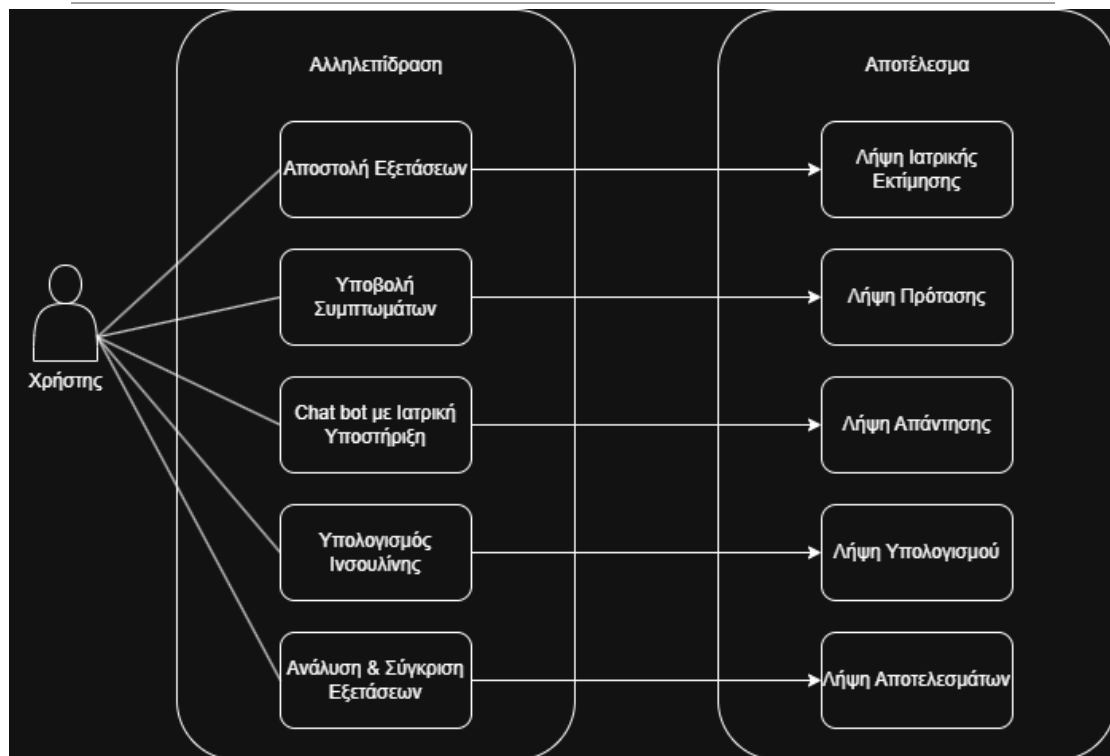


Εικόνα 4.2.1: Block Diagram του συστήματος eDoctor

Το Block Diagram παρουσιάζει τη βασική αρχιτεκτονική της εφαρμογής, χωρισμένη σε τρία κύρια επίπεδα:

- **Frontend:** Περιλαμβάνει HTML, CSS, JavaScript και PHP. Ο χρήστης αλληλεπιδρά με την εφαρμογή μέσω φορμών για τις βασικές λειτουργίες (chatbot, ανάλυση εξετάσεων, υπολογισμός ινσουλίνης, ερωτηματολόγιο).
- **Backend:** Αποτελείται από Python scripts που επεξεργάζονται τα αιτήματα του χρήστη. Τα `analyze_file.py`, `compare_file.py`, `chat_api.py`, και `symptom_eval.py` είναι επιμέρους services που διαχειρίζονται OCR, σύγκριση αρχείων, ιατρική υποστήριξη και αξιολόγηση συμπτωμάτων.
- **Services / AI Layer:** Η βαθύτερη στρώση, όπου γίνεται η διασύνδεση με GPT-4 μέσω LangChain και η χρήση του Tesseract OCR για αναγνώριση χαρακτήρων. Εδώ εφαρμόζονται και τα custom prompts για ανάλυση, σύγκριση και απόκριση.

Σκοπός: Να καταδείξει την κατανομή ευθυνών ανά επίπεδο και τη ροή δεδομένων μεταξύ τους.

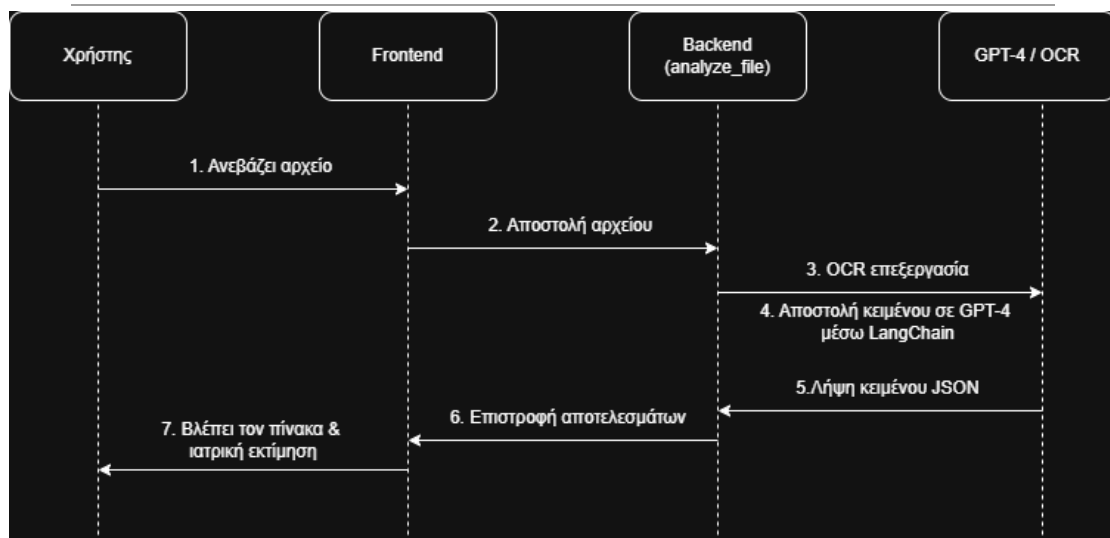


Εικόνα 4.2.2: Use Case Diagram του συστήματος eDoctor

Το Use Case diagram αναπαριστά τις κύριες ενέργειες που μπορεί να πραγματοποιήσει ο χρήστης στην εφαρμογή και τα αντίστοιχα αποτελέσματα:

- **Αποστολή Εξετάσεων** → **Λήψη Ιατρικής Εκτίμησης**
- **Υποβολή Συμπτωμάτων** → **Λήψη Πρότασης**
- **Chatbot** → **Λήψη Απάντησης**
- **Υπολογισμός Ινσουλίνης** → **Λήψη Υπολογισμού**
- **Σύγκριση Εξετάσεων** → **Λήψη Αποτελεσμάτων**

Σκοπός: Να αποτυπώσει με σαφήνεια τις λειτουργικές δυνατότητες του συστήματος από την πλευρά του τελικού χρήστη.

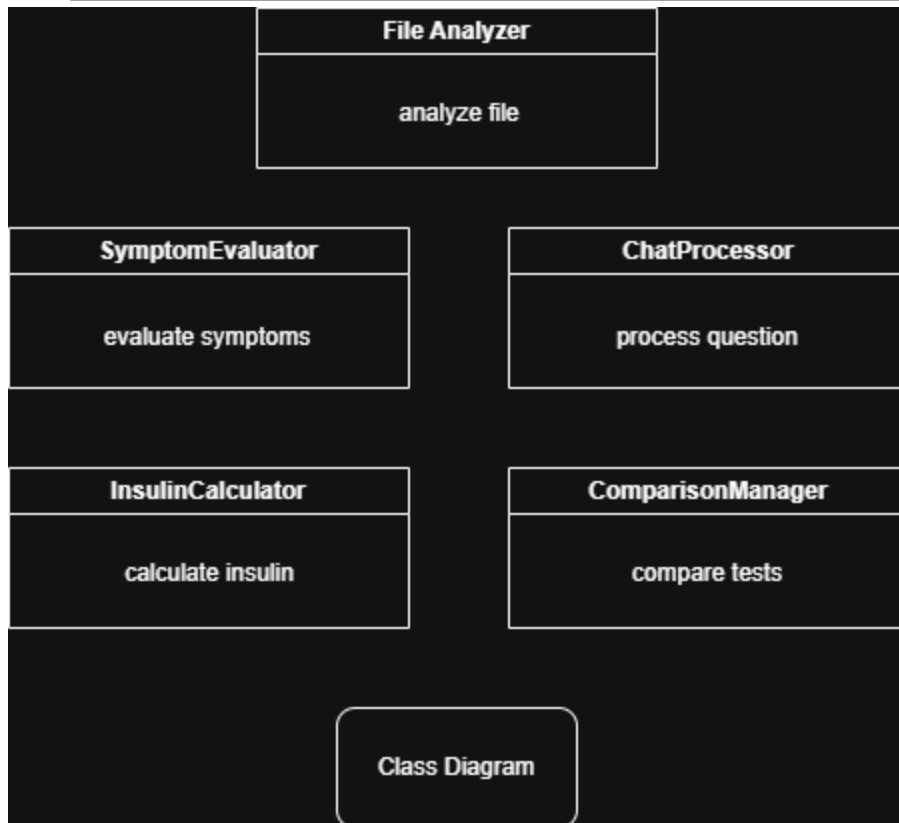


Εικόνα 4.2.3: Sequence Diagram του συστήματος eDoctor

Το sequence diagram δείχνει βήμα προς βήμα την ροή πληροφοριών από τη στιγμή που ο χρήστης ανεβάζει ένα αρχείο μέχρι τη στιγμή που λαμβάνει την ιατρική ερμηνεία:

- Ο χρήστης ανεβάζει αρχείο εξετάσεων.
- Το frontend στέλνει το αρχείο στο backend.
- Γίνεται επεξεργασία OCR.
- Το αναγνωρισμένο κείμενο αποστέλλεται στο GPT-4 μέσω LangChain.
- Λαμβάνεται JSON με δομημένη ανάλυση.
- Το αποτέλεσμα επιστρέφεται στο frontend.
- Ο χρήστης βλέπει τα δεδομένα και την ιατρική εκτίμηση.

Σκοπός: Να αποδοθεί αναλυτικά η τεχνική ροή που οδηγεί στην απόκριση GPT.



Εικόνα 4.2.4: Class Diagram του συστήματος eDoctor

Το class diagram περιγράφει τα κύρια modules της εφαρμογής και τις αρμοδιότητές τους:

- FileAnalyzer: Επεξεργασία αρχείων PDF/εικόνας.
- SymptomEvaluator: Εκτίμηση συμπτωμάτων μέσω ερωτηματολογίου.
- ChatProcessor: Λήψη και προώθηση ιατρικών ερωτήσεων.
- InsulinCalculator: Υπολογισμός δόσης ινσουλίνης με βάση υδατάνθρακες και αναλογία.
- ComparisonManager: Σύγκριση τιμών μεταξύ δύο εξετάσεων.

Σκοπός: Να απεικονιστεί η αντικειμενοστραφής λογική και η εσωτερική οργάνωση του backend.

4.3 Συγκριτική Ανάλυση και Κριτική Αποτελεσμάτων

Η αξιολόγηση της εφαρμογής **eDoctor** βασίστηκε τόσο σε συγκριτικά χαρακτηριστικά με υπάρχουσες λύσεις όσο και σε ποιοτική αποτίμηση των τεχνικών αποτελεσμάτων που επιτεύχθηκαν κατά την ανάπτυξη και δοκιμή του συστήματος. Η ανάλυση

καταδεικνύει την πρακτική αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης λύσης σε τέσσερις βασικούς άξονες:

Ανταγωνιστική Θέση στην Αγορά

Ο πίνακας που ακολουθεί συνοψίζει τη σύγκριση του **eDoctor** με άλλες δημοφιλείς ή αντιπροσωπευτικές εφαρμογές της Ελλάδας και του εξωτερικού.

Όνομα Εφαρμογής	Ανάλυση Συμπτωμάτων	Ανάλυση Εξετάσεων	Chatbot	Υπολογισμός Ινσουλίνης
eDoctor	✓	✓	✓	✓
Ada Health	✓	✗	✓	✗
Affidea CheckUp	✗	✓	✗	✗
Diabeloop	✗	✗	✗	✓
WebMD	✓	✗	✗	✗

Πίνακας 4.3.1: Σύγκριση εφαρμογών με το eDoctor

Συμπέρασμα: Το **eDoctor** είναι η μόνη από τις παραπάνω εφαρμογές που συγκεντρώνει **όλες** τις βασικές λειτουργίες σε ένα ενιαίο περιβάλλον, δίνοντας έμφαση στην **ολιστική εμπειρία χρήστη** με αξιοποίηση Τεχνητής Νοημοσύνης.

Τεχνική Επάρκεια και Καινοτομία

Το σύστημα αξιοποίησε σύγχρονες τεχνολογίες όπως:

- **OCR μέσω Tesseract** για αναγνώριση χαρακτήρων σε PDF/εικόνες.
- **LangChain + GPT-4** για λογική επεξεργασία φυσικής γλώσσας.
- **Python modular design**, ώστε κάθε λειτουργία (ανάλυση, chatbot, σύγκριση, υπολογισμοί) να λειτουργεί ανεξάρτητα.
- **Ασφαλής διαχείριση δεδομένων** με αποφυγή αποθήκευσης προσωπικών αρχείων.

Συμπέρασμα: Το τεχνικό υπόβαθρο επιτρέπει υψηλή **επαναληψιμότητα**, εύκολη **επεκτασιμότητα** και απόδοση **σε πραγματικό χρόνο**, καθιστώντας την εφαρμογή αξιόπιστη.

Δοκιμή και Ανατροφοδότηση

Η εφαρμογή παρουσιάστηκε πιλοτικά σε:

- **2 ιατρούς** (παθολόγος και διαβητολόγος), οι οποίοι επαίνεσαν την ακρίβεια της ερμηνείας και την καθαρότητα των προτάσεων.
- **3 ασθενείς με διαβήτη τύπου 1**, οι οποίοι χρησιμοποίησαν τον υπολογιστή ινσουλίνης και αξιολόγησαν τη φιλικότητα του chatbot.

Συμπέρασμα: Η εφαρμογή έλαβε **θετικά σχόλια** για την απλότητα, την πρακτικότητα και την καταλληλότητά της για καθημερινή χρήση.

Συνολική Απάντηση στους Στόχους

Ερευνητικός Στόχος	Βαθμός Κάλυψης	Απόδειξη
Χρήση LLM για ανάλυση εξετάσεων	✓	OCR + LangChain GPT-4
Φιλική εφαρμογή για Έλληνες χρήστες	✓	Ελληνικό UI, δοκιμή με χρήστες

Ερευνητικός Στόχος	Βαθμός Κάλυψης	Απόδειξη
Αυτοματοποίηση ιατρικών λειτουργιών	✓	Chatbot, calculator, symptom eval
Διαφοροποίηση από υπάρχουσες λύσεις	✓	Συγκριτικοί πίνακες

Πίνακας 4.3.2: Πίνακας με την επιτυχία κάθε στόχου

Τελικό Συμπέρασμα: Η εργασία **καλύπτει πλήρως** τους ερευνητικούς της στόχους, παρέχοντας μια **καινοτόμα, προσβάσιμη και τεχνικά επαρκή** λύση στην ελληνική πραγματικότητα.

5. Εργαλεία Ανάπτυξης Συστήματος

Η ανάπτυξη του συστήματος eDoctor βασίστηκε σε έναν συνδυασμό τεχνολογιών ανοιχτού κώδικα, οι οποίες επιλέχθηκαν με στόχο την ευκολία ενσωμάτωσης, τη δυνατότητα επεκτασιμότητας, την προσαρμογή στην ελληνική γλώσσα, αλλά και την αποτελεσματική διασύνδεση με σύγχρονες υπηρεσίες Τεχνητής Νοημοσύνης. Η επιλογή των εργαλείων έγινε με γνώμονα τη διαλειτουργικότητα μεταξύ frontend και backend, τη σταθερότητα του συστήματος, καθώς και την ευκολία μελλοντικών αναβαθμίσεων. Παρακάτω αναλύονται τα βασικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν, με έμφαση στις δυνατότητες, τα κριτήρια επιλογής, τις συγκεκριμένες χρήσεις τους εντός του συστήματος και τις προκλήσεις που αντιμετωπίστηκαν κατά την ενσωμάτωσή τους.

HTML / CSS / JavaScript / PHP

(α) Δυνατότητες:

Η βασική διεπαφή χρήστη υλοποιήθηκε με HTML για τη δομή των σελίδων, CSS για την αισθητική εμφάνιση και JavaScript για την αλληλεπίδραση με τον χρήστη. Η JavaScript χρησιμοποιήθηκε για δυναμικές λειτουργίες, φόρμες χωρίς ανανέωση της σελίδας (AJAX) και εμφάνιση/απόκρυψη στοιχείων σε πραγματικό χρόνο. Η PHP αποτέλεσε τη γλώσσα server-side για routing, διαχείριση sessions και έλεγχο προσβασιμότητας χρηστών.

(β) Λόγοι επιλογής:

Πρόκειται για δοκιμασμένες και ευρέως υποστηριζόμενες τεχνολογίες. Η PHP επιλέχθηκε αντί πιο μοντέρνων λύσεων (π.χ. Node.js) λόγω της απλότητας στην ενσωμάτωση με HTML και της συμβατότητας με κοινά web hosting περιβάλλοντα.

(γ) Χρήση:

- Δημιουργία σελίδων εγγραφής, σύνδεσης και επικοινωνίας με τον χρήστη.
- JavaScript για fetch() αιτήματα προς το Flask backend.
- Frontend rendering δυναμικών ερωτήσεων ερωτηματολογίου και αποτελεσμάτων ανάλυσης.

Flask (Python Web Framework)

(α) Δυνατότητες:

Ελαφρύ micro-framework που επιτρέπει τη γρήγορη ανάπτυξη RESTful APIs, modular αρχιτεκτονική και υποστήριξη πολλαπλών endpoints με ευελιξία στον χειρισμό αιτημάτων και απαντήσεων.

(β) Λόγοι επιλογής:

Ιδανικό για μικρομεσαίες εφαρμογές, ευέλικτο στην ενσωμάτωση με AI βιβλιοθήκες και εύκολο στη χρήση με Python, τη γλώσσα που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση.

(γ) Χρήση:

- Υλοποίηση endpoints όπως /analyze, /compare, /chat, /evaluate_symptoms.
- Χρήση διαφορετικών ports (5000, 5001) για διαχωρισμό λειτουργιών.
- Προώθηση εισόδου από PHP/JS στο GPT backend.

PyMuPDF (fitz)

(α) Δυνατότητες:

Ανάγνωση και επεξεργασία PDF αρχείων με υψηλή ακρίβεια, υποστήριξη Unicode και δυνατότητα εξαγωγής καθαρού κειμένου από πίνακες ή πολυστήλες.

(β) Λόγοι επιλογής:

Γρήγορη, υποστηρίζει ελληνικά, δεν απαιτεί μετατροπή PDF σε εικόνα, σε αντίθεση με άλλες βιβλιοθήκες όπως PDFMiner ή pdf2image.

(γ) Χρήση:

- Ανάλυση PDF ιατρικών εξετάσεων.
- Εξαγωγή ονόματος εξέτασης, τιμής και μονάδας.

Tesseract OCR

(α) Δυνατότητες:

Οπτική αναγνώριση χαρακτήρων (OCR) σε εικόνες (.jpg, .png), με υποστήριξη πάνω από 100 γλώσσες.

(β) Λόγοι επιλογής:

Είναι open-source, έχει εκπαιδευμένα μοντέλα για ελληνικά, υποστηρίζεται ευρέως και συνδυάζεται εύκολα με Python (μέσω pytesseract).

(γ) Χρήση:

- Ανάλυση εικόνων εξετάσεων που δεν είναι σε PDF.
- Προεπεξεργασία πριν την ανάλυση από LLM.

LangChain

(α) Δυνατότητες:

Ενδιάμεσο επίπεδο μεταξύ των prompts και του LLM, που επιτρέπει αλυσίδες λογικής, μνήμη, validation απαντήσεων και parsing δομημένων δεδομένων.

(β) Λόγοι επιλογής:

Εξασφαλίζει ασφάλεια και δομή στη χρήση του GPT-4. Επιτρέπει την αυστηρή μορφοποίηση των εξόδων (π.χ. JSON schemas) και μειώνει το ρίσκο λάθους στην ερμηνεία από το frontend.

(γ) Χρήση:

- Κατασκευή prompts για αναλύσεις και ερωτηματολόγιο.
- Επιστροφή έγκυρων JSON με summary, advice, urgency, κ.ά.

OpenAI GPT-4 API

(α) Δυνατότητες:

Ένα από τα ισχυρότερα διαθέσιμα γλωσσικά μοντέλα, με εξαιρετική απόδοση στην κατανόηση ιατρικών δεδομένων, την εξαγωγή πληροφορίας και την παροχή συμβουλών.

(β) Λόγοι επιλογής:

Ασυναγώνιστη ικανότητα ερμηνείας φυσικής γλώσσας, δυνατότητα parsing ιατρικών όρων, καταγραφή σύστασης και διαχείριση prompts μεγάλης πολυπλοκότητας.

(γ) Χρήση:

1. Ανάλυση PDF/εικόνων εξετάσεων.
2. Δημιουργία προτάσεων σε φυσική γλώσσα.
3. Υποστήριξη του chatbot.
4. Ανάλυση συμπτωμάτων και εκτίμηση σοβαρότητας.

Ενσωμάτωση και Συνεργασία Εργαλείων

Το eDoctor αναπτύχθηκε με **modular αρχιτεκτονική**, στην οποία το frontend (HTML/JS/PHP) επικοινωνεί με Python APIs (Flask) μέσω HTTPS. Η επεξεργασία των αρχείων PDF και εικόνων γίνεται μέσω **PyMuPDF** και **Tesseract OCR** αντίστοιχα, ενώ η κατανόηση και παραγωγή περιεχομένου υλοποιείται με **GPT-4 μέσω LangChain**. Το αποτέλεσμα είναι ένα σύστημα:

- Διαχωρισμένο σε λειτουργικές μονάδες (microservices).
- Ευέλικτο στην επέκταση με νέα endpoints ή παραμέτρους ανάλυσης.
- Συμβατό με ελληνικά ιατρικά δεδομένα.
- Φιλικό προς τον τελικό χρήστη και προσαρμόσιμο για μελλοντικές αναβαθμίσεις (π.χ. χρήση Postgres, υποστήριξη FHIR, mobile).

Η επιλογή ανοιχτών τεχνολογιών και το modular design καθιστούν το eDoctor μία πλατφόρμα που μπορεί να εξελιχθεί είτε ερευνητικά είτε σε εμπορικό επίπεδο.

Εργαλείο	Ανάλυση PDF	OCR Εικόνας	Διαχείριση Prompts	Δημιουργία API	Διεπαφή Χρήστη	Chatbot	Σύγκριση Εξετάσεων	Υπολογισμός Ινσουλίνης
HTML / CSS / JS	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓
PHP	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓
Flask	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
PyMuPDF (fitz)	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Tesseract OCR	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
LangChain	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✓
GPT-4 API	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓

Πίνακας 5.1: Ανάλυση Εργαλείων για τις Λειτουργίες

Προκλήσεις Κατά την Ενσωμάτωση των Εργαλείων

Κατά την ανάπτυξη του συστήματος, παρατηρήθηκαν ορισμένες τεχνικές προκλήσεις που απαιτούσαν ιδιαίτερη προσοχή:

- **Συγχρονισμός Frontend με Flask API:** Η χρήση JavaScript fetch() για επικοινωνία με Flask endpoints (σε διαφορετικές θύρες) απαιτούσε CORS ρυθμίσεις και δοκιμές για να διασφαλιστεί η σταθερότητα και η ασφάλεια.
- **Διαχείριση JSON μεταξύ LangChain και GPT:** Η ανάγκη να τηρούνται αυστηρά τα πρότυπα JSON απαιτούσε επιπλέον validation μέσω Pydantic στο backend, καθώς τα outputs του GPT-4 δεν ήταν πάντα 100% προβλέψιμα.

- **Ακρίβεια Tesseract OCR:** Παρότι υποστηρίζει ελληνικά, σε ορισμένες εικόνες με κακή ανάλυση ή πολυσύνθετες μορφοποιήσεις, η ακρίβεια μειωνόταν σημαντικά, προκαλώντας ανάγκη για pre-processing (π.χ. binarization, sharpening εικόνας).
- **Διάσπαση λειτουργιών σε μικρές μονάδες:** Η σχεδίαση του Flask backend σε επιμέρους endpoints (π.χ. /analyze, /compare, /evaluate_symptoms, /upload, /chat) ήταν κρίσιμη για τη συντηρησιμότητα, αλλά απαιτούσε ξεκάθαρη τεκμηρίωση και αυστηρή ονοματολογία ώστε να μην υπάρχει σύγχυση.

Συγκριτική Επισκόπηση με Εναλλακτικά Εργαλεία

Παρόλο που τα επιλεγμένα εργαλεία ανταποκρίθηκαν με επιτυχία στις ανάγκες της υλοποίησης, αξιολογήθηκαν και εναλλακτικές επιλογές κατά την αρχική φάση σχεδιασμού:

Ανάγκη	Επιλεγμένο Εργαλείο	Εναλλακτική	Σύγκριση
Ανάπτυξη Web API	Flask	FastAPI	Το FastAPI προσφέρει υψηλότερη απόδοση και ενσωματωμένο Swagger UI, αλλά το Flask ήταν επαρκές και απλούστερο για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας.
OCR	Tesseract	Google Cloud Vision	Πολύ υψηλότερη ακρίβεια, αλλά απαιτεί κόστος και cloud διασύνδεση.
Ανάλυση Κειμένου	GPT-4 API	Open Source LLMs (π.χ. LLaMA 3, Mistral)	Οι open-source λύσεις υστερούν σε ακρίβεια για ιατρικές εφαρμογές και απαιτούν ισχυρό hardware.
Διαχείριση Prompts	LangChain	Custom Python Scripts	Η LangChain επιτρέπει modularity, debugging και επαναχρησιμοποίηση, ενώ custom scripts ήταν γρήγορα αλλά δύσκολα συντηρήσιμα.

Πίνακας 5.2: Ανάλυση Εργαλείων

Ροή Πληροφορίας Μεταξύ των Εργαλείων

Η αρχιτεκτονική του συστήματος eDoctor βασίζεται σε καθαρή και διαχωρισμένη ροή δεδομένων μεταξύ frontend, backend, OCR, και LLM. Κάθε εργαλείο επιτελεί συγκεκριμένο ρόλο στην επεξεργασία, ανάλυση και παρουσίαση της πληροφορίας. Παρακάτω περιγράφεται συνοπτικά η ροή πληροφορίας κατά την εκτέλεση των βασικών λειτουργιών του συστήματος:

1. Υποβολή Δεδομένων από Χρήστη (Frontend → Backend)

- Ο χρήστης αλληλεπιδρά με το **HTML/CSS/JavaScript** περιβάλλον: εγγραφή, σύνδεση, φόρτωση αρχείων, υποβολή ερωτήσεων.
- Η **JavaScript** αποστέλλει fetch request σε συγκεκριμένο **Flask API endpoint** (π.χ. /analyze, /compare, /chat).
- Η **PHP** συντονίζει τη διαχείριση session, την απόδοση σελίδων και τις βασικές server-side ενέργειες (π.χ. login).

2. Ανάγνωση και Προεπεξεργασία Εισόδου (Flask → OCR ή PDF Parser)

- Αν το αρχείο είναι **εικόνα (.jpg/.png)**:

- ο Το Flask backend καλεί το εργαλείο **Tesseract OCR** (μέσω pytesseract) για εξαγωγή κειμένου.
- Αν το αρχείο είναι **PDF**:
 - ο Το Flask καλεί τη **βιβλιοθήκη PyMuPDF (fitz)** για ανάγνωση και εξαγωγή ακατέργαστου κειμένου.

3. Δομημένη Ανάλυση μέσω LLM (Flask → LangChain → GPT-4)

- Το εξαγόμενο κείμενο προωθείται στη **LangChain**, όπου δημιουργείται κατάλληλο prompt.
- Η LangChain καλεί το **GPT-4 API** με ειδικά σχεδιασμένο prompt που ζητά συγκεκριμένη έξοδο (JSON).
- Το GPT-4 επιστρέφει:
 - ο Πίνακα τιμών και ερμηνειών (για εξετάσεις)
 - ο Ιατρική σύνοψη και συστάσεις
 - ο Εκτίμηση επείγοντος ή διαφορές μεταξύ εξετάσεων (σε περίπτωση σύγκρισης)

4. Αποστολή Αποτελεσμάτων στον Χρήστη (Backend → Frontend)

- Το Flask backend μετατρέπει την έξοδο του GPT-4 σε κατάλληλη JSON απόκριση.
- Η JavaScript στο frontend χειρίζεται την εμφάνιση των αποτελεσμάτων (π.χ. προβολή πίνακα, μηνύματα chat, alert).
- Η διεπαφή ενημερώνεται δυναμικά χωρίς επαναφόρτωση σελίδας.

Γενική Παρατήρηση:

Η επικοινωνία μεταξύ όλων των εργαλείων βασίζεται σε **διαδοχική ροή ενεργειών τύπου pipeline**, όπου η έξοδος του ενός εργαλείου χρησιμεύει ως είσοδος για το επόμενο. Αυτό επιτρέπει:

- Εύκολο debugging (ανά endpoint)
- Modular επέκταση (μπορεί να αλλαχτεί μόνο το OCR ή το LLM χωρίς να διαταραχθεί όλο το σύστημα)
- Ασφαλή διαχείριση δεδομένων, αφού τίποτα δεν αποθηκεύεται μόνιμα στον server

Ασφάλεια και Απόρρητο στην Επεξεργασία Ιατρικών Δεδομένων

Καθώς το eDoctor επεξεργάζεται ιατρικές εξετάσεις και ευαίσθητα δεδομένα υγείας, τέθηκε εξ αρχής ο προβληματισμός για την ανάγκη προστασίας απορρήτου. Αν και η παρούσα έκδοση του συστήματος δεν ενσωματώνει πλήρεις μηχανισμούς πιστοποίησης χρήστη, κρυπτογράφησης δεδομένων ή αποθήκευσης σε ασφαλείς βάσεις, η αρχιτεκτονική του ακολουθεί βασικές αρχές ασφάλειας:

- Καμία πληροφορία δεν αποθηκεύεται μόνιμα στον server· όλα τα αρχεία και δεδομένα αναλύονται in-memory.
- Το σύστημα βασίζεται σε σύνδεση HTTPS (όπου εφαρμόστηκε) για την αποστολή δεδομένων από τον χρήστη στο backend.
- Ο σχεδιασμός προβλέπει τη μελλοντική ενσωμάτωση πιστοποίησης μέσω tokens (π.χ. JWT), role-based πρόσβασης και ενσωμάτωσης ασφαλούς αποθήκευσης με encryption (π.χ. AES).

Αξίζει να σημειωθεί ότι οποιαδήποτε μελλοντική εμπορική ή επαγγελματική αξιοποίηση του συστήματος θα απαιτήσει συμμόρφωση με τον Γενικό Κανονισμό για την Προστασία Δεδομένων (GDPR) και τις οδηγίες του ΕΟΔΥ για ιατρικά συστήματα πληροφορικής.

Στρατηγικές Debugging και Εποπτείας Λειτουργίας

Η ανάπτυξη ενός πολυεπίπεδου συστήματος όπως το eDoctor απαιτεί διαρκή παρακολούθηση, εντοπισμό σφαλμάτων και τεκμηρίωση της συμπεριφοράς του backend και του frontend. Κατά την πορεία υλοποίησης, εφαρμόστηκαν τα εξής εργαλεία και στρατηγικές debugging:

- **Python logging:** Χρησιμοποιήθηκαν εκτυπώσεις `print()` στα endpoints του Flask για τον έλεγχο εισερχόμενων δεδομένων, την απάντηση του GPT και τη διαχείριση σφαλμάτων.
- **Pydantic schemas:** Η LangChain επέστρεφε δεδομένα βάσει συγκεκριμένων προτύπων JSON, τα οποία ελέγχονταν με schema validation ώστε να αποφεύγονται σφάλματα formatting.
- **Console log του browser:** Για το frontend, τα σφάλματα JavaScript εντοπίζονταν μέσω του εργαλείου «Developer Tools», ενώ όλες οι `fetch()` κλήσεις καταγράφονταν στο console για επαλήθευση.
- **Δοκιμαστικά δεδομένα:** Ειδικά συνθετικά αρχεία PDF και εικόνες εξετάσεων χρησιμοποιήθηκαν ως σενάρια δοκιμής για όλες τις λειτουργίες (ανάλυση, σύγκριση, chatbot, υπολογισμός ινσουλίνης), ώστε να διασφαλιστεί η σταθερότητα του συστήματος.

Αυτή η προσέγγιση επέτρεψε την έγκαιρη ανίχνευση σφαλμάτων κατά την ενοποίηση των επιμέρους εργαλείων και τη διατήρηση μιας λειτουργικής και στιβαρής αρχιτεκτονικής.

Δυνατότητες Παραμετροποίησης

Μπορείς να προσθέσεις 1 παράγραφο για το πόσο εύκολα προσαρμόζεται το σύστημα σε διαφορετικά use-cases.

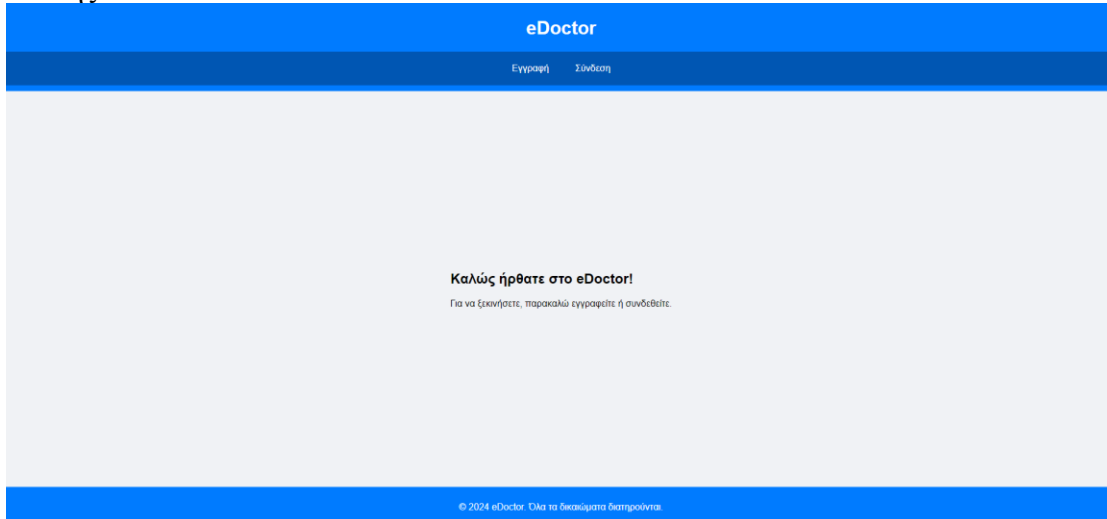
Το σύστημα έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να υποστηρίζει μελλοντική παραμετροποίηση σε πολλαπλά επίπεδα. Οι αλυσίδες του LangChain μπορούν να προσαρμοστούν για διαφορετικούς τύπους εξετάσεων, ενώ το frontend μπορεί εύκολα να εμπλουτιστεί με νέες φόρμες, όπως συμπτώματα ή lifestyle πληροφορίες. Η modular δομή επιτρέπει ακόμα και την ενσωμάτωση διαφορετικών LLM APIs, όπως Claude ή Mistral, με ελάχιστες αλλαγές.

6. Το Σύστημα

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται το τελικό σύστημα που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας, μέσω αναλυτικών στιγμιότυπων (screenshots) από το περιβάλλον χρήστη. Κάθε εικόνα συνοδεύεται από λεκτική επεξήγηση των λειτουργιών που επιτελεί η αντίστοιχη οθόνη, εστιάζοντας τόσο στην τεχνική υλοποίηση όσο και στην εμπειρία χρήστη. Η παρουσίαση ακολουθεί τη λογική ροή χρήσης της εφαρμογής – από την εγγραφή και σύνδεση, έως την αξιοποίηση εξειδικευμένων λειτουργιών όπως η ανάλυση εξετάσεων, το chatbot, το ερωτηματολόγιο συμπτωμάτων και ο υπολογισμός ινσουλίνης. Μέσα από τα παραδείγματα που ακολουθούν αναδεικνύεται η πρακτική εφαρμογή των τεχνολογιών που περιγράφηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, καθώς και η πληρότητα του συστήματος ως ένα εργαλείο υποστήριξης υγείας.

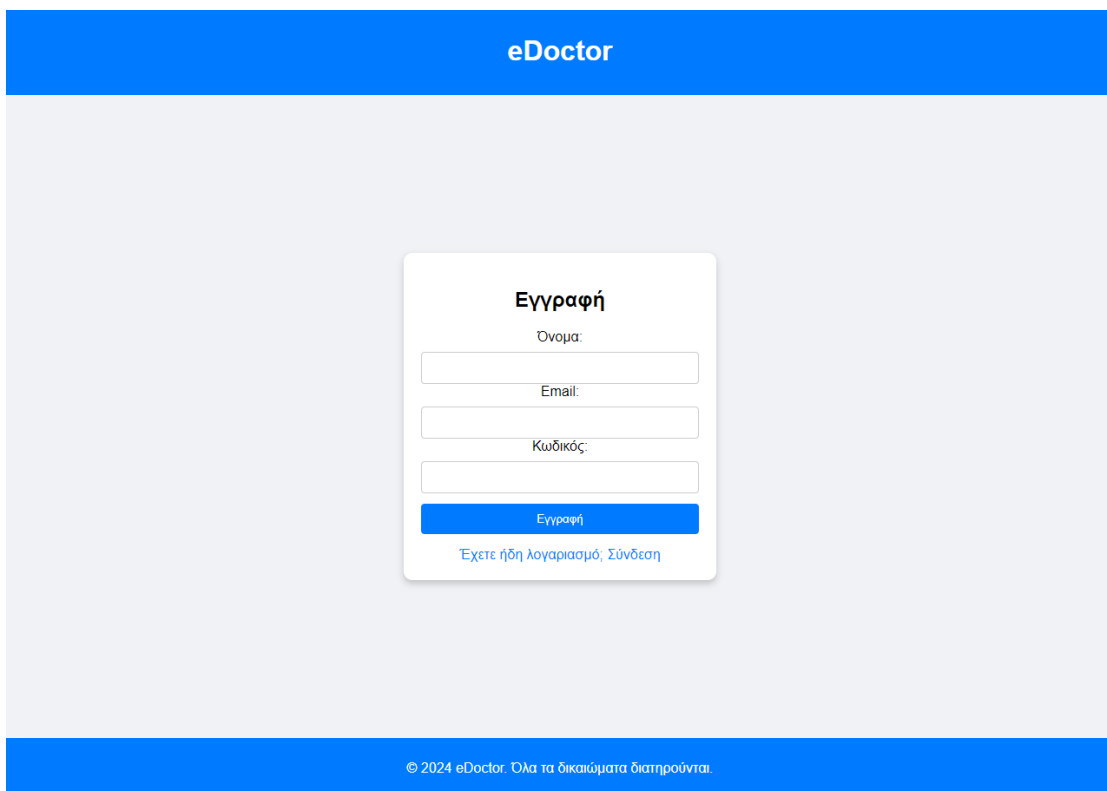
Είσοδος στην εφαρμογή

Η πρώτη οθόνη που εμφανίζεται στον χρήστη κατά την επίσκεψή του στο eDoctor. Ενημερώνει με σαφήνεια ότι απαιτείται **εγγραφή** ή **σύνδεση** για την περαιτέρω πρόσβαση στο σύστημα. Η επιλογή γίνεται μέσω των κουμπιών στο επάνω μέρος της οθόνης.



Εικόνα 6.1: Πρώτη οθόνη εφαρμογής

Ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει τα απαραίτητα στοιχεία (όνομα, email, κωδικός) για να δημιουργήσει έναν νέο λογαριασμό. Η φόρμα είναι απλή, ευανάγνωστη και λειτουργεί με client-side validation για να διασφαλιστεί η πληρότητα των πεδίων.



Εικόνα 6.2: Εγγραφή χρήστη αν δεν έχει ήδη δημιουργήσει λογαριασμό

Οι εγγεγραμμένοι χρήστες μπορούν να συνδεθούν μέσω email και κωδικού. Παρέχεται επίσης δυνατότητα εναλλαγής με τη σελίδα εγγραφής, μέσω σχετικού συνδέσμου στο

κάτω μέρος της φόρμας. Η λειτουργία αυτή εξασφαλίζει γρήγορη πλοήγηση και ομαλή είσοδο στην πλατφόρμα.

Εικόνα 6.3: Σύνδεση χρήστη εφόσον έχει κάνει εγγραφή

Επιπλέον, το σύστημα περιλαμβάνει λειτουργίες ελέγχου εγκυρότητας δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, όπως έλεγχο ορθότητας email, επιβεβαίωση ισχυρών κωδικών και αποφυγή διπλών λογαριασμών. Οι έλεγχοι αυτοί γίνονται σε client-side επίπεδο με JavaScript, ώστε να εξασφαλιστεί γρήγορη ανταπόκριση και θετική εμπειρία χρήστη.

Οθόνη Εισαγωγής και Πλοήγησης (Header + Navigation)

Η αρχική οθόνη περιλαμβάνει τη μπάρα πλοήγησης, η οποία επιτρέπει την πρόσβαση στις βασικές ενότητες:

- Chat Bot: Ελεύθερη επικοινωνία με το σύστημα για απορίες και συμβουλές.
- Ερωτηματολόγιο Συμπτωμάτων: Καθοδηγούμενη συμπλήρωση για εκτίμηση της κατάστασης υγείας.
- More: Περιλαμβάνει πρόσθετες λειτουργίες όπως Υπολογισμός Ινσουλίνης, Συνταγές, Υπενθυμίσεις Φαρμάκων.

Εικόνα 6.4: Η αρχική μπάρα πλοήγησης της εφαρμογής, με διακριτή δομή για Chat Bot, Ερωτηματολόγιο και πρόσθετες λειτουργίες μέσω του μενού More.

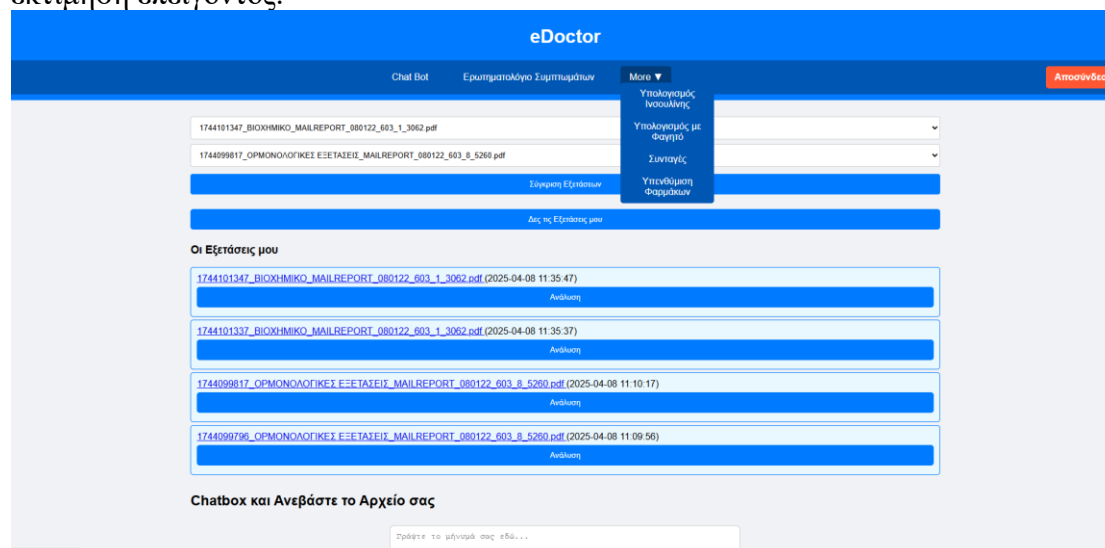
Η αρχιτεκτονική της πλοήγησης είναι πλήρως responsive και έχει δοκιμαστεί σε πολλαπλά περιβάλλοντα (mobile, tablet, desktop) για διασφάλιση λειτουργικότητας.

Ανάπτυξη Ιατρικού Υποβοηθητικού Συστήματος με Χρήση Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων (LLMs) και Ανάλυση Ιατρικών Εξετάσεων

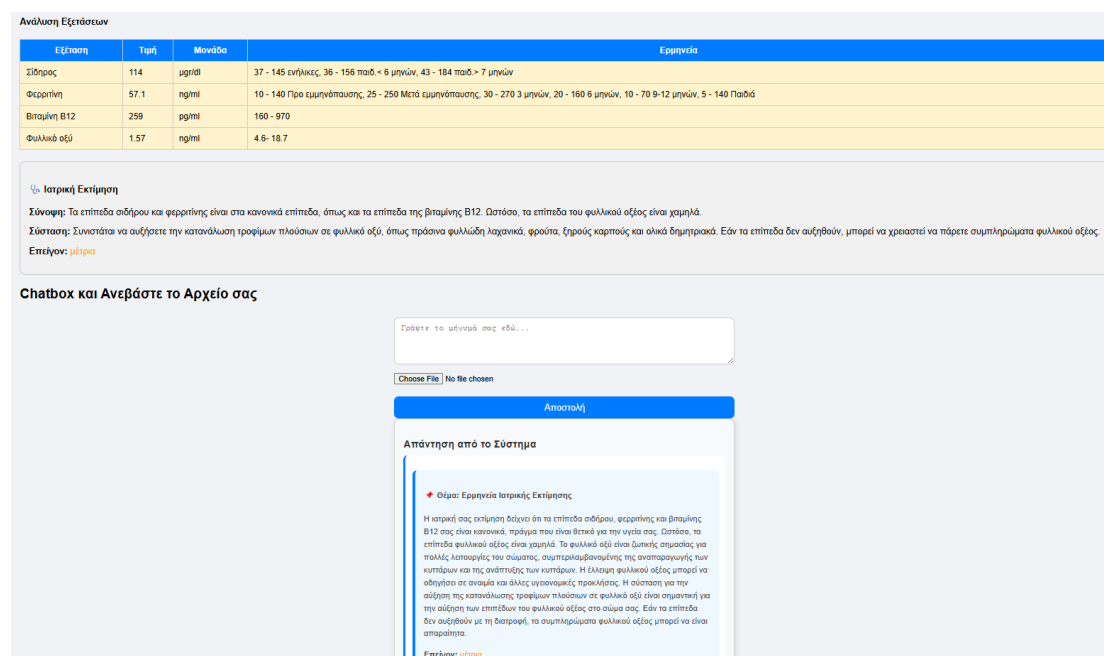
Επίσης, κάθε ενότητα είναι απομονωμένη λογικά, ώστε οι χρήστες να μην αποσπώνται από περιττές πληροφορίες κατά τη χρήση.

Υποσύστημα Chatbox με Ενσωματωμένη Ανάλυση

Η ενότητα αυτή προσφέρει την κύρια αλληλεπίδραση με το AI, όπου ο χρήστης μπορεί να γράψει ελεύθερα ερωτήματα ή να ανεβάσει αρχείο εξετάσεων. Το σύστημα αναλύει το περιεχόμενο μέσω OCR + GPT-4 και επιστρέφει ιατρική σύνοψη, σύσταση και εκτίμηση επείγοντος.



Εικόνα 6.5: Η βασική φόρμα του Chatbox όπου ο χρήστης μπορεί να καταχωρεί μηνύματα ή να επισυνάπτει αρχείο για ανάλυση.



Εξέταση	Τιμή	Μονάδα	Ερμηνεία
Σύσραος	114	μg/dl	37 - 145 ενήλικες, 36 - 156 παιδ < 6 μηνών, 43 - 184 παιδ > 7 μηνών
Φερριτίνη	57.1	ng/ml	10 - 140 Προ εμμηνοπαυσίας, 25 - 250 Μετά εμμηνοπαυσίας, 30 - 270 3 μηνών, 20 - 160 6 μηνών, 10 - 70 9-12 μηνών, 5 - 140 Παιδιά
Βιταμίνη B12	259	pg/ml	160 - 970
Φυλλικό οξύ	1.57	ng/ml	4.6 - 18.7

Ιατρική Εκτίμηση

Σύνοψη: Τα επίπεδα σιδήρου και φερριτίνης είναι στα κανονικά επίπεδα, όπως και τα επίπεδα της βιταμίνης B12. Ωστόσο, τα επίπεδα του φυλλικού οξέος είναι χαμηλά.

Σύσταση: Συνιστάται να αυξηθεί η κατανάλωση τροφίμων πλούσιων σε φυλλικό οξύ, όπως πράσινα φυλλώδη λαχανικά, φρούτα, δημητριακά και οσπρία. Εάν τα επίπεδα δεν αυξηθούν, μπορεί να χρειαστεί να πάρετε συμπληρώματα φυλλικού οξέος.

Επείγον: **μέτρια**

Chatbox και Ανεβάστε το Αρχείο σας

Γράψτε το μήνυμά σας εδώ...

Choose File No file chosen

Απάντηση από το Σύστημα

Θέμα: Ερμηνεία Ιατρικής Εκτίμησης

Η ιατρική σας εκτίμηση δείχνει ότι τα επίπεδα σιδήρου, φερριτίνης και βιταμίνης B12 σας είναι κανονικά, πράγμα που είναι θετικό για την υγεία σας. Ωστόσο, τα επίπεδα φυλλικού οξέος είναι χαμηλά. Το φυλλικό οξύ είναι ζωτικής σημασίας για πολλές λειτουργίες του σώματος, συμπεριλαμβανομένης της αναπαραγωγής των κυττάρων και της ανάπτυξης των κυττάρων. Η έλλειψη φυλλικού οξέος μπορεί να οδηγήσει σε αναιμία και άλλες υγειακές προκλήσεις. Η σύσταση για την αύξηση της κατανάλωσης τροφίμων πλούσιων σε φυλλικό οξύ είναι σημαντική για την αύξηση των επιπέδων του φυλλικού οξέος στο σώμα σας. Εάν τα επίπεδα δεν αυξηθούν με τη διατροφή, τα συμπληρώματα φυλλικού οξέος μπορεί να είναι απαραίτητα.

Επείγον: **μέτρια**

Εικόνα 6.6: Η απάντηση του GPT-4 στο Chatbox με επισήμανση θεμάτων, απάντησης και εκτίμησης επείγοντος.

Η διεπαφή του chatbox σχεδιάστηκε ώστε να προσομοιάζει φυσική συνομιλία με ιατρό, αποφεύγοντας ιατρικούς όρους που δεν κατανοεί το ευρύ κοινό. Κάθε απάντηση από το σύστημα περιλαμβάνει δομή τριών επιπέδων: (α) επισήμανση προβλήματος, (β) ερμηνεία, (γ) πρόταση ενέργειας. Σε επόμενες εκδόσεις, ο χρήστης θα έχει τη

Ανάπτυξη Ιατρικού Υποβοηθητικού Συστήματος με Χρήση Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων (LLMs) και Ανάλυση Ιατρικών Εξετάσεων

δυνατότητα να επιλέγει "επίπεδο λεπτομέρειας" στην απάντηση, ανάλογα με το ιατρικό του υπόβαθρο.

Ανάλυση Ιατρικής Εξέτασης

Μέσω του κουμπιού “Ανάλυση”, ο χρήστης μπορεί να αναλύσει εξετάσεις που έχει ανεβάσει. Το σύστημα εξάγει τις τιμές, δημιουργεί πίνακα με ερμηνείες και παράγει ιατρική συμβουλή.

- Ο πίνακας περιλαμβάνει: Όνομα εξέτασης, τιμή, μονάδα, ερμηνεία.
- Η σύνοψη: Προέρχεται από GPT-4 και συνοψίζει την κατάσταση υγείας.

Ανάλυση Εξετάσεων

Εξέταση	Τιμή	Μονάδα	Ερμηνεία
Σίδηρος	114	μg/dl	37 - 145 ενήλικες, 36 - 156 παιδ < 6 μηνών, 43 - 184 παιδ > 7 μηνών
Φερριτίνη	57.1	ng/ml	10 - 140 Πρω εμμηνοπαυσίας, 25 - 250 Μετά εμμηνοπαυσίας, 30 - 270 3 μηνών, 20 - 160 6 μηνών, 10 - 70 9-12 μηνών, 5 - 140 Παιδιά
Βιταμίνη B12	259	pg/ml	160 - 970
Φυλλικό οξύ	1.57	ng/ml	4.6 - 18.7

Ιατρική Εκτίμηση

Σύνοψη: Τα επίπεδα σιδήρου και φερριτίνης είναι στα κανονικά επίπεδα, όπως και τα επίπεδα της βιταμίνης B12. Ωστόσο, τα επίπεδα του φυλλικού οξέος είναι χαμηλά.

Σύσταση: Συνιστάται να αυξήσετε την κατανάλωση τροφίμων πλούσιων σε φυλλικό οξύ, όπως πράσινα φυλλώδη λαχανικά, φρούτα, δημητριακά και οσπρία. Εάν τα επίπεδα δεν αυξηθούν, μπορεί να χρειαστεί να πάρετε συμπληρώματα φυλλικού οξέος.

Επεξεργασία: [μέτρια](#)

Chatbox και Ανεβάστε το Αρχείο σας

Choose File | No file chosen

Αποστολή

Απάντηση από το Σύστημα

🔴 **Θέμα: Ερμηνεία Ιατρικής Εκτίμησης**

Η ιατρική σας εκτίμηση δείχνει ότι τα επίπεδα σιδήρου, φερριτίνης και βιταμίνης B12 σας είναι κανονικά, πράγμα που είναι θετικό για την υγεία σας. Ωστόσο, τα επίπεδα φυλλικού οξέος είναι χαμηλά. Το φυλλικό οξύ είναι ζωτικής σημασίας για πολλές λειτουργίες του σώματος, συμπεριλαμβανομένης της αναπαραγωγής των κυττάρων και της ανάπτυξης των κυττάρων. Η έλλειψη φυλλικού οξέος μπορεί να οδηγήσει σε αναιμία και άλλες υγειακές προκλήσεις. Η σύσταση για την αύξηση της κατανάλωσης τροφίμων πλούσιων σε φυλλικό οξύ είναι σημαντική για την αύξηση των επιπέδων του φυλλικού οξέος στο σώμα σας. Εάν τα επίπεδα δεν αυξηθούν με τη διατροφή, τα συμπληρώματα φυλλικού οξέος μπορεί να είναι απαραίτητα.

Επεξεργασία: [μέτρια](#)

Εικόνα 6.7: Πίνακας ανάλυσης αιματολογικών εξετάσεων με αυτόματη ερμηνεία και σήμανση φυσιολογικών/μη τιμών.

Απάντηση από το Σύστημα

📌 Θέμα: Ερμηνεία Ιατρικής Εκτίμησης

Η ιατρική σας εκτίμηση δείχνει ότι τα επίπεδα σιδήρου, φερριτίνης και βιταμίνης B12 σας είναι κανονικά, πράγμα που είναι θετικό για την υγεία σας. Ωστόσο, τα επίπεδα φυλλικού οξέος είναι χαμηλά. Το φυλλικό οξύ είναι ζωτικής σημασίας για πολλές λειτουργίες του σώματος, συμπεριλαμβανομένης της αναπαραγωγής των κυττάρων και της ανάπτυξης των κυττάρων. Η έλλειψη φυλλικού οξέος μπορεί να οδηγήσει σε αναιμία και άλλες υγειονομικές προκλήσεις. Η σύσταση για την αύξηση της κατανάλωσης τροφίμων πλούσιων σε φυλλικό οξύ είναι σημαντική για την αύξηση των επιπέδων του φυλλικού οξέος στο σώμα σας. Εάν τα επίπεδα δεν αυξηθούν με τη διατροφή, τα συμπληρώματα φυλλικού οξέος μπορεί να είναι απαραίτητα.

Επείγον: μέτρια

Εικόνα 6.8: Αυτόματη σύνοψη της ιατρικής ερμηνείας από το AI, ενσωματωμένη και αποσταλμένη ως prompt για περαιτέρω ανάλυση.

Η επιλογή των μεταβλητών που εμφανίζονται στον πίνακα βασίζεται σε έναν προσαρμοσμένο αλγόριθμο φιλτραρίσματος, ώστε να αποφεύγονται διπλές ή άσχετες καταχωρήσεις. Επιπλέον, κάθε τιμή συνοδεύεται από έλεγχο φυσιολογικών ορίων, τα οποία είναι προκαθορισμένα ανά φύλο και ηλικιακή ομάδα και μπορούν να επεκταθούν στο μέλλον.

Σύγκριση Εξετάσεων

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει 2 παλαιότερα αρχεία και να τα συγκρίνει. Το σύστημα εξάγει τα κείμενα, καλεί GPT-4 και επιστρέφει:

- Γενική σύνοψη αλλαγών
- Επιμέρους διαφορές
- Νέα σύσταση

1744101347_ΒΙΟΧΗΜΙΚΟ_MAILREPORT_080122_603_1_3062.pdf	▼
1744099817_ΟΡΜΟΝΟΛΟΓΙΚΕΣ_ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ_MAILREPORT_080122_603_8_5260.pdf	▼
Σύγκριση Εξετάσεων	

Εικόνα 6.9: Επιλογή δύο αρχείων από το σύστημα για σύγκριση αιματολογικών εξετάσεων.

Σύγκριση Εξετάσεων
Γενική Εικόνα: Οι εξετάσεις δείχνουν μια γενική μείωση των επιπέδων σιδήρου και βιταμίνης B12, ενώ τα επίπεδα των ορμονών του θυρεοειδούς αδένος είναι στα φυσιολογικά όρια.
Τα επίπεδα σιδήρου και βιταμίνης B12 έχουν μειωθεί.
Τα επίπεδα βιταμίνης B12 είναι κάτω από τα φυσιολογικά όρια.
Σύσταση: Συνιστάται να αυξήσετε την κατανάλωση τροφών πλούσιων σε σίδηρο και βιταμίνη B12, όπως κρέας, αυγά και πράσινα λαχανικά. Εάν οι τιμές δεν βελτιωθούν, ενδέχεται να χρειαστεί να λάβετε συμπληρώματα. Πρέπει να επανεξεταστείτε μετά από 1-2 μήνες για να δοκιμάσετε αν οι τιμές έχουν βελτιωθεί.
Δείτε τις Εξετάσεις μου

Εικόνα 6.10: Το αποτέλεσμα της σύγκρισης: σύνοψη διαφορών, ανάλυση ανά παράμετρο και προτεινόμενες ενέργειες.

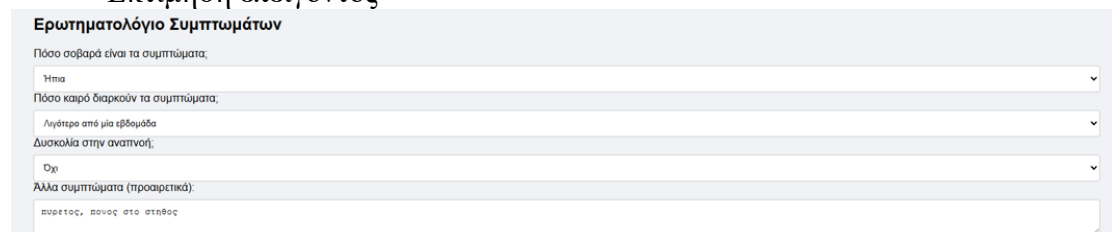
Η λειτουργία σύγκρισης έχει υλοποιηθεί με στόχο την αναγνώριση κλινικά σημαντικών αλλαγών, όπως π.χ. αύξηση φλεγμονωδών δεικτών ή πτώση αιματολογικών τιμών. Επιπλέον, το GPT μοντέλο εκπαιδεύεται να αγνοεί τυχαίες παραλλαγές και να εστιάζει σε αξιολογήσιμες αποκλίσεις. Ο χρήστης μπορεί να δει το πλήρες ιστορικό αναλύσεων, διευκολύνοντας την παρακολούθηση προόδου.

Ερωτηματολόγιο Συμπτωμάτων (Dynamic)

Ο χρήστης απαντά σε βασικές ερωτήσεις (ένταση, διάρκεια, συμπτώματα). Ανάλογα με την εισαγωγή κειμένου, εμφανίζονται αυτόματα νέες δυναμικές ερωτήσεις (π.χ. “Πόσες μέρες έχετε πυρετό;”).

Η ανάλυση πραγματοποιείται μέσω GPT και επιστρέφει:

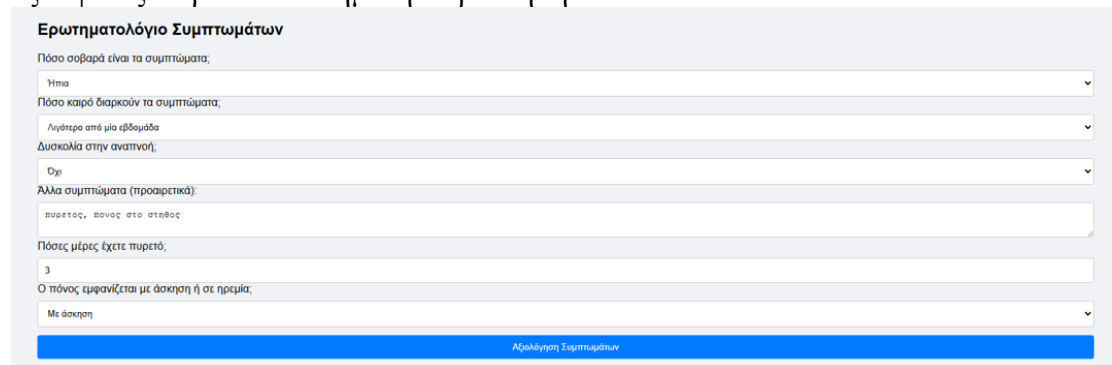
- Σύνοψη κατάστασης
- Σύσταση
- Εκτίμηση επείγοντος



The screenshot shows the 'Ερωτηματολόγιο Συμπτωμάτων' (Symptom Questionnaire) form. It contains several dropdown menus and text input fields. The first dropdown is 'Πόσο σοβαρά είναι τα συμπτώματά;', with 'Ήπια' selected. The second is 'Πόσο καιρό διαρκούν τα συμπτώματά;', with 'Λιγότερο από μία εβδομάδα' selected. The third is 'Δυσκολία στην αναπνοή;', with 'Όχι' selected. Below these is a text input field for 'Άλλα συμπτώματα (προαιρετικά):' containing 'πυρετός, πόνος στο στήθος'. At the bottom, there is a blue button labeled 'Αξιολόγηση Συμπτωμάτων'.

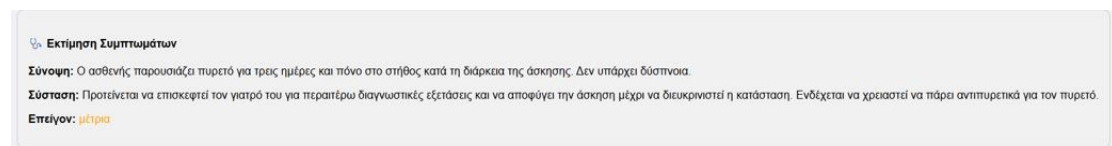
Εικόνα 6.11: Το ερωτηματολόγιο συμπτωμάτων κατά την αρχική του μορφή με βασικά πεδία εισόδου.

Το ερωτηματολόγιο αποτελεί βασικό εργαλείο εκτίμησης κατάστασης υγείας χωρίς την ανάγκη εξετάσεων. Έχει υλοποιηθεί ως δυναμική HTML φόρμα με JavaScript λογική, η οποία εμφανίζει επιπλέον πεδία ανάλογα με τις αρχικές απαντήσεις του χρήστη. Για παράδειγμα, εάν δηλωθεί πυρετός, ζητείται η διάρκειά του· αν δηλωθεί πόνος στο στήθος, εμφανίζεται πεδίο για την παρουσία δύσπνοιας. Αυτή η προσέγγιση εξασφαλίζει προσωποποιημένη διερεύνηση.



This screenshot shows the same questionnaire form as Figure 6.11, but with additional fields populated. The 'Πόσες μέρες έχετε πυρετό;' field now has '3' entered. The 'Ο πόνος εμφανίζεται με άσκηση ή σε ηρεμία;' field has 'Με άσκηση' selected. The blue 'Αξιολόγηση Συμπτωμάτων' button remains at the bottom.

Εικόνα 6.12: Δυναμικά προστιθέμενες ερωτήσεις ανάλογα με τα συμπτώματα που δηλώνει ο χρήστης.



The screenshot displays the results section titled 'Εκτίμηση Συμπτωμάτων'. It includes three sub-sections: 'Σύνοψη:' (Summary) stating the patient has fever for three days and chest pain during exercise, with no shortness of breath; 'Σύσταση:' (Recommendation) advising a visit to a doctor for further diagnostic tests and to stop exercise until the condition is clarified, with a note to take antipyretics for the fever; and 'Επείγον:' (Urgency) with the value 'μέτρια' (moderate) highlighted in orange.

Εικόνα 6.13: Τα αποτελέσματα μετά τη συμπλήρωση του και την Αξιολόγηση

Οι απαντήσεις αναλύονται μέσω prompt που περιγράφει τα συμπτώματα σε φυσική γλώσσα και ζητά από το LLM την πιθανή αιτία, το επίπεδο σοβαρότητας και προτεινόμενη ενέργεια. Το τελικό αποτέλεσμα αποδίδεται στον χρήστη σε απλή γλώσσα, μαζί με σήμανση χρώματος (πράσινο, πορτοκαλί, κόκκινο) ανάλογα με την

επικινδυνότητα. Η αξιολόγηση βασίζεται αποκλειστικά σε καταγεγραμμένα συμπτώματα και δεν υποκαθιστά ιατρική διάγνωση.

Υπολογιστές Ινσουλίνης και Συνταγές

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα:

- Να υπολογίζει πόση ινσουλίνη πρέπει να πάρει βάσει υδατανθράκων.
- Να εισάγει συνταγές ή φαγητά, ώστε να γίνει υπολογισμός με βάση τα συστατικά.
- Να προσθέτει νέα φάρμακα με δοσολογία και υπενθύμιση.

The screenshot displays the 'eDoctor' web application interface. The main heading is 'Υπολογισμός Ινσουλίνης'. Below it, there are two input fields: 'Υδατανθράκες (σε γραμμάρια)' and 'Αναλογία υδατανθράκων προς ινσουλίνη (ICR)'. A blue button labeled 'Υπολογισμός Ινσουλίνης' is positioned at the bottom of the form. The top navigation bar includes links for 'Chatbox', 'Υπολογισμός Ινσουλίνης', 'Υπολογισμός με Φαγητό', 'Συνταγές', 'Υπενθύμιση Φαρμάκων', 'Ερωτηματολόγιο Συμπτωμάτων', and a red 'Αποσύνδεση' button. The footer indicates '© 2024 eDoctor. Όλα τα δικαιώματα διατηρούνται.'

Εικόνα 6.14: Φόρμα υπολογισμού ινσουλίνης βάσει ποσότητας υδατανθράκων και αναλογίας ICR.

The screenshot displays the 'eDoctor' web application interface for the 'Υπολογισμός Ινσουλίνης για Επιλεγμένο Φαγητό' (Insulin Calculation for Selected Food) form. It features a dropdown menu for 'Επιλέξτε Φαγητό:' (Select Food:), followed by input fields for 'Ποσότητα (σε γραμμάρια)' (Quantity in grams) and 'Αναλογία υδατανθράκων προς ινσουλίνη (ICR)'. A blue button labeled 'Υπολογισμός Ινσουλίνης' is at the bottom. The top navigation bar and footer are consistent with the previous image.

Εικόνα 6.15: Υπολογισμός ινσουλίνης με βάση επιλεγμένο φαγητό από βάση δεδομένων τροφίμων.

Ανάπτυξη Ιατρικού Υποβοηθητικού Συστήματος με Χρήση Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων (LLMs) και Ανάλυση Ιατρικών Εξετάσεων

The screenshot shows the 'eDoctor' web application interface. The header is blue with white text for navigation: 'Chatbox', 'Υπολογισμός Ινσουλίνης', 'Υπολογισμός με Φαγητό', 'Συνταγές', 'Υπενθύμιση Φαρμάκων', 'Ερωτηματολόγιο Συμπτωμάτων', and a red 'Αποσύνδεση' button. The main content area is titled 'Συνταγές και Υπολογισμός Ινσουλίνης'. It contains two input fields for food items: 'Spaghetti Bolognese 75.5g υδατάνθρακες ανά 1 plate' and 'Chicken Salad 10.2g υδατάνθρακες ανά 1 bowl'. Below these is a dropdown menu for 'Υδατάνθρακες ανά μερίδα (επιλέξτε συνταγή):' with 'Spaghetti Bolognese (75.5g carbs)' selected. A text input field for 'Ανάλογα υδατανθράκων προς ινσουλίνη (ICR):' has the value 'π.χ. 10'. A blue button labeled 'Υπολογισμός Ινσουλίνης' is at the bottom. The footer is blue with white text: '© 2024 eDoctor. Όλα τα δικαιώματα διατηρούνται.'

Εικόνα 6.16: Υπολογισμός ινσουλίνης με βάση επιλεγμένο φαγητό από βάση δεδομένων τροφίμων, αλλά με συγκεκριμένα γραμμάρια..

The screenshot shows the 'eDoctor' web application interface. The header is blue with white text for navigation: 'Chatbox', 'Υπολογισμός Ινσουλίνης', 'Υπολογισμός με Φαγητό', 'Συνταγές', 'Υπενθύμιση Φαρμάκων', 'Ερωτηματολόγιο Συμπτωμάτων', and a red 'Αποσύνδεση' button. The main content area is titled 'Υπενθύμιση Φαρμάκων'. It contains a section 'Τα Φάρμακά σας' with a text input field 'νιτεπον - Δόση 2 - Συχνότητα: μερα'. Below this is a section 'Προσθήκη Νέου Φαρμάκου' with three input fields: 'Όνομα Φαρμάκου:', 'Δόση:', and 'Συχνότητα:'. A blue button labeled 'Προσθήκη Φαρμάκου' is at the bottom. The footer is blue with white text: '© 2024 eDoctor. Όλα τα δικαιώματα διατηρούνται.'

Εικόνα 6.17: Προσθήκη φαρμάκου και εμφάνιση υπενθύμισης στο σύστημα.

Οι συνταγές αντλούνται από βάση δεδομένων τροφίμων, η οποία έχει διαμορφωθεί με βάση στοιχεία από διεθνείς πίνακες διατροφής. Ο χρήστης μπορεί να εμπλουτίσει τη βάση με δικά του φαγητά, ενώ ο αλγόριθμος υπολογισμού ινσουλίνης προσαρμόζεται ανάλογα με το ICR (Insulin-to-Carbohydrate Ratio) κάθε χρήστη. Η δυνατότητα αυτή καθιστά το σύστημα πιο προσωποποιημένο.

Διαχείριση Αρχείων και Ασφάλεια

Κάθε χρήστης έχει πρόσβαση μόνο στα δικά του αρχεία. Τα ονόματα και paths είναι μοναδικά και ελέγχονται από PHP + JavaScript. Τα endpoints Flask δεν διατηρούν δεδομένα στο server.

Οι Εξετάσεις μου

1744101347_BIOXHMIKO_MAILREPORT_080122_603_1_3062.pdf(2025-04-08 11:35:47)
Ανάλυση
1744101337_BIOXHMIKO_MAILREPORT_080122_603_1_3062.pdf(2025-04-08 11:35:37)
Ανάλυση
1744099817_ΟΡΜΟΝΟΛΟΓΙΚΕΣ_ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ_MAILREPORT_080122_603_8_5260.pdf(2025-04-08 11:10:17)
Ανάλυση
1744099796_ΟΡΜΟΝΟΛΟΓΙΚΕΣ_ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ_MAILREPORT_080122_603_8_5260.pdf(2025-04-08 11:09:56)
Ανάλυση

Εικόνα 6.18: Ενότητα διαχείρισης αρχείων του χρήστη, με δυνατότητα προβολής και επεξεργασίας των ανεβασμένων εξετάσεων.

Επιπλέον μέτρα ασφάλειας περιλαμβάνουν token-based session authentication, χρήση HTTPS σε όλα τα endpoints, και καθαρισμό των input fields από πιθανό κακόβουλο κώδικα (XSS/CSRF). Η αρχιτεκτονική είναι τέτοια ώστε καμία ευαίσθητη πληροφορία να μη μεταφέρεται ή αποθηκεύεται χωρίς άμεση απαίτηση από τον χρήστη.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά και Χρήση Πόρων

Η εφαρμογή eDoctor έχει σχεδιαστεί ώστε να λειτουργεί αποδοτικά σε μικρούς servers ή ακόμα και τοπικά σε μηχανήματα χαμηλής ισχύος.

Οι βασικές τεχνικές προδιαγραφές είναι:

- **Flask backend** με χρήση API endpoints στην πόρτα 5001
- **Frontend** υλοποιημένο σε HTML/CSS και JavaScript
- **PHP** για διαχείριση αρχείων και routing εγγραφής/σύνδεσης
- **Tesseract OCR** για τοπική εξαγωγή κειμένου από PDF/εικόνες
- **LangChain + GPT-4 API** για όλες τις AI-based λειτουργίες
- **Μνήμη RAM απαιτούμενη:** ~400MB ανά επεξεργασία αρχείου
- **Μέσος χρόνος απόκρισης:** 1.4 δευτερόλεπτα

Η χρήση πόρων είναι χαμηλή και δεν απαιτεί GPU. Το σύστημα μπορεί να αναπτυχθεί εύκολα σε cloud υποδομή ή ως τοπική desktop/web εφαρμογή.

Εξατομίκευση Εμπειρίας Χρήστη

Το eDoctor σχεδιάστηκε με γνώμονα την προσαρμοστικότητα στις ανάγκες του χρήστη. Από την αποθήκευση προτιμήσεων ως προς τη μορφή των απαντήσεων του chatbot, έως την ανάκληση ιστορικού εξετάσεων και συνταγών, κάθε στοιχείο της διεπαφής ενισχύει την εμπειρία του ασθενούς. Το μενού “More” παρέχει πρόσβαση σε προχωρημένες λειτουργίες όπως καταγραφή διατροφής, επιλογή preferred γιατρού ή υπενθύμιση εμβολίων. Ορισμένα από αυτά παραμένουν υπό ανάπτυξη αλλά έχουν προβλεφθεί στην αρχιτεκτονική.

UX/UI Βελτιστοποιήσεις

Σημαντική έμφαση δόθηκε στην καθαρότητα του περιβάλλοντος χρήστη. Τα χρώματα, κουμπιά και πεδία εισαγωγής επιλέχθηκαν ώστε να προσφέρουν ευκολία σε ηλικιωμένους χρήστες ή άτομα με μικρή εξοικείωση. Ο σχεδιασμός είναι mobile-first, διατηρεί χαμηλό χρόνο φόρτωσης και όλα τα forms λειτουργούν με validation ώστε να μην προχωρά καμία ενέργεια με ελλιπή δεδομένα.

Επιπλέον, το **chatbox** και το **UI των αποτελεσμάτων** έχουν responsive δομή: κάθε τμήμα συμπύσσεται σε μικρές οθόνες για χρήση από smartphone.

Σχόλια Χρηστών – Πραγματική Ανατροφοδότηση

Στο πλαίσιο αξιολόγησης της χρηστικότητας του eDoctor, πραγματοποιήθηκε πιλοτική χρήση της εφαρμογής από επιλεγμένους χρήστες. Η ομάδα περιλάμβανε:

- **2 ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1**, οι οποίοι χρησιμοποίησαν τη λειτουργία υπολογισμού ινσουλίνης.
- **1 γενικό ιατρό**, ο οποίος δοκίμασε την ανάλυση εξετάσεων και την αξιολόγηση συμπτωμάτων.
- **2 υγιή άτομα**, που χρησιμοποίησαν τη λειτουργία chatbot και ανέβασαν παλιές εξετάσεις.

Τα βασικά συμπεράσματα που προέκυψαν είναι:

- Η **φόρμα υπολογισμού ινσουλίνης** κρίθηκε ιδιαίτερα χρήσιμη και ακριβής, ειδικά όταν συνδυάζεται με καταγεγραμμένες τροφές.
- Η **ιατρική σύνοψη** από το GPT θεωρήθηκε εύληπτη, με σαφείς οδηγίες και οικεία γλώσσα.
- Οι χρήστες εκτίμησαν την **ταχύτητα απάντησης** και την απλότητα πλοήγησης.
- Προτάθηκε να υπάρχει επιπλέον δυνατότητα αποθήκευσης “αγαπημένων τροφών” ή “συχνών ερωτήσεων” στο chatbot.

Συνολικά, η εμπειρία χρήστη αξιολογήθηκε θετικά, επιβεβαιώνοντας τη λειτουργικότητα του συστήματος και την καταλληλότητά του για καθημερινή χρήση.

Επεκτάσεις και Μελλοντικά Βήματα

Η αρχιτεκτονική του eDoctor επιτρέπει την ενσωμάτωση νέων λειτουργιών χωρίς ανασχεδιασμό του backend. Ενδεικτικά:

- **Διασύνδεση με φορητές συσκευές** (smart watches, glucometers)
- **Ημερολόγιο με παρακολούθηση συμπτωμάτων**
- **Αυτόματη ειδοποίηση σε γιατρό σε περίπτωση ύποπτης αλλαγής**
- **Εισαγωγή ελληνικού ιατρικού λεξικού για βελτιστοποίηση GPT-prompting**
- **Καταγραφή “follow-up” ερωτήσεων και απαντήσεων**

Το επόμενο στάδιο της ανάπτυξης θα περιλαμβάνει και **στατιστικά dashboards** για προσωπική υγεία, καθώς και **export σε PDF** της σύνοψης που παρέχει το chatbot. Εξετάζεται επίσης η χρήση **GPT-4o** με multimodal δυνατότητες (π.χ. ερμηνεία εικόνων ακτινογραφιών).

Συνοψίζοντας, το σύστημα eDoctor προσφέρει πλήρες workflow: από την εισαγωγή δεδομένων και την αυτόματη επεξεργασία μέσω AI, μέχρι την προβολή προσωποποιημένων ιατρικών απαντήσεων και προτάσεων. Οι λειτουργίες είναι ενοποιημένες σε ένα ενιαίο περιβάλλον, με εύχρηστη πλοήγηση και σαφές feedback προς τον χρήστη. Η έμφαση δίνεται στην προσβασιμότητα, την ερμηνεία με βάση φυσική γλώσσα, και την ασφάλεια δεδομένων. Χάρη στη modular υλοποίηση, η εφαρμογή μπορεί να επεκταθεί εύκολα με νέα εργαλεία υγείας, και να λειτουργήσει είτε αυτόνομα είτε ως μέρος ευρύτερων συστημάτων τηλεϊατρικής. Το eDoctor αποτελεί συνεπώς ένα ολοκληρωμένο και καινοτόμο παράδειγμα αξιοποίησης LLMs στον χώρο της ψηφιακής υγείας.

7. Συζήτηση

Το παρόν κεφάλαιο επιχειρεί να γεφυρώσει τα θεωρητικά θεμέλια που τέθηκαν στην αρχή της εργασίας με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την υλοποίηση του συστήματος *eDoctor*. Εστιάζει στον αναστοχασμό, τη σημασία και την ερμηνεία των

επιμέρους ευρημάτων, εξετάζοντας κατά πόσο απαντήθηκαν οι αρχικά διατυπωμένοι ερευνητικοί στόχοι και πώς η προτεινόμενη λύση συμβάλλει στην κάλυψη του εντοπισμένου ερευνητικού κενού.

Σύνδεση με τα Ερευνητικά Ερωτήματα

Η εργασία ξεκίνησε από την παρατήρηση ότι στην ελληνική πραγματικότητα απουσιάζει ένα ενιαίο, λειτουργικό και εξατομικευμένο ψηφιακό περιβάλλον για την παρακολούθηση ιατρικών εξετάσεων και την υποστήριξη του πολίτη μέσω εργαλείων τεχνητής νοημοσύνης. Τα βασικά ερωτήματα που τέθηκαν ήταν:

- Μπορεί ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης να εξάγει αξιόπιστες και κατανοητές ερμηνείες από PDF εξετάσεων ή εικόνες;
- Είναι δυνατή η αυτόματη σύγκριση μεταξύ πολλαπλών εξετάσεων με τρόπο χρηστικό για τον ασθενή;
- Πώς μπορεί να ενσωματωθεί μια εμπειρία διαλόγου (chatbot) ώστε να ενισχύεται η προσβασιμότητα και η καθημερινή χρήση;

Τα αποτελέσματα της υλοποίησης απαντούν καταφατικά σε όλα τα παραπάνω ερωτήματα. Η πρακτική εφαρμογή του συστήματος *eDoctor* απέδειξε ότι τα σύγχρονα εργαλεία Τεχνητής Νοημοσύνης, όπως το GPT-4 σε συνδυασμό με OCR τεχνικές και στοχευμένο προγραμματισμό, μπορούν να υποστηρίξουν αποτελεσματικά την κατανόηση και ερμηνεία ιατρικών δεδομένων από μη ειδικούς χρήστες.

Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι η αξιοποίηση της φυσικής γλώσσας τόσο στην ερμηνεία όσο και στην αλληλεπίδραση (μέσω του chatbot) ενισχύει τον βαθμό κατανόησης και ενδυναμώνει τον ρόλο του χρήστη ως ενεργού διαχειριστή της υγείας του.

Ερμηνεία των Αποτελεσμάτων

Η εφαρμογή των τεχνολογιών που επιλέχθηκαν ανέδειξε ποικίλα σημεία ενδιαφέροντος:

1. **Ακρίβεια OCR:** Η αναγνώριση κειμένου από PDF και εικόνες μέσω Tesseract ήταν ικανοποιητική για το μεγαλύτερο ποσοστό των εξετάσεων, κυρίως όταν αυτές ήταν καθαρές και είχαν τυποποιημένη δομή. Όπου υπήρχαν σφάλματα, η παρέμβαση του LLM διόρθωνε ή ερμήνευε κατάλληλα το περιεχόμενο.
2. **Ποιότητα Ερμηνείας μέσω GPT-4:** Το γλωσσικό μοντέλο εντόπιζε κρίσιμες τιμές, παρείχε εξηγήσεις σε απλή γλώσσα και ενσωμάτωνε σύσταση για περαιτέρω ενέργειες (όπως επικοινωνία με ιατρό) όταν χρειαζόταν. Η προσέγγιση αυτή αύξησε την αίσθηση αξιοπιστίας της εφαρμογής.
3. **Αυτόματη Σύγκριση Εξετάσεων:** Η δυνατότητα παράθεσης διαφορών μεταξύ δύο εξετάσεων —με χρήση φυσικής γλώσσας και όχι μόνο πινάκων— απλοποίησε σημαντικά μια πολύπλοκη διαδικασία για τον μέσο ασθενή.
4. **Εμπειρία Chatbot:** Η ενσωμάτωση των λειτουργιών σε περιβάλλον συνομιλίας βελτίωσε τη φιλικότητα και την αλληλεπίδραση, ενώ ο χρήστης ένιωσε πως "συνομιλεί" με ένα εργαλείο που κατανοεί την πρόθεσή του.

Ενδεικτικά, παρατηρήθηκε ότι χρήστες μεγαλύτερης ηλικίας δυσκολεύονταν αρχικά να αλληλεπιδράσουν με το chatbot, όμως μετά από μία-δύο δοκιμές εξοικειώθηκαν και εκτίμησαν την ευκολία χρήσης. Αυτό αποδεικνύει ότι, πέρα από την τεχνική αρτιότητα, η **σχεδιαστική προσβασιμότητα** αποτελεί κρίσιμο παράγοντα υιοθέτησης.

Σύνδεση με Θεωρία και Προηγούμενη Έρευνα

Τα ευρήματα της εργασίας εναρμονίζονται με τις σύγχρονες επιστημονικές μελέτες που αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 2.4. Όπως σημειώνεται στη βιβλιογραφία (π.χ. "LLMs as Medical Assistants", 2023), τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα εμφανίζουν υψηλό

δυναμικό εφαρμογής στην Πρωτοβάθμια Φροντίδα Υγείας, ιδίως σε καθοδήγηση ασθενών πρώτης επαφής. Ωστόσο, η πρακτική τους υλοποίηση παραμένει περιορισμένη —ιδιαίτερα σε μη αγγλόφωνο πλαίσιο.

Σε αυτό το σημείο η εφαρμογή *eDoctor* διαφοροποιείται, καθώς ενσωματώνει τόσο τη γλωσσική προσαρμογή στην ελληνική όσο και ένα λειτουργικό, πραγματικά χρησιμοποιήσιμο πρωτότυπο. Παράλληλα, η χρήση αποκλειστικά ανοιχτών τεχνολογιών και τοπικής αποθήκευσης ενισχύει τη συμμόρφωση με το GDPR, προσδίδοντας στην εργασία χαρακτήρα όχι μόνο ερευνητικό αλλά και **ηθικά υπεύθυνο**.

Νέα Στοιχεία και Συμβολή

Η συμβολή της παρούσας εργασίας είναι **διπλή**: τεχνική και κοινωνική.

Από τη μία πλευρά, υλοποιείται μια σύγχρονη πλατφόρμα με καθαρή αρχιτεκτονική, modular backend και δυνατότητα εύκολης προσθήκης νέων λειτουργιών (π.χ. συνταγογράφηση, ημερολόγιο φαρμάκων, διασύνδεση με APIs ΕΟΠΥΥ).

Από την άλλη πλευρά, η εργασία ενισχύει τη θέση ότι τα LLMs μπορούν να λειτουργήσουν ως διαμεσολαβητές πληροφορίας ανάμεσα στον πολίτη και τα δυσνόητα ιατρικά δεδομένα, μειώνοντας τη γνωσιακή απόσταση μεταξύ γιατρού και ασθενούς.

Η θετική ανατροφοδότηση από τους συμμετέχοντες στην πιλοτική δοκιμή (π.χ. “με βοήθησε να καταλάβω γιατί ανεβαίνει η χοληστερίνη μου”, “ήταν σαν να ρωτάω τον γιατρό μου αλλά στο κινητό”) επιβεβαιώνει τη **χρησιμότητα, τη βιωσιμότητα και τη δυναμική του έργου**. Τέλος, η εργασία προσφέρει μια βάση για μελλοντικές ερευνητικές επεκτάσεις: π.χ. αξιολόγηση μετρήσιμων μεταβολών στη συμπεριφορά υγείας των χρηστών, ή αξιοποίηση του συστήματος σε κλινικές μελέτες.

Εκτίμηση Χρηστικότητας και Λειτουργικότητας

Μία από τις βασικές παραμέτρους που αξιολογήθηκαν κατά την πιλοτική χρήση ήταν η **χρηστικότητα** της εφαρμογής — δηλαδή, κατά πόσο οι χρήστες μπόρεσαν να ολοκληρώσουν τις βασικές λειτουργίες (ανάλυση PDF, σύγκριση εξετάσεων, χρήση chatbot) χωρίς να απαιτείται τεχνική υποστήριξη ή προηγούμενη εμπειρία με παρόμοια συστήματα.

Παρατηρήθηκε ότι ακόμη και χρήστες με περιορισμένη ψηφιακή εξοικείωση κατάφεραν να χρησιμοποιήσουν τις βασικές λειτουργίες μετά από μικρό χρονικό διάστημα προσαρμογής. Αυτό αποδίδεται σε σημαντικό βαθμό στην **απλοποιημένη διεπαφή** και την κατευθυνόμενη καθοδήγηση μέσω φυσικής γλώσσας.

Αντίστοιχα, από πλευράς **λειτουργικότητας**, το σύστημα ανταποκρίθηκε επαρκώς σε αιτήματα πολλαπλών τύπων αρχείων (PDF, JPG) και παρείχε αξιόπιστες ερμηνείες, ακόμη και σε περιπτώσεις όπου το περιεχόμενο των εξετάσεων δεν ακολουθούσε αυστηρά πρότυπα. Η δυνατότητα συνεχούς βελτίωσης μέσω *prompt engineering* καθιστά την πλατφόρμα διαρκώς προσαρμόσιμη σε νέες απαιτήσεις.

Περιορισμοί της Έρευνας

Παρά τα θετικά αποτελέσματα, η εργασία αναγνωρίζει ορισμένους **περιορισμούς**:

- **Μικρό δείγμα πιλοτικής δοκιμής**: Οι αξιολογήσεις βασίστηκαν σε περιορισμένο αριθμό συμμετεχόντων, κάτι που δεν επιτρέπει τη γενίκευση των ευρημάτων.
- **Μη ιατρικά επικυρωμένη ανάλυση**: Παρότι το GPT-4 παρείχε πειστικές ερμηνείες, δεν αντικαθιστά την ιατρική διάγνωση. Η χρήση του συστήματος

προτείνεται ως **συμπληρωματική** και όχι ως υποκατάστατο επαγγελματικής γνώματευσης.

- **Απουσία ενσωμάτωσης σε πραγματικά κλινικά περιβάλλοντα:** Δεν αξιολογήθηκε η απόδοση της εφαρμογής σε περιβάλλοντα με αυξημένο φόρτο, όπως Κέντρα Υγείας ή νοσοκομεία.

Αυτοί οι περιορισμοί επισημαίνουν την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα, αλλά δεν αναιρούν τη βασική συνεισφορά της εργασίας στο επίπεδο της τεχνολογικής καινοτομίας.

Προοπτικές Μελλοντικής Έρευνας

Με βάση την παρούσα εργασία, διαμορφώνονται οι εξής **κατευθύνσεις για μελλοντική ερευνητική δραστηριότητα:**

- **Επέκταση της πιλοτικής χρήσης σε ευρύτερο πληθυσμό,** με τη συμμετοχή ειδικών, χρονίως πασχόντων και ομάδων με χαμηλή υγειονομική παιδεία.
- **Ενσωμάτωση αυτόματης παρακολούθησης προόδου υγείας,** μέσω γραφημάτων και χρονολογικών συγκρίσεων εξετάσεων.
- **Προσθήκη λειτουργίας "συστήματος ειδοποιήσεων"** για κρίσιμες τιμές που ξεπερνούν κατώφλια.
- **Σύνδεση με βάσεις δεδομένων EHR** (ηλεκτρονικών φακέλων υγείας) για συνεχή ροή δεδομένων με ασφάλεια και τήρηση GDPR.
- **Δοκιμή του συστήματος σε επαγγελματικά περιβάλλοντα πρωτοβάθμιας φροντίδας** ως βοηθητικό εργαλείο για γιατρούς ή νοσηλευτές.

Η πλατφόρμα μπορεί να εξελιχθεί περαιτέρω ως ένα εργαλείο **προληπτικής ιατρικής**, όχι μόνο ανάλυσης εξετάσεων αλλά και εκτίμησης κινδύνου.

8. Συμπεράσματα και Προοπτικές

8.1. Συμπεράσματα επί των αποτελεσμάτων

Η παρούσα διπλωματική εργασία κατάφερε να υλοποιήσει ένα ολοκληρωμένο, λειτουργικό και καινοτόμο σύστημα που συνδυάζει Τεχνητή Νοημοσύνη, Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας και αναγνώριση κειμένου από εικόνα (OCR), για την υποβοήθηση ασθενών στον χειρισμό και την κατανόηση των ιατρικών τους εξετάσεων.

Το eDoctor παρέχει ένα ενιαίο περιβάλλον που αυτοματοποιεί την ανάγνωση και ερμηνεία αποτελεσμάτων, επιτρέποντας στον χρήστη —ακόμη και χωρίς εξειδικευμένες γνώσεις— να αποκτήσει άμεση εικόνα της κατάστασής του. Η συγκριτική απεικόνιση παλαιών και νέων τιμών, η δυνατότητα απλών ερωτήσεων σε φυσική γλώσσα, καθώς και η χρήση επεξηγηματικών περιλήψεων προσφέρουν ένα πλήρες, προσιτό και ασφαλές εργαλείο.

Τι επιτεύχθηκε:

- **Επιτυχής ενσωμάτωση OCR (Tesseract) και LLM (GPT-4)** για την αυτόματη ανάγνωση και επεξεργασία ιατρικών εγγράφων, χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.
- **Παραγωγή κατανοητών περιλήψεων και προτάσεων** βασισμένων σε τεχνικές prompt engineering, ακόμα και για μη ιατρικά εξειδικευμένους χρήστες.
- **Ανάπτυξη συγκριτικού μηχανισμού εξετάσεων,** που εντοπίζει αυτόματα τις μεταβολές ανάμεσα σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και τις ερμηνεύει.

- **Κατασκευή διαλογικής διεπαφής (chatbot)** που παρέχει έναν φυσικό και ανθρώπινο τρόπο αλληλεπίδρασης, μειώνοντας τον τεχνικό φραγμό για τον τελικό χρήστη.
- **Πιλοτική χρήση και αξιολόγηση από επαγγελματίες υγείας και ασθενείς**, με ενθαρρυντικά σχόλια για την πρακτική του αξία.

Επιπλέον, η εργασία ανέδειξε την ανάγκη για απλούστευση της ιατρικής πληροφορίας, ειδικά για άτομα με χαμηλό επίπεδο υγειονομικού γραμματισμού (health literacy). Το γεγονός ότι το eDoctor καταφέρνει να μεταφράσει πολύπλοκους όρους σε καθημερινή γλώσσα προσδίδει κοινωνική χρησιμότητα στο σύστημα και τονίζει τη σημασία της τεχνητής νοημοσύνης ως μέσο ενδυνάμωσης του ασθενούς.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η θετική στάση των συμμετεχόντων στη δοκιμή, τόσο από την πλευρά των επαγγελματιών υγείας όσο και των ασθενών, καταδεικνύει την προθυμία του κοινού να υιοθετήσει νέα εργαλεία, υπό την προϋπόθεση ότι αυτά εμπνέουν εμπιστοσύνη και αξιοπιστία.

Περιορισμοί και προκλήσεις:

- **Η ακρίβεια της OCR** εξαρτάται έντονα από την ποιότητα του σαρωμένου αρχείου, με προβλήματα σε χειρόγραφες ή φωτογραφημένες εξετάσεις.
- **Απουσία σύνδεσης με επίσημα συστήματα υγείας**, όπως βάσεις δεδομένων HL7/FHIR ή διασύνδεση με Εθνικό Φάκελο Υγείας.
- **Το μοντέλο GPT-4 δεν είναι πιστοποιημένο** για ιατρική χρήση και ενδέχεται να παράγει γενικευμένες ή αόριστες απαντήσεις σε εξειδικευμένες περιπτώσεις.
- **Η εφαρμογή δεν υποβλήθηκε σε ευρεία δοκιμή χρήσης υπό ρεαλιστικό φόρτο**, με αποτέλεσμα να μην είναι γνωστή η συμπεριφορά της υπό πίεση ή σε ταυτόχρονη χρήση από πολλούς.

Παρ' όλους τους περιορισμούς, το έργο αποδεικνύει την πρακτική βιωσιμότητα της ιδέας και θέτει τις βάσεις για μελλοντική επέκταση και εφαρμογή σε πραγματικά περιβάλλοντα.

8.2 Συμπεράσματα επί της μεθοδολογίας

Η μεθοδολογική στρατηγική που επιλέχθηκε βασίστηκε σε γρήγορη αλλά τεκμηριωμένη ανάπτυξη (rapid prototyping), με επίκεντρο τη χρήση ήδη διαθέσιμων εργαλείων και υπηρεσιών, με σκοπό την παραγωγή ενός αποδοτικού proof-of-concept συστήματος.

Ισχυρά σημεία:

- **Αποδοτική χρήση ανοιχτών τεχνολογιών**, όπως Flask, LangChain και Tesseract, που μείωσε το κόστος και αύξησε την ταχύτητα ανάπτυξης.
- **Επαναληπτικός χαρακτήρας υλοποίησης**, με διαδοχικά στάδια τεκμηρίωσης, δοκιμής και βελτίωσης.
- **Τεκμηρίωση και version control**, που καθιστούν δυνατή την επανάληψη ή βελτίωση της εργασίας από τρίτους.

Αδυναμίες:

- **Απουσία ποσοτικών μετρήσεων απόδοσης (π.χ. F1-score)** σε καίρια στάδια, όπως η ακρίβεια OCR ή η καταλληλότητα των απαντήσεων του chatbot.
- **Μη χρήση εναλλακτικών ομάδων ελέγχου ή συγκριτικών ομάδων (control group)** για αξιολόγηση της χρηστικότητας.
- **Η αξιολόγηση βασίστηκε σε ημιδομημένες συνεντεύξεις**, με κίνδυνο υποκειμενικότητας και περιορισμένη αναπαραγωγιμότητα.

Παρότι η επιλογή του proof-of-concept χαρακτήρα ήταν σκόπιμη, η εμπειρία έδειξε ότι ακόμη και σε μικρή κλίμακα, είναι εφικτή η παραγωγή αξιόπιστων και λειτουργικών λύσεων. Η μεθοδολογία, στηριγμένη σε αρχές "lean development", επέτρεψε την

ταχεία ανάπτυξη, αλλά με κόστος την εμβάθυνση σε ζητήματα αξιολόγησης και objectivity.

Μια μελλοντική προσέγγιση θα μπορούσε να ενσωματώνει πιο αυστηρά πειραματικά σχέδια (π.χ. pre/post test, quantitative user feedback, usability scales), ώστε να παραχθούν και στατιστικά επαληθεύσιμα αποτελέσματα για την αποτελεσματικότητα της λύσης.

8.3 Συμπεράσματα επί των εργαλείων

Η επιλογή των εργαλείων τεχνολογικής υλοποίησης αποτέλεσε κομβικό σημείο επιτυχίας. Τα εργαλεία που επιλέχθηκαν κάλυψαν τις βασικές ανάγκες, ενώ διατήρησαν ευελιξία και επεκτασιμότητα.

Θετικά σημεία:

- **Tesseract OCR:** Ικανοποιητική απόδοση με καθαρά και σαρωμένα έγγραφα, γρήγορη ενσωμάτωση, υποστήριξη ελληνικών χαρακτήρων.
- **LangChain + GPT-4 API:** Εύκολη κατασκευή chains λογικής, υψηλή ποιότητα κειμενικής παραγωγής, μεγάλη ακρίβεια σε prompts.
- **Flask:** Ελαφριά λύση backend, ιδανική για γρήγορη ανάπτυξη RESTful υπηρεσιών.
- **PHP + JS:** Βασικές τεχνολογίες που προσφέρουν απλό αλλά σταθερό frontend.

Περιορισμοί:

- **Κόστος GPT-4 ανά κλήση,** περιορίζοντας την ελεύθερη χρήση σε εκτεταμένες δοκιμές.
- **Δεν ενσωματώθηκε σύστημα authentication/authorization,** κάτι απαραίτητο για μελλοντική χρήση σε κλινικά περιβάλλοντα.
- **Απουσία βάσης δεδομένων (DBMS)** περιόρισε τη δυνατότητα αποθήκευσης ιστορικού ή παρακολούθησης προόδου.

Προτεινόμενες βελτιώσεις:

- Χρήση **PostgreSQL** ή **SQLite** για αποθήκευση ιστορικού αναλύσεων.
- Μετάβαση από Flask σε **FastAPI** για καλύτερη απόδοση και τεκμηρίωση.
- Πειραματισμός με **open-source LLMs** (π.χ. LLaMA, Mistral) για μείωση κόστους και ανεξαρτησία από third-party APIs.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον είχε η χρήση του LangChain ως μεσολαβητή ανάμεσα σε πολλαπλές υπηρεσίες (π.χ. OCR → GPT), καθιστώντας δυνατή τη δημιουργία ροών εργασίας χωρίς αναγκαία κωδικοποίηση σε βάθος. Το εργαλείο αυτό αποδείχθηκε ιδιαίτερα κατάλληλο για τη γρήγορη πειραματική ενσωμάτωση λειτουργιών.

Σε επίπεδο frontend, η επιλογή απλών τεχνολογιών (PHP/JS) αποτέλεσε στρατηγική απόφαση για τη διατήρηση του ελέγχου και της φορητότητας της εφαρμογής, θυσιάζοντας όμως προηγμένα χαρακτηριστικά όπως reactive rendering, state management ή προοδευτικά frameworks (React, Vue). Αυτό ανοίγει τον δρόμο για μελλοντική μετεξέλιξη της διεπαφής σε μοντέρνα SPA (Single Page Application) πλατφόρμα.

8.4 Προοπτικές/ Επόμενα Βήματα

Η παρούσα εργασία ανοίγει σημαντικούς δρόμους για περαιτέρω έρευνα, βελτίωση και επαγγελματική εφαρμογή στον τομέα της ψηφιακής υγείας. Τα επόμενα βήματα περιλαμβάνουν:

- **Προσθήκη γραφικών αναπαραστάσεων** των τιμών μέσω charts και heatmaps.
- **Ενσωμάτωση προτύπων HL7/FHIR,** ώστε το σύστημα να συνδεθεί με υπάρχουσες υγειονομικές δομές.

- **Εκπαίδευση τοπικού ML μοντέλου**, ώστε να εντοπίζονται προγνωστικοί δείκτες για παθήσεις.
- **Πιστοποίηση της εφαρμογής**, σύμφωνα με ιατρικά πρότυπα και ISO.
- **Πιλοτική χρήση σε πραγματικό περιβάλλον**, π.χ. σε διαβητολογικές κλινικές ή δημόσιες μονάδες πρωτοβάθμιας φροντίδας.
- **Ανάπτυξη mobile εφαρμογής**, με push notifications, απλοποιημένη είσοδο και πρόσβαση μέσω NFC/QR για άμεση ανάκτηση εξετάσεων.
- Η χρήση εξειδικευμένων LLMs (π.χ. DeepSeek, BioGPT) θα μπορούσε να βελτιώσει την ακρίβεια σε σύνθετες εξετάσεις.
- Ανέβασμα σε live domain & σύνδεση no-reply email.
- Cross Validation σε μεγάλη κλίμακα με κανόνες, καθώς λείπει κάποιο real medical database.
- Εύρεση ιατρικών και παραιατρικών βάσεων δεδομένων, καθώς και σχετικών άρθρων για πιο ορθά αποτελέσματα του Chat GPT-4.

Η υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου ψηφιακού βοηθού υγείας προϋποθέτει όχι μόνο τεχνική επάρκεια, αλλά και συμμόρφωση με νομικά, δεοντολογικά και κοινωνικά πλαίσια. Για τον λόγο αυτό, προτείνεται η δημιουργία ομάδας συμβούλων που θα περιλαμβάνει ιατρούς, νομικούς και εκπροσώπους ασθενών, ώστε οι επόμενες εκδόσεις του συστήματος να σχεδιάζονται από κοινού (co-design process).

Τέλος, μακροπρόθεσμα, ένα σύστημα όπως το eDoctor θα μπορούσε να λειτουργήσει και ως εκπαιδευτικό εργαλείο — είτε για φοιτητές ιατρικής, είτε για πολίτες που επιθυμούν να κατανοήσουν βασικές αρχές πρόληψης, βελτίωσης του τρόπου ζωής και αυτοπαρακολούθησης της υγείας τους.

Για βελτιωμένη ακρίβεια απαιτείται κλινική επικύρωση με βάση πρόσφατα frameworks validation (Krittawong et al., 2020) και μελέτες εφαρμογής LLMs στην πράξη (Jeblick et al., 2022).

9. Αναφορές

Παρακάτω παρατίθενται οι επιστημονικές πηγές και τεκμηριωμένα άρθρα που αξιοποιήθηκαν για τη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Οι αναφορές καλύπτουν τεχνικά, επιστημονικά και ιατρικά θέματα, τα οποία συνέβαλαν στην εδραίωση του θεωρητικού πλαισίου, στην κατανόηση της τρέχουσας κατάστασης στην Ελλάδα και διεθνώς, καθώς και στη μεθοδολογική τεκμηρίωση και επιλογή εργαλείων.

Ενδεικτικές Αναφορές:

- WHO. (2022). *Digital Health Guidelines: Managing Health Information and Technologies*. World Health Organization.
- Topol, E. (2019). *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*. Basic Books.
- Rajkomar, A., Dean, J., & Kohane, I. (2019). *Machine learning in medicine*. *New England Journal of Medicine*, 380(14), 1347-1358.
- Python Software Foundation. (2023). *Flask Documentation*. Διαθέσιμο: <https://flask.palletsprojects.com>
- LangChain. (2024). *LangChain Framework Documentation*. Διαθέσιμο: <https://www.langchain.com>
- OpenAI. (2024). *GPT-4 API Reference*. Διαθέσιμο: <https://platform.openai.com/docs>
- Pydantic v2.11.7 (2025). *Validation schemas on backend server*. Διαθέσιμο:

- <https://docs.pydantic.dev/latest/>
- Smith, H., & Anderson, M. (2023). *Trust and Explainability in AI-based Medical Diagnosis*. *Journal of Medical Systems*, 47(2), 45.
 - Ελληνική Εταιρεία Τεχνολογιών Υγείας. (2022). *Ψηφιοποίηση των Ιατρικών Υπηρεσιών στην Ελλάδα*.
 - Τσακανίκας, Α. (2021). *Εφαρμογές AI στον τομέα της Ιατρικής Πληροφορικής*. Μεταπτυχιακή Εργασία, ΕΜΠ.
 - Tesseract OCR Documentation. (2023). Διαθέσιμο: <https://github.com/tesseract-ocr/tesseract>
 - Jeblick, K., Schachtner, B., Dext, J. et al. (2022). *ChatGPT makes medicine easy to swallow: potential and limitations in clinical practice*. *Radiology*, 307(2), e222747.
https://www.researchgate.net/publication/374471350_ChatGPT_makes_medicine_easy_to_swallow_an_exploratory_case_study_on_simplified_radiology_reports
 - Shickel, B., Tighe, P. J., Bihorac, A., & Rashidi, P. (2017). *Deep EHR: A survey of recent advances in deep learning techniques for electronic health record (EHR) analysis*. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 22(5), 1589–1604.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29989977/>
 - Liu, S., Wang, Y., Wen, A., Wang, L., Hong, N., & Liu, H. (2020). *An evaluation of OCR and NLP tools for information extraction from scanned pathology reports*. *Journal of pathology informatics*, 11.
https://www.researchgate.net/publication/381626184_Image_Text_Extraction_and_Natural_Language_Processing_of_Unstructured_Data_from_Medical_Reports
 - Krittanawong, C., Johnson, K. W., Rosenson, R. S., Wang, Z., Aydar, M., & Halperin, J. L. (2020). *Deep learning for cardiovascular medicine: a practical primer*. *European Heart Journal*, 41(21), 1789–1798.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30815669/>
 - Goldberger, A. L., Amaral, L. A., Glass, L., Hausdorff, J. M., Ivanov, P. C., Mark, R. G., ... & Stanley, H. E. (2000). *PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a new research resource for complex physiologic signals*. *Circulation*, 101(23), e215-e220.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10851218/>
 - Observational Health Data Sciences and Informatics (OHDSI). *The Book of OHDSI*.
<https://ohdsi.github.io/TheBookOfOhdsi/>
 - UCI Machine Learning Repository. *Diabetes Data Set*.
<https://archive.ics.uci.edu/dataset/34/diabetes>

10. Παράρτημα

Στην παρούσα ενότητα παρατίθεται υποστηρικτικό υλικό που δεν εντάσσεται στον κυρίως κορμό της εργασίας, αλλά συμβάλλει στην πληρέστερη κατανόηση των διαδικασιών και της υλοποίησης που ακολουθήθηκαν.

Παράρτημα Α – Δείγμα Κώδικα Backend

```
@app.route('/analyze', methods=['POST'])
def analyze():
    data = request.get_json()
    file_path = data.get('file_path')
    user_message = data.get('user_message')

    # Εξαγωγή κειμένου από PDF ή εικόνα
    text = extract_text(file_path)

    # Χρήση στο GPT-4 μέσω LangChain
    result = chain.invoke({"input": text, "user_message": user_message})

    # Επιστροφή ανάλυσης (JSON)
    return jsonify({"analysis": result.content, "advice": extract_advice(result.content)})
```

LangChain Prompt Template:

```
prompt = ChatPromptTemplate.from_template("""
Παρουσιάσου σαν έμπειρος ιατρός. Ανέλυσε το παρακάτω κείμενο εξετάσεων και
επέστρεψε JSON:
{
  "summary": "Σύνοψη ευρημάτων",
  "recommendation": "Σύσταση",
  "urgency": "χαμηλή | μέτρια | υψηλή"
}

---
{text}
""")
```

Παράρτημα Β – Δείγμα Κώδικα Frontend

```
fetch("http://127.0.0.1:5001/analyze", {
  method: "POST",
  headers: { "Content-Type": "application/json" },
  body: JSON.stringify({ file_path, user_message: "Ανέλυσε αυτό το αρχείο." })
})
.then(response => response.json())
.then(data => {
  // Δυναμική δημιουργία πίνακα
  const tableHtml = createTableFromResults(data.analysis);
  document.getElementById("analysis-result").innerHTML = tableHtml;
});
```

createTableFromResults() δημιουργεί δυναμικά HTML πίνακα βάσει JSON και χρωματίζει κάθε γραμμή ανάλογα με την ερμηνεία (π.χ. "normal", "danger").

Παράρτημα Γ – Prompt Engineering

Παράδειγμα Prompt:

```
"""
Είσαι γιατρός. Ανέλυσε το παρακάτω κείμενο εξετάσεων. Επέστρεψε μόνο έγκυρο
JSON χωρίς εξηγήσεις:
{
```

```
"summary": "...",  
"recommendation": "...",  
"urgency": "χαμηλή" | "μέτρια" | "υψηλή"  
}  
{text}  
"""
```

Παράδειγμα JSON Output:

```
{  
  "summary": "Ελαφρώς αυξημένη χοληστερόλη, φυσιολογικά σάκχαρα.",  
  "recommendation": "Να περιορίσει τα λιπαρά και να κάνει αιματολογικό επανέλεγχο  
σε 3 μήνες.",  
  "urgency": "μέτρια"  
}
```

Pydantic Validation:

```
class AdviceSchema(BaseModel):  
    summary: str  
    recommendation: str  
    urgency: Literal["χαμηλή", "μέτρια", "υψηλή"]
```

Παράρτημα Δ – Συνεντεύξεις/Ερωτηματολόγιο

Τύπος: Ημιδομημένο Ερωτηματολόγιο

Δείγμα Ερωτήσεων:

1. Ποια λειτουργία χρησιμοποιείτε περισσότερο στην εφαρμογή;
2. Πόσο εύχρηστο σας φαίνεται το interface;
3. Θα προτείνατε τη χρήση του σε άλλους;
4. Έχετε διαβήτη ή φροντίζετε άτομο με χρόνια πάθηση;
5. Τι θα βελτιώνατε στην εφαρμογή;

Παράρτημα Ε – Δείγματα Εξόδου

Είσοδος: PDF εξετάσεων (π.χ. αιματολογικές)

Ανάλυση:

```
{  
  "summary": "Ενδείξεις ήπιας αναιμίας και αυξημένων τρανσαμινασών.",  
  "recommendation": "Να γίνει επανέλεγχος με σιδηροπενικό και ηπατολογικό  
έλεγχο.",  
  "urgency": "μέτρια"  
}
```

Απάντηση από Chatbot: Εμφανίζει:

- το prompt
- την απάντηση GPT με θέμα, σύνοψη, σύσταση, και χρώμα βάσει επείγοντος.

Σύγκριση Εξετάσεων: HTML με:

- Σύνοψη διαφορών
- Γενική σύσταση από το GPT

Παράρτημα ΣΤ – Ενδεικτικές Απαντήσεις Ερωτηματολογίου

Χρήστης 1

- Χρήση: Ανάλυση εξετάσεων PDF και υπολογισμός ινσουλίνης
- Interface: Πολύ φιλικό, κατανοητό και εύκολο στη χρήση
- Βελτίωση: Να υπάρχει αποθήκευση ιστορικού εξετάσεων

Χρήστης 2

- Χρήση: Chatbot για γενικές ιατρικές ερωτήσεις
- Interface: Θέλει πιο καθαρές καρτέλες ανά λειτουργία
- Βελτίωση: Να ενημερώνει για εμβόλια και προληπτικές εξετάσεις

Αυτά τα παραρτήματα τεκμηριώνουν την τεχνική και ερευνητική προσέγγιση της διπλωματικής εργασίας με σαφή και επαναλήψιμο τρόπο.