



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**Σχεδιασμός και Υλοποίηση Διεπαφής για Υποστήριξη Φορέων Υγείας:
Δυνατότητες και Προκλήσεις αντίστοιχων Διαδικτυακών Πλατφορμών**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πάστρας Μιχαήλ

Επιβλέπων: Γεώργιος Ματσόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2022



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**Σχεδιασμός και Υλοποίηση Διεπαφής για Υποστήριξη Φορέων Υγείας:
Δυνατότητες και Προκλήσεις αντίστοιχων Διαδικτυακών Πλατφορμών**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πάστρας Μιχαήλ

Επιβλέπων: Γεώργιος Ματσόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συμμετοχή στην Επίβλεψη: Ουρανία Πετροπούλου
Μέλος Ε.ΔΙ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 3^η Νοεμβρίου 2022

.....
Γ. Ματσόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Α. Παναγόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Π. Τσανάκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Ε.Μ.Π. Αθήνα, Νοέμβριος 2022

.....

Πάστρας Μιχαήλ

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

Copyright © Πάστρας Μιχαήλ, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η δημιουργία ενός πρωτολείου πλαισίου διαδικτυακής πλατφόρμας στον τομέα της υγείας, με σκοπό τη διασύνδεση των επαγγελματιών του χώρου (λειτουργών υγείας και δομών ή ιδρυμάτων που δραστηριοποιούνται στη βιομηχανία αυτή) με φορείς, βάσεις δεδομένων και εργαλεία υγειονομικού ενδιαφέροντος (όπως, ενδεικτικά, βάσεις δεδομένων ιστορικού υγείας ασθενών του υπουργείου υγείας ή και ιδιωτικών ιδρυμάτων υγείας, φαρμάκων, ή και πηγές μελέτης για θέματα ιατρικής, νοσηλευτικής ή βιοφαρμακευτικής).

Είναι γεγονός πως με την επανάσταση που έφερε η άνθηση των τελευταίων δεκαετιών στον τομέα της πληροφορικής και του IoT (Internet of Things), η εμφάνιση και εδραίωση των διαδικτυακών πλατφορμών και στο χώρο της υγείας ήταν αναμενόμενη. Παρά τις εξαιρετικές λύσεις που υπάρχουν, όμως, η πλειοψηφία του ιατρικού δυναμικού στις περισσότερες χώρες (συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας) δεν χρησιμοποιεί τέτοια συστήματα στην εργασιακή της καθημερινότητα. Η web εφαρμογή που σχεδιάστηκε στα πλαίσια της εργασίας, όντας βασισμένη σε state-of-the-art τεχνολογίες (μοτίβο MVC, REST APIs, Laravel Framework, κ.ά.), θα μπορούσε (με κατάλληλη επέκταση και polishing) να αποτελέσει το πρώτο βήμα προς την κατεύθυνση αυτή.

Παράλληλα, βέβαια, με τη δημιουργία της συγκεκριμένης εφαρμογής, μελετούμε και παρουσιάζουμε υπάρχουσες διαδικτυακές πλατφόρμες στον κλάδο του e-health από το 2011 έως και το 2022, που έχουν αναπτυχθεί τόσο σε διαδικτυακό περιβάλλον όσο και σε μορφή εφαρμογών για κινητά, tablets, ή υπολογιστή, στοχεύοντας κατά κύριο λόγο στην παρακολούθηση και αποκατάσταση της υγείας ασθενών ενώ σε αρκετές περιπτώσεις και στην πρόληψη κάποιας ασθένειας.

Λέξεις-Κλειδιά: e-Health, Web Design, Ιατρικές Διαδικτυακές Πλατφόρμες, Εφαρμογές Υγείας, Κλινικές Μελέτες

Abstract

The aim of this diploma thesis is to create a prototype online platform framework regarding the health sector, targeting to interconnect field experts (health workers and structures or institutions active in this industry) with entities, databases and tools of health interest (such as, but not limited to, Ministry of Health's or private health institutions' patient medical record databases, medicine databases, or study sources regarding medical, nursing or biopharmaceutical issues).

It is a fact that with the revolution brought about by the flourishing of the last decades in the fields of IT and IoT (Internet of Things), the appearance and consolidation of online platforms in the field of health was no surprise. Despite the excellent existing solutions, though, the majority of medical staff in most countries (including Greece) seem to not make use of such systems in their daily work. The web application designed in the context of the current thesis, being based on state-of-the-art technologies (MVC pattern, REST APIs, Laravel Framework, etc.), could (with appropriate extension and polishing) be the first step in this direction.

In parallel, though, with creating the specific application, we study and present existing online platforms in the e-health industry between 2011 and 2022, that have been developed both in an online environment and in the form of applications for mobile phones, tablets, or computers, aiming mainly in the monitoring and restoration of patients' health, and in several cases, in the prevention of some sort of disease, as well.

Keywords: e-Health, Web Design, Online Medical Platforms, Health Applications, Clinical Studies

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	5
Abstract	6
Ευρετήριο Εικόνων	9
Ευχαριστίες	11
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή	12
1.1 Οι εφαρμογές στο χώρο του e-health.....	12
1.2 Το αντικείμενο της Διπλωματικής	13
Κεφάλαιο 2. State-of-the-Art	14
2.1 Παρουσίαση εφαρμογών e-health	14
2.1.1 Η πλατφόρμα μυοσκελετικής φροντίδας Hinge Health	14
2.1.2 Η Dreem, που εστιάζει στην ιατρική του ύπνου	18
2.1.3 Η πλατφόρμα SonarMD, με επίκεντρο τις ασθένειες υψηλού βήτα.....	22
2.1.4 Το Πρόγραμμα τηλεϊατρικής της Vodafone στην Ελλάδα, και η εφαρμογή DreamLab του Ιδρύματος της Vodafone	25
2.1.5 Η πλατφόρμα διάγνωσης “σπάνιων ασθενιών” Mendelian.....	29
2.1.6 Το σύστημα απομακρυσμένης εξέτασης MedWand.....	32
2.1.7 Η πλατφόρμα εγκεφαλικής υγείας Linus Health	35
2.1.8 Η startup, marketing πλατφόρμα PatientPop	39
2.1.9 Η πλατφόρμα AI διάγνωσης Paige	42
Κεφάλαιο 3. Υλοποίηση Διεπαφής για Υποστήριξη Φορέων Υγείας	46
3.1 Περιγραφή της ανάγκης και της λύσης του προβλήματος	46
3.1.1 Το REST API.....	46
3.1.2 Η πλατφόρμα News API.....	50
3.1.3 Η PubMed και τα E-utilities του NCBI.....	51
3.2 Συνοπτική παρουσίαση της Διεπαφής που υλοποιήθηκε	53
3.2.1 Walkthrough.....	54
3.3 Η Υλοποίηση της Web Εφαρμογής	59
3.3.1 Το Model-View-Controller (MVC) pattern.....	59
3.3.2 Το Laravel framework.....	62

3.3.3 Το περιβάλλον Node.js.....	65
3.3.4 Η βιβλιοθήκη (framework) Vue.js	66
3.4 Τεχνικά Χαρακτηριστικά	69
3.4.1 Το file tree	69
3.4.2 Ο “κοινός” κώδικας στα views.....	70
3.4.3 Ο κώδικας για το “Big Data”	71
3.4.4 Ο κώδικας για το “DSS”	74
Κεφάλαιο 4. Επίλογος	79
4.1 Σύνοψη και Συμπεράσματα	79
4.2 Περιορισμοί παρούσας Έρευνας	80
4.3 Μελλοντικές επεκτάσεις.....	81
Κεφάλαιο 5. Βιβλιογραφία	83

Ευρετήριο Εικόνων

Κεφάλαιο 2	
Εικόνα 2.01 – Hinge Health, Wearable Sensors Computer Vision.....	15
Εικόνα 2.02 – Health Enso	16
Εικόνα 2.03 – Women’s Pelvic Health	17
Εικόνα 2.04 – Dreem Headband	19
Εικόνα 2.05 – Dreem Alfin App	20
Εικόνα 2.06 – SonarMD, Questions	23
Εικόνα 2.07 – Πρόγραμμα Τηλεϊατρικής Vodafone.....	26
Εικόνα 2.08 – DreamLab, Corona-AI	28
Εικόνα 2.09 – MedWand Device.....	32
Εικόνα 2.10 – MedWand VirtualCare Software	33
Εικόνα 2.11 – MedWand Remote Clinic	34
Εικόνα 2.12 – Linus Health, DCTclock™	36
Εικόνα 2.13 – Linus Health, Integrated brain health solution	38
Εικόνα 2.14 – PatientPop, Social Media Management	39
Εικόνα 2.15 – PatientPop, Insights.....	40
Εικόνα 2.16 – PatientPop, iOS Notification Screen	41
Εικόνα 2.17 – Paige FullFocus®	42
Εικόνα 2.18 – Paige Prostate Suite	43
Εικόνα 2.19 – Paige Breast Suite.....	44
Κεφάλαιο 3	
Εικόνα 3.01 – Γραμμή Εντολών (Command Line) – Εκκίνηση php (php initiation)	53
Εικόνα 3.02 – Αρχική Οθόνη (Home Screen)	54
Εικόνα 3.03 – Μπάρα Πλοήγησης (Navigation Bar).....	54
Εικόνα 3.04 – Github Home Page	55
Εικόνα 3.05 – “Big Data”, Επιλογή	55
Εικόνα 3.06 – Big Data, Loading.....	55
Εικόνα 3.07 – Big Data, Αποτελέσματα σε μορφή πλακιδίων.....	56
Εικόνα 3.08 – “DSS”, Επιλογή	56

Εικόνα 3.09 – DSS, Αρχική Οθόνη	57
Εικόνα 3.10 – DSS, Συμπλήρωση πεδίων	57
Εικόνα 3.11 – DSS, Processing..	58
Εικόνα 3.12 – DSS, Αποτελέσματα.....	58
Εικόνα 3.13 – “Tool 1”, “Tool 2”	59
Εικόνα 3.14 – Μοτίβο MVC, Διάγραμμα.....	60
Εικόνα 3.15 – Παράδειγμα Vue.js.....	67
Εικόνα 3.16 – Project File Tree	69
Εικόνα 3.17 – Κώδικας layout.blade.php	70
Εικόνα 3.18 – Κώδικας navbar.blade.php.....	70
Εικόνα 3.19 – Κώδικας web.php	71
Εικόνα 3.20 – Κώδικας Controller.php.....	71
Εικόνα 3.21 – Κώδικας big-data.blade.php.....	72
Εικόνα 3.22 – Κώδικας app.js	72
Εικόνα 3.23 – Κώδικας BigDataComponent.vue.....	73
Εικόνα 3.24 – Κώδικας data-search.blade.php	75
Εικόνα 3.25 – Κώδικας DataSearchComponent.vue (μέρος Α).....	76
Εικόνα 3.26 – Κώδικας DataSearchComponent.vue (μέρος Β).....	77
Εικόνα 3.27 – Κώδικας DataSearchComponent.vue (μέρος Γ)	78

Ευχαριστίες

Η εν λόγω διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με το Εργαστήριο Βιοϊατρικής Τεχνολογίας της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, με επιβλέποντα τον καθηγητή Γ. Ματσόπουλο και συμμετέχουσα στην επίβλεψη την Ουρανία Πετροπούλου (μέλος Ε.ΔΙ.Π.).

Θα είμαι για πάντα ευγνώμων στον Παναγιώτη Κατρακάζα (Ph.D.), με τον οποίο ξεκινήσαμε το project αυτό από το 2019, και που παρά την αποχώρησή του από το εργαστήριο με συνόδευσε και με καθοδήγησε μέχρι την ολοκλήρωσή του.

Οφείλω, επίσης, να ευχαριστήσω θερμά για τη συμβολή τους, τους συμφοιτητές και φίλους μου Παναγιώτη Βλόντζο (03109717) και Αλεξάνδρα Τσενικλίδου (03109002) χωρίς τη βοήθεια, ενθάρρυνση, υποστήριξη και επιμονή, προς αυτήν την κατεύθυνση, των οποίων προς εμέ, ενδεχομένως να μην είχα φτάσει ποτέ στην περάτωση των σπουδών μου. Πολύτιμη, ακόμη, αποδείχτηκε και η συνεισφορά του παιδικού μου φίλου Παύλου Ίσαρη, ο οποίος και με κατηύθυνε σε ορισμένα σημεία σχετικά με το κατασκευαστικό κομμάτι της παρούσας εργασίας.

Θα ήθελα, τέλος, να αφιερώσω την ολοκλήρωση της προσπάθειας αυτής στον εκλιπόντα πατέρα μου, Κωνσταντίνο Πάστρα, ναυπηγό, και επίσης αποφοιτήσαντα του ιδρύματος Ε.Μ.Π.

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1 Οι εφαρμογές στο χώρο του e-health

Με τον όρο “ηλεκτρονική υγεία” (e-health), αναφερόμαστε στην εφαρμογή τεχνολογιών πληροφορικής (IT, IoT) και επικοινωνιών στον τομέα της υγείας. Η ηλεκτρονική υγεία έχει ως στόχο τη συγκέντρωση, ανάλυση και αποθήκευση κλινικών δεδομένων οποιασδήποτε μορφής, καθώς και την ανταλλαγή των τελευταίων μεταξύ των μονάδων παροχής υγείας, τους ασφαλιστικούς φορείς και τις υγειονομικές αρχές.

Χάρη στη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και τη βελτίωση των δυνατοτήτων των φορητών ηλεκτρονικών συσκευών (κινητά, tablets, laptops) αλλά και workstations των τελευταίων ετών, είναι πλέον εφικτή η δημιουργία σχετικών εφαρμογών με ιδιαίτερα υπολογίσιμη αξιοπιστία, που συλλέγουν δεδομένα από τον ασθενή (είτε μέσω αισθητήρων κάποιας συσκευής, είτε κατόπιν καταχώρησης από εξειδικευμένους επαγγελματίες υγείας), και προχωρούν στην αποθήκευση και ανάλυσή τους με στόχο την πρόληψη, διαχείριση, παρακολούθηση ή και ανακούφιση από κάποια ασθένεια. Οι πλατφόρμες που περιγράφονται στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο, εξειδικεύονται σε μία γκάμα αντικειμένων, όπως μυοσκελετικής φύσης προβλήματα, μελέτη ποιότητας ύπνου, ασθένειες “υψηλού βήτα”, υλοποίηση τηλεϊατρικής, ιατροφαρμακευτική έρευνα και διάγνωση υποβοηθούμενες από τεχνητή νοημοσύνη, διάγνωση “σπάνιων ασθενειών”, απομακρυσμένη εξέταση, υγεία εγκεφάλου, ακόμα και ιατρικό marketing για λειτουργούς υγείας.

Αν και στην πράξη η υιοθέτηση και χρήση τους στην εργασιακή καθημερινότητα του δυναμικού στον τομέα της υγείας δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη (συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας, και κυρίως στα αναπτυσσόμενα κράτη), είναι αλήθεια πως με τις δυνατότητές τους είναι σε θέση να διευκολύνουν τους ασθενείς και τους υγειονομικούς με ποικίλους τρόπους (πιο έγκαιρη και επιτυχημένη διάγνωση, λιγότερη ταλαιπωρία, πιο ασφαλή συμπεράσματα), αλλά και να γλυτώσουν, όπως θα δούμε και στη συνέχεια, κονδύλια από τους κρατικούς προϋπολογισμούς (καθώς βελτιστοποιούν τη διαχείριση και χρήση πόρων ή και την πρόληψη ασθενειών κατά την υγειονομική διαδικασία). Η μεγαλύτερη ένταξη των εργαλείων αυτών στη βιομηχανία της υγειονομικής περίθαλψης θα οδηγήσει σε καλύτερης ποιότητας παρεχόμενες υπηρεσίες προς τους ασθενείς, καθώς επίσης και σε βελτίωση και αύξηση της παραγωγικότητας των σχετικών δομών, γρηγορότερη διενέργεια κλινικών δοκιμών, εντοπισμό αποτελεσματικότερων θεραπειών, και γενικότερη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών.

1.2 Το αντικείμενο της Διπλωματικής

Ο στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η σχεδίαση και υλοποίηση ενός πρωτολείου πλαισίου διαδικτυακής πλατφόρμας στον τομέα της υγείας, βασισμένου στις πιο προηγμένες, state-of-the-art και εδραιωμένες στο χώρο του Web Development και του cloud τεχνολογίες. Η εργασία αυτή, προσπαθεί να αντιμετωπίσει σημαντικά τεχνικά θέματα υλοποίησης τέτοιου είδους διεπαφής που καλείται να διασυνδέσει του επαγγελματίες του χώρου της υγείας με φορείς, βάσεις δεδομένων και εργαλεία υγειονομικού ενδιαφέροντος. Κατά συνέπεια, το κύριο μέλημά της ήταν ο καταρχήν εντοπισμός των τεχνολογικών αυτών ζητημάτων και η επιλογή των πλέον κατάλληλων μεθόδων για την αντιμετώπισή τους.

Δόθηκε βαρύτητα στο σχεδιασμό του συστήματος αξιοποιώντας τις κρατούσες τεχνολογικές προσεγγίσεις περί δημιουργίας και ανάπτυξης διαδικασιών διασύνδεσης με απομακρυσμένες βάσεις και συστήματα δεδομένων μέσω προγραμματιστικών κλήσεων σε απομακρυσμένα APIs, ώστε να αντληθούν τα ωφέλιμα δεδομένα, και σε επόμενο χρόνο να παρουσιαστούν στο χρήστη. Προς αυτήν την κατεύθυνση, έγινε χρήση εργαλείων ανοιχτού κώδικα, με σημαντική υιοθέτηση από τη βιομηχανία και που χρησιμοποιούνται και σε production συστήματα, προκειμένου να υλοποιηθεί και ένα φιλικό προς το χρήστη User Interface το οποίο και συνεργάζεται behind-the-scenes με ορισμένα από τα πλέον ευέλικτα και προηγμένα σχετικά frameworks (που θα αναλυθούν σε επόμενο χρόνο), ώστε να εξασφαλιστεί το βέλτιστο User Experience.

Η συνεισφορά, λοιπόν, της διπλωματικής εργασίας ουσιαστικά έγκειται στην ενθάρρυνση των επαγγελματιών υγείας να χρησιμοποιούν τέτοιου είδους διαδικτυακές πλατφόρμες στην καθημερινή τους δραστηριοποίηση, μέσω της φιλικής προς το χρήστη διεπαφής που υλοποιήθηκε, ώστε να επιτυγχάνεται βελτιστοποιημένη πρόσβαση σε απομακρυσμένα συστήματα και πιο αποτελεσματική άντληση χρήσιμων πληροφοριών (όπως, ενδεικτικά, ιστορικό υγείας ασθενών από βάσεις δεδομένων του υπουργείου υγείας ή και ιδιωτικών ιδρυμάτων υγείας, πληροφορίες σχετικά με φαρμακευτικά σκευάσματα, ιατρική νομοθεσία, ή και πρόσβαση σε πηγές μελέτης για θέματα ιατρικής, νοσηλευτικής ή, όπως ήδη αναφέρθηκε, βιοφαρμακευτικής). Απώτερος στόχος είναι η καλύτερη διαχείριση του χρόνου των λειτουργών υγείας, και η γενικότερη αύξηση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας προς τους ασθενείς.

Κεφάλαιο 2. State-of-the-Art

Καθώς η συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία περιλαμβάνει “κατασκευαστικό” κομμάτι σχετικό με δημιουργία προτύπου διαδικτυακής πλατφόρμας στο χώρο της υγείας (ένα online εργαλείο το οποίο συνδέει λειτουργούς υγείας με φορείς, βάσεις δεδομένων ή εργαλεία υγειονομικού ενδιαφέροντος), στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν υπάρχουσες εφαρμογές στον κλάδο του e-health από το 2011 έως και το 2022. Οι εφαρμογές αυτές στοχεύουν κατά κύριο λόγο στην παρακολούθηση και αποκατάσταση της υγείας ασθενών ενώ σε αρκετές περιπτώσεις και στην πρόληψη κάποιας ασθένειας. Έχουν αναπτυχθεί τόσο σε διαδικτυακό περιβάλλον όσο και σε μορφή εφαρμογών για κινητά, tablets, ή υπολογιστή. Οι παθήσεις με τις οποίες ασχολούνται περιλαμβάνουν μυοσκελετικής φύσης προβλήματα, διαταραχές ύπνου, άνοια, ασθένειες “υψηλού βήτα”, υποβοηθούμενη διάγνωση κακοήθειας, κ.ά. Η επιλογή που έγινε είναι ενδεικτική ώστε να παρουσιαστεί όσο το δυνατό μεγαλύτερη ποικιλία τέτοιων πλατφορμών, με έμφαση κυρίως (αλλά όχι μόνο) σε αυτές που απευθύνονται πρωτίστως σε επαγγελματίες λειτουργούς υγείας ή οργανισμούς, και λιγότερο σε ασθενείς, καθώς σε αυτό το μήκος κύματος κινείται και η πλατφόρμα που δημιουργήθηκε στο πλαίσιο της συγκεκριμένης Διπλωματικής και που θα αναλυθεί εκτενέστερα σε επόμενο κεφάλαιο.

2.1 Παρουσίαση εφαρμογών e-health

2.1.1 Η πλατφόρμα μυοσκελετικής φροντίδας Hinge Health

Η πλατφόρμα αυτή [1] αναπτύσσει ένα πρόγραμμα ψηφιακής φροντίδας για τη διαχείριση του χρόνιου πόνου στην πλάτη και τις αρθρώσεις. Η εφαρμογή της εταιρείας συνδυάζει υποβοηθούμενη από αισθητήρες θεραπεία άσκησης με καθοδήγηση και εκπαίδευση υγείας, ενώ, ταυτόχρονα συλλέγει σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες που οδηγούν σε κλινικά έγκυρα αποτελέσματα σχετικά με πόνο, δυσκαμψία και λειτουργική ικανότητα.

Απευθυνόμενη σε συμβεβλημένες εταιρείες ή οργανισμούς που καλύπτουν τους εργαζομένους τους σε μυοσκελετικής φύσης θέματα, η Hinge Health παρέχει μία ψηφιακή πλατφόρμα, αλλά και ιατρική ομάδα και τεχνολογικό εξοπλισμό, για πλήρη μυοσκελετική κάλυψη:

- Η τεχνολογία κίνησης που παρέχεται, εξασφαλίζεται μέσω φορητών αισθητήρων και τεχνολογίας όρασης υπολογιστή (computer vision) για την παρακολούθηση της κίνησης κατά τη

διάρκεια προγραμμάτων θεραπείας άσκησης. Με πρόσβαση και στις δύο αυτές τεχνολογίες, οι συμμετέχοντες λαμβάνουν ανατροφοδότηση για ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων και κινήσεων και οι ομάδες φροντίδας τους έχουν την ευελιξία να παρακολουθούν και να εξατομικεύουν τις παρεχόμενες ιατρικές υπηρεσίες.



Μέσω των αξιολογήσεων κίνησης μετράται αντικειμενικά η λειτουργική ικανότητα όσον αφορά τη δύναμη, την ευελιξία, την ισορροπία και την αντοχή. Η εκτεταμένη παρακολούθηση άσκησης επιτυγχάνεται με το συνδυασμό όρασης υπολογιστή και αισθητήρων, οπότε επιτρέπεται μεγάλο εύρος και μέτρηση ασκήσεων σε ολόκληρο το σώμα, αλλά και ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο για τη διόρθωση της φόρμας ή της στάσης σώματος κατά τη διάρκεια της μέρας ή της θεραπείας άσκησης. Επίσης, είναι δυνατό να τύχουν ενισχυμένης κλινικής φροντίδας περιοχές του σώματος που είναι δύσκολες στη συμβατική θεραπεία, όπως κεφάλι, λαιμός και χέρια, καθώς παρακολουθούνται από 87 σημεία (tracking points) στο “σκελετό”.

- Η φορητή τεχνολογία Health Enso της Hinge, έχοντας πάρει έγκριση FDA, βοηθά στην αντιμετώπιση μυοσκελετικού πόνου χωρίς τη χρήση φαρμάκων ή χειρουργείου. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των ηλεκτρικών παλμών που παράγει ώστε να ανακουφίσει από τον πόνο με τρόπο μη εθιστικό και μη παρεμβατικό, καθώς η ασύρματη αυτή συσκευή προσαρμόζεται στο δέρμα με αυτοκόλλητο μαξιλαράκι και διευκολύνει τις καθημερινές δραστηριότητες που περιορίζονται από τον πόνο, αλλά και τη θεραπεία άσκησης. Τα μέλη, μάλιστα, του Hinge Health Digital MSK Clinic™ καθοδηγούνται από πλήρη ομάδα κλινικών λειτουργών, λαμβάνοντας ένα εξατομικευμένο πλάνο φροντίδας, σχεδιασμένο να ανταποκρίνεται πλήρως στις ανάγκες τους. Μάλιστα, σε



Εικόνα 2.02 – Health Enso

Πηγές: <https://www.hingehealth.com/enso/>

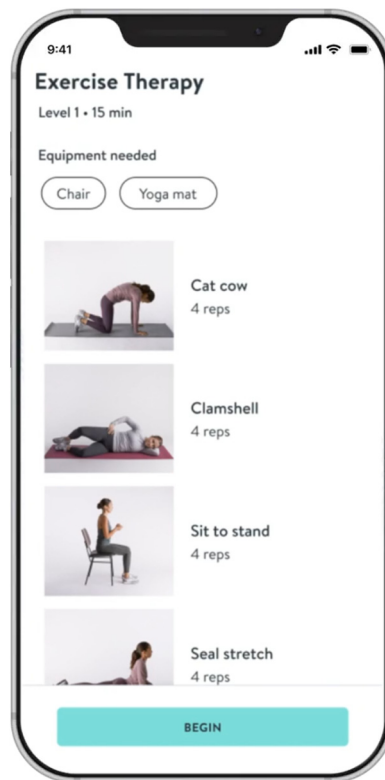
<https://ptproductsonline.com/pain-management/study-hinge-health-enso-wearable-improves-mobility-pain-reduction/>

τυχαιοποιημένη, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο (placebo-controlled) κλινική έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 2021 στο Journal of Pain Research [2], προέκυψε ότι από τους 36 συμμετέχοντες με μακροχρόνιο πόνο, μετά από 4 εβδομάδες, στο 54,7% παρατηρήθηκε 2 φορές μείωση στον πόνο, στο 31,2% διαπιστώθηκε 2 φορές βελτίωση στη διαδικασία περπατήματος, και στο 32,3% επιβεβαιώθηκε 1,6 φορές αύξηση στην κινητικότητα.

- Με το σύστημα HingeConnect γεφυρώνεται η ψηφιακή και προσωπική μυοσκελετική φροντίδα, καθώς επιτρέπεται η διεπαφή της ομάδας κλινικής φροντίδας με δια-ζώσης παρόχους υπηρεσιών μυοσκελετικής υγείας για παρεμβάσεις σε πραγματικό χρόνο. Δεδομένα από το ηλεκτρονικό μητρώο υγείας ασθενών μεταξύ 71.000 σημείων παροχής υπηρεσιών υγείας αναλύονται και παρακολουθούνται αυτοματοποιημένα εκ των προτέρων, ώστε να προληφθεί ή να αποφευχθεί η ιδιαίτερα παρεμβατική φροντίδα (παραπομπή για χειρουργική επέμβαση ή χορήγηση οπιοειδών) αν δεν κριθεί απολύτως απαραίτητη. Η ομάδα φροντίδας προσπαθεί να ανακουφίσει τον ασθενή με λιγότερο παρεμβατικές, αλλά αποτελεσματικές μεθόδους, όπως το Enso. Είναι επίσης εφικτή η συντονισμένη και προσωποποιημένη φροντίδα των ασθενών, καθώς το απαρτιζόμενο από συλλεγμένα δεδομένα μητρώο τους, ενημερώνει την ομάδα φροντίδας σχετικά με τραυματισμούς, ιστορικά χορήγησης φαρμάκων αντιμετώπισης πόνου και συννοσηρικές καταστάσεις.

- Στη διατήρηση της γυναικείας λεκανικής υγείας, συμβάλει η κάλυψη για μυοσκελετικά προβλήματα των γυναικών σχετικά με διαταραχές του πυελικού εδάφους (pelvic floor) που παρέχεται επίσης από την πλατφόρμα. Έχει παρατηρηθεί ότι 1 στις 4 γυναίκες παρουσιάζει διαταραχή του

πυελικού εδάφους [3], όμως, λόγω έλλειψης ευαισθητοποίησης, στιγματισμού και ανεπαρκούς πρόσβασης σε σχετικούς φυσιοθεραπευτές, ο μέσος όρος χρόνου που θα σπαταληθεί πριν τη λήψη φροντίδας για ορισμένες παθήσεις που απορρέουν από αυτό το σύνδρομο είναι περισσότερο από 6 χρόνια [4]. Με την υπηρεσία Women's Pelvic Health, οι γυναίκες υποστηρίζονται σε όλα τα “επίμαχα” στάδια της ζωής τους, συμπεριλαμβανομένης της εγκυμοσύνης, της περιόδου μετά τον τοκετό και της εμμηνόπαυσης, όπου σχετικές διαταραχές είναι πιο συχνές και περιλαμβάνουν ακράτεια ούρων, διαταραχές της ουροδόχου κύστης και του εντέρου, πρόπτωση πυελικού οργάνου, πυελικό πόνο, διάσταση ορθών κοιλιακών μυών και σεξουαλική δυσλειτουργία. Οι συμβεβλημένες δέχονται υποστήριξη από την ομάδα φροντίδας με αυθημερόν βιντεοκλήσεις με εκπαιδευμένους φυσιοθεραπευτές πυελικού εδάφους που προσαρμόζουν τα ψηφιακά προγράμματα άσκησης, αλλά και με προπονητές υγείας (health



Εικόνα 2.03 – Women's Pelvic Health
Πηγή: <https://www.hingehealth.com/pelvic-health/>

coaches) για να υποκινήσουν αλλαγές στον τρόπο ζωής, και με ουρογυναικολόγους για να υποστηρίξουν την κλιμάκωση της φροντίδας. Είναι, επίσης, δυνατή η παροχή συντονισμένης φροντίδας, όπως συνύπαρξη διαταραχών πυελικού εδάφους με πόνους στο ισχίο, την πλάτη ή άλλους μυοσκελετικούς πόνους. Τέλος, μέσω του HingeConnect, πραγματοποιείται προληπτικός εντοπισμός μελών υψηλού κινδύνου που μπορούν να επωφεληθούν από την αξιολόγηση της υγείας της λεκάνης (πυέλου) με τη διασύνδεση της πλαφόρμας με πάνω από 1 εκατομμύριο δια-ζώσης παρόχων.

Η ουσιαστική συμβολή της ψηφιακής πλατφόρμας Hinge Health, έγκειται στην πρόληψη μυοσκελετικών προβλημάτων ή πόνου αρθρώσεων με ειδικές ασκήσεις και εκπαίδευση, καταπολέμηση οξείας επιδείνωσης με βιντεοκλήσεις με φυσιοθεραπευτές, τη μείωση των χρόνιων εξόδων των ασθενών σε περιπτώσεις τραυματισμών, αλλά και την προ- και μετεγχειρητική αποκατάσταση. Τα σημεία του σώματος που εστιάζει και παρακολουθεί περιλαμβάνουν χέρι, καρπό, αγκώνα, λαιμό, ώμο, πλάτη, ισχίο, γόνατο, αστράγαλο και πόδι, καθώς η εφαρμογή και οι αισθητήρες δίνουν ζωντανή ανατροφοδότηση κατά τη διάρκεια διατάσεων και ασκήσεων, ενώ η

εξατομικευμένη θεραπεία άσκησης περιλαμβάνει συνεδρίες διάρκειας 15 λεπτών με αυξανόμενη ένταση ή δυσκολία, όταν ο χρήστης νοιώσει έτοιμος.

Παρατίθενται, σε αυτό το σημείο, συμπεράσματα από ενδεικτικές κλινικές μελέτες που αφορούν τη συγκεκριμένη πλατφόρμα:

- Σε μελέτη μακροπρόθεσμων αποτελεσμάτων [5], οι συμμετέχοντες πέτυχαν, πράγματι, μακροπρόθεσμα οφέλη με σταθερή βελτίωση 1 έτους στον πόνο, το άγχος, την κατάθλιψη και τη λειτουργικότητα.

- Σε μελέτη σχετικά με τη θεραπεία παλμών υψηλής συχνότητας [2] (πεδίο όπου εντάσσεται το προϊόν Enso), οι συμμετέχοντες εμφάνισαν σημαντικές βελτιώσεις τόσο στα λειτουργικά, όσο και στα αποτελέσματα του πόνου κατά τη διάρκεια των εβδομάδων παρακολούθησης.

- Τυχαιοποιημένη μελέτη με έλεγχο δείγματος σχετικά με πρόγραμμα που αφορά τα γόνατα [6] έδειξε ότι οι συμμετέχοντες στο Hinge Health είχαν 63% μείωση στη χειρουργική επέμβαση έναντι 17% για την ομάδα ελέγχου.

- Τυχαιοποιημένη μελέτη με έλεγχο δείγματος σχετικά με πρόγραμμα που αφορά την περιοχή της χαμηλής πλάτης [7] έδειξε ότι οι συμμετέχοντες στο Hinge Health είχαν 52% μείωση στη χειρουργική επέμβαση έναντι 53% αύξηση για την ομάδα ελέγχου.

- Τέλος, σε μυοσκελετική μελέτη μεγάλης κλίμακας [8], τα αποτελέσματα από περισσότερους από 10.000 συμμετέχοντες στη Hinge Health, έδειξαν ότι 2 στις 3 χειρουργικές επεμβάσεις αποφεύχθηκαν.

2.1.2 Η Dreem, που εστιάζει στην ιατρική του ύπνου

Η Dreem [9] είναι μια εταιρεία ψηφιακής υγείας που, από το 2014 όπου και ιδρύθηκε, ειδικεύεται στην ιατρική του ύπνου. Εστιάζει στην παρακολούθηση του ύπνου μέσω ειδικού hardware που διαθέτει, την αποθήκευση και ανάλυση δεδομένων ύπνου, αλλά και τη διεπαφή των ασθενών με ειδικούς ύπνου, επιτρέποντάς τους, μέσω της “Dreem Health” να διαγνωστούν και να θεραπευτούν εξ’ αποστάσεως. Αυτό επιτυγχάνεται με τις μεθόδους διάγνωσης που διαθέτει, την τακτική επικοινωνία με αυτούς τους ειδικούς ύπνου, τις κατ’ οίκον συσκευές ελέγχου ύπνου, καθώς επίσης και την αποστολή και απομακρυσμένη ρύθμιση οποιονδήποτε συνταγογραφημένων συσκευών θεραπείας.

Πέραν των προφανών συνεπειών της εξάντλησης, ευερεθιστικότητας και πτώσης της παραγωγικότητας που προκαλεί η έλλειψη ή κακή ποιότητα ύπνου, έρευνες έδειξαν ότι είναι επίσης υπεύθυνη για:

- ανεπάρκεια αυξητικής ορμόνης και αυξημένα επίπεδα κορτιζόλης, που μπορούν να οδηγήσουν σε παχυσαρκία [10]
- αυξημένη αντίσταση στην ινσουλίνη, που οδηγεί σε διαβήτη [11]
- υψηλή πίεση αίματος, που προκαλεί καρδιακές παθήσεις σύμφωνα με τον Tony Masri, MD
- δυσφορία κατά τη διάρκεια της ημέρας και έκπτωση στη λειτουργικότητα, που ευθύνονται για διαταραχές ψυχικής υγείας [12]
- αύξηση β-αμυλοειδούς του εγκεφάλου, που προκαλεί άνοια/νόσο Alzheimer [13]

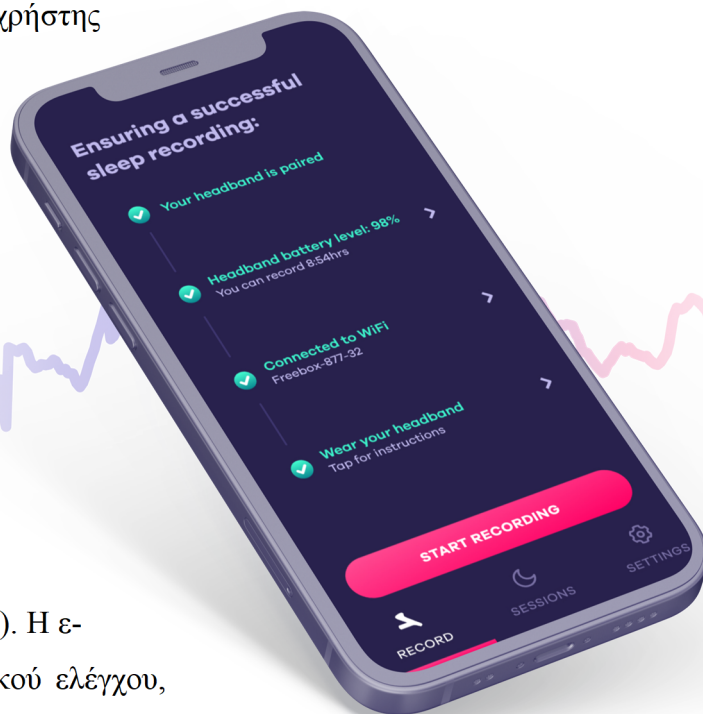
Η παρακολούθηση του ύπνου, πραγματοποιείται μέσω συστημάτων εγγραφής και ανάλυσης, που έχουν λάβει κλινική επικύρωση ως λύση αξιολόγησης ύπνου για κλινικές δοκιμές, που επιτρέπει την ενσωμάτωση ψηφιακών βιοδεικτών ύπνου σε απομακρυσμένες ή και παραδοσιακές κλινικές δοκιμές σε κλίμακα. Το σύστημα εργαλείων “Dreem Labs” αποτελείται από:

- Το Dreem Headband, δηλαδή έναν wearable υφασμάτινο κεφαλόδεσμο για την παρακολούθηση και την αυτόματη ανάλυση ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (EEG), καθώς και βιοσημάτων. Πρόκειται περί μίας αξιόπιστης, εναλλακτικής λύσης της πολύπνογραφίας (PSG) για τη μέτρηση και τη διάγνωση προτύπων ύπνου. Η συσκευή διαθέτει 5 αισθητήρες ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (EEG), έξοδο ήχου μέσω ηχείου οστικής μετάδοσης (bone-conduction speaker), 3D επιταχυνσιόμετρο για τη μέτρηση των κινήσεων, της θέσης του κεφαλιού και του αναπνευστικού ρυθμού κατά τη διάρκεια του ύπνου, και δυνατότητα καταγραφής έως 25 ωρών με μία φόρτιση.



Εικόνα 2.04 – Dreem Headband
Πηγή: <https://dreem.com/clinicaltrials>

• Το Alfin App, τη mobile εφαρμογή που συνεργάζεται με το Dreem Headband και παρέχει άμεση ανατροφοδότηση. Μέσω αυτού, ο χρήστης μπορεί να ξεκινήσει ή να διακόψει την καταγραφή (είτε πρόκειται για ι-διώτη είτε για ιατρικό προσωπικό που παρακολουθεί εξωτερικούς ασθενείς), να προβάλει τα δεδομένα αξιολόγησης μετά από κάθε συνεδρία με τον κεφαλόδεσμο, και να ειδοποιηθεί σε περίπτωση διακοπής της καταγραφής (αν, για παράδειγμα ο κεφαλόδεσμος δεν είναι σωστά τοποθετημένος). Η εφαρμογή, επίσης, διαθέτει δείκτη ποιοτικού ελέγχου, δυνατότητα έκδοσης ανεπεξέργαστων δεδομένων (raw data) που θα μπορούσαν να αναλυθούν από τρίτο λογισμικό, επισήμανση καταληκτικών σημείων ύπνου, αλλά και εξαγωγή υπνογραφήματος.



Εικόνα 2.05 – Dreem Alfin App
Πηγή: <https://dreem.com/clinicaltrials>

• Το Dreem Portal, που παρέχει cloud-based υπηρεσίες δεδομένων με δυνατότητα ποιοτικού ελέγχου των δεδομένων που συλλέγονται ώστε να διασφαλίζεται η ακεραιότητα των αποτελεσμάτων, αλλά και σύστημα διαχείρισης των εγγραφών. Είναι δυνατή η προβολή διαγραμμάτων που προέκυψαν από την εγγραφή των καναλιών των αισθητήρων, η τήρηση ιστορικού του ύπνου του ασθενή, αλλά και η υποστήριξη σχετικά με τον τρόπο χρήσης των προϊόντων της πλατφόρμας.

Μέσω της online πλατφόρμας της Dreem, της “Dreem Health”, είναι δυνατή η παρακολούθηση των δεδομένων και η παροχή εξ’ αποστάσεως συμβουλών από εξειδικευμένο προσωπικό (με βιντεοκλήσεις), με στόχο την παροχή εξατομικευμένων λύσεων και θεραπειών. Αφού πραγματοποιηθεί η διάγνωση, ο επαγγελματίας ύπνου καταστρώνει σχέδιο καταπολέμησης του προβλήματος (αϋπνία, άπνοια ύπνου, κ.ά.) που ενδεχομένως περιλαμβάνει ψηφιακή ή και δια-ζώσης καθοδήγηση με συσκευές θεραπείας άπνοιας ή και συνταγογραφημένα φάρμακα. Ο ασθενής έχει πρόσβαση στην ομάδα φροντίδας με τακτικές συμβουλευτικές βιντεοκλήσεις, και δυνατότητα παρακολούθησης της προόδου που έχει πραγματοποιήσει. Το πιστοποιημένο προσωπικό της

πλατφόρμας παρέχει Γνωσιακή Συμπεριφορική Θεραπεία για την Αϋπνία (CBT-i), θεραπεία Συνεχούς Θετικής Πίεσης Αεραγωγού (CPAP) για την Υπνική Άπνοια, αλλά και συντονισμό θεραπευτικών ιατρικών συσκευών, φαρμάκων και εκπαίδευσης ή οδηγιών απομακρυσμένα.

- Σε έρευνα που δημοσιεύτηκε σε επιστημονικό περιοδικό, *Sleep Science - Sleep to 2020* [14], 25 άτομα συμμετείχαν σε ολονύκτια μελέτη ύπνου σε ένα κέντρο ενώ φορούσαν ταυτόχρονα συμβατικό σύστημα πολυυπνογραφίας (PSG) και το Dreem Headband (DH). Αξιολογήθηκε η ομοιότητα των μετρούμενων εγκεφαλικών κυμάτων EEG μεταξύ του DH και του PSG, η συμφωνία καρδιακού ρυθμού, συχνότητας αναπνοής και μεταβλητότητας ρυθμού αναπνοής (RRV) μεταξύ του DH και του PSG, και η απόδοση της αυτόματης σταδιοποίησης ύπνου του DH σύμφωνα με τις οδηγίες της Αμερικανικής Ακαδημίας Ιατρικής Ύπνου έναντι της χειροκίνητης βαθμολόγησης των ειδικών ύπνου μέσω PSG. Το μέσο ποσοστό σφάλματος μεταξύ των σημάτων ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (EEG) που αποκτήθηκαν από το DH και εκείνων από το PSG για την παρακολούθηση ζωνών συχνοτήτων α (8-14Hz) ήταν $15 \pm 3,5\%$, β (15–30 Hz) $16 \pm 4,3\%$, $16 \pm 6,1\%$ για το λ (0.5–4 Hz) και $10 \pm 1,4\%$ για τις συχνότητες θ (4–8 Hz) κατά τη διάρκεια του ύπνου. Το μέσο απόλυτο σφάλμα για τον καρδιακό ρυθμό, τη συχνότητα αναπνοής και το RRV ήταν $1,2 \pm 0,5$ bpm, $0,3 \pm 0,2$ cpm και $3,2 \pm 0,6\%$, αντίστοιχα. Η αυτόματη σταδιοποίηση ύπνου έφτασε σε συνολική ακρίβεια $83,5 \pm 6,4\%$ (βαθμολογία F1: $83,8 \pm 6,3$) για το DH προς σύγκριση με μέσο όρο $86,4 \pm 8,0\%$ (βαθμολογία F1: $86,3 \pm 7,4$) για τους 5 ειδικούς ύπνου. Τα συμπεράσματα, λοιπόν, ήταν ότι η ποιότητα σήματος του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (EEG) είναι παρόμοια με αυτήν των συστημάτων πολυυπνογραφίας (PSG), και ότι το Dreem Headband με τους αλγορίθμους που το συνοδεύουν, έχει παρόμοια ακρίβεια με τα αποτελέσματα των ειδικών ύπνου από το PSG. Με αυτήν τη συσκευή, συνεπώς, ανοίγει ο δρόμος για μεγάλης κλίμακας, μακροσκελών μελετών ύπνου.

- Επίσης, από έρευνα που έχει δημοσιευτεί το 2021 στο περιοδικό *Sleep Medicine* [15], προέκυψε ότι η μετάδοση ήχου μέσω των οστών (bone-conducted sound) με συγχρονισμένο τρόπο στην αρχή της υπνικής άπνοιας μειώνει τη διάρκειά της, αλλά και το σχετικό υποξικό φορτίο (τους αποκορεσμούς οξυγόνου). Οι διεγέρσεις ήταν καλά ανεκτές και σπάνια έγιναν αντιληπτές από τους ασθενείς. Το Dreem Headband έχει, όπως αναφέρθηκε, δυνατότητα παραγωγής τέτοιων παλμών. Αυτή η θεραπευτική προσέγγιση αξίζει να διερευνηθεί περαιτέρω, με παρακολούθηση των επιπτώσεων στην ποιότητα του ύπνου, τη λειτουργικότητα/υπνηλία κατά τη διάρκεια της ημέρας και τις καρδιαγγειακές παραμέτρους.

Η Dreem συνεργάζεται με περισσότερους από 200 ακαδημαϊκούς και ερευνητικούς εταίρους, συμπεριλαμβανομένων της Ιατρικής Σχολής του Χάρβαρντ, της Ιατρικής Σχολής του Στάνφορντ, του Πανεπιστημίου του Cambridge, του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης, του γαλλικού Human Brain Project και άλλων. Διαθέτει 12 επιστημονικές δημοσιεύσεις, 40 πατέντες και τη μεγαλύτερη βάση δεδομένων στοιχείων ύπνου με περισσότερες από 2,1 εκατομμύρια συνεδρίες ύπνου (νύχτες παρακολούθησης). Σε μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, διαπιστώθηκε πως:

- το 91% των χρηστών της πλατφόρμας κοιμούνται πιο γρήγορα και εύκολα
- οι χρήστες που πρότερα χρειάζονταν πάνω από 30 λεπτά για να αποκοιμηθούν μείωσαν αυτόν τον χρόνο κατά μέσο όρο -21 λεπτά
- το 78% των χρηστών δηλώνει λιγότερο κατακερατισμένες συνεδρίες ύπνου (νύχτες), και
- οι συμβεβλημένοι της πλατφόρμας κατά μέσο όρο παρουσιάζουν 2.5 λιγότερες αφυπνίσεις κάθε νύχτα.

2.1.3 Η πλατφόρμα SonarMD, με επίκεντρο τις ασθένειες υψηλού βήτα

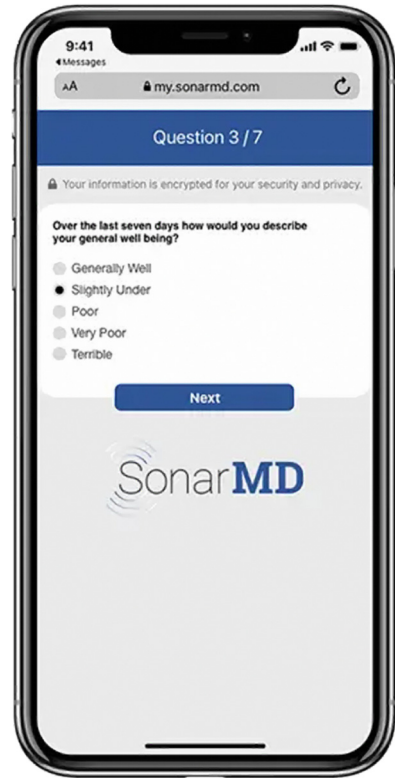
Η εν λόγω πλατφόρμα υγείας [16] απευθύνεται σε κομμάτι του πληθυσμού που πάσχει από ιατρικές καταστάσεις (ή ασθένειες) “υψηλού βήτα” (high beta), οι οποίες χαρακτηρίζονται από δυσανάλογα υψηλό ποσοστό απαιτήσεων από τον εθνικό υγειονομικό προϋπολογισμό. Οι ασθένειες υψηλού βήτα είναι συμπτωματικές, χρόνιες και είναι δυνατό να παρουσιάσουν γρήγορη επιδείνωση χωρίς να γίνει αυτό έγκαιρα αντιληπτό από τους πάσχοντες, με ακριβές συνέπειες όπως νοσηλεία σε νοσοκομεία και υψηλό κόστους εξειδικευμένα φάρμακα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι Ιδιοπαθείς Φλεγμονώδεις Νόσοι του Εντέρου (ΙΦΝΕ) – Inflammatory Bowel Diseases (IBD).

Η SonarMD συνεργάζεται απευθείας με ασθενείς, εργοδότες και εξειδικευμένους λειτουργούς υγείας και το δίκτυό τους, ώστε να μειωθεί το ρίσκο στο συγκεκριμένο πληθυσμό. Αυτό επιτυγχάνεται με το να διευκολύνονται οι ασθενείς και το ιατρικό προσωπικό που έχει αναλάβει την παρακολούθησή τους στη μεταξύ τους συνεργασία και να δρομολογούν τυχόν επιδείνωση της κατάστασης των πρώτων, ή να αναγνωρίζουν συγκεκριμένα συμπτώματα έγκαιρα με στόχο τη λήψη σωστών αποφάσεων θεραπείας. Αναλαμβάνει τη σύνδεση με τους ασθενείς, τον υπολογισμό κόστους και ρίσκου, αλλά και το συντονισμό της φροντίδας:

- Οι ασθενείς προσεγγίζονται τακτικά με κλινικές ερωτήσεις (μια σύντομη έρευνα που πραγματοποιείται μηνιαίως) στις οποίες μπορούν να απαντήσουν άμεσα μέσω κρυπτογραφημένων μηνυμάτων, ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή φωνητικής κλήσης. Οι απαντήσεις που λαμβάνονται, μέσω των αλγορίθμων της πλατφόρμας, αντιστοιχίζονται σε μία αριθμητική τιμή, το “Sonar Score” που είναι σε συμφωνία με την ένταση των συμπτωμάτων. Αυτή η τιμή παρακολουθείται σε βάθος χρόνου, ώστε να ανιχνεύονται οι ασθενείς που κινδυνεύουν από απότομη επιδείνωση. Κατόπιν εντοπισμού, οργανώνονται δραστηριότητες ιατρικής φροντίδας μεταξύ αυτών και των λειτουργών υγείας.

- Η πλατφόρμα συνεργάζεται επίσης με ειδικούς, με στόχο την ανάλυση και τη βελτιστοποιημένη χορήγηση των αυξανόμενης πολυπλοκότητας θεραπειών. Από στατιστικά λειτουργίας της SonarMD, προκύπτει ότι οι επισκέψεις στα επείγοντα μειώθηκαν κατά 2/3, και οι εισαγωγές στο νοσοκομείο περισσότερο από 50%, εξοικονομώντας περί το 15% το χρόνο για κάθε μέλος όσον αφορά τα πλάνα ιατρικής φροντίδας.

Σύμφωνα με έρευνα που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό “gastrojournal” το 2017, [17], προκύπτει ότι οι στρατηγικές διαχείρισης υγείας του πληθυσμού – Population Health Management (PHM) είναι απαραίτητες ώστε να αυξηθεί η ποιότητα της φροντίδας και το αποτέλεσμα των υπηρεσιών υγείας με ταυτόχρονη μείωση του κόστους περίθαλψης. Αυτό ισχύει ακόμα περισσότερο για ασθενείς “υψηλού βήτα” (τύπου ΙΦΝΕ) με απρόβλεπτο κόστος στα συστήματα παροχής ιατρικής φροντίδας. Η αποτελεσματική εφαρμογή των στρατηγικών αυτών απαιτεί ακριβή προσδιορισμό των ασθενών σε κίνδυνο, ενώ η επιτυχία τους έγκειται στην εφαρμογή ενός πολυσυστατικού μοντέλου χρόνιας φροντίδας ικανού να μετατοπίζει την παροχή έκτακτης, κατεπείγουσας φροντίδας από οξείες, επεισοδιακές και αντιδραστικές συναντήσεις σε προληπτική, προγραμματισμένη, μακροχρόνια φροντίδα. Τέτοιου είδους πλατφόρμες ή πρωτοβουλίες συνάδουν προς αυτήν την κατεύθυνση, καθώς διευκολύνουν την απομακρυσμένη παρακολούθηση, την ολοκληρωμένη υποστήριξη αποφάσεων των ειδικών υγείας, τη βελτιστοποιημένη φαρμακευτική χορήγηση αλλά και την εφαρμογή μετρήσεων των διαφορετικών φάσεων της φροντίδας ΙΦΝΕ.



Εικόνα 2.06 – SonarMD, Questions
Πηγή: <https://sonar.md.com/for-patient/>

Μία έρευνα, [18], της οποίας τα αποτελέσματα ανακοινώθηκαν στη Digestive Disease Week® – DDW 2019, τη μεγαλύτερη διεθνή συγκέντρωση ιατρών, ερευνητών και ακαδημαϊκών στους τομείς της γαστρεντερολογίας, ηπατολογίας, ενδοσκόπησης και γαστρεντερικής χειρουργικής, έδειξε ότι το SonarMD μειώνει το κόστος διαχείρισης της νόσου του Crohn. Σε αυτήν την 24 μηνών μελέτη, οι ερευνητές συνέκριναν μια ομάδα 176 ασθενών με νόσο του Crohn που είχαν εγγραφεί στην πλατφόρμα της SonarMD με μια αντίστοιχη ομάδα ελέγχου που δεν ήταν. Καθώς η απομακρυσμένη παρακολούθηση, ο υπολογισμός ρίσκου και η συντονισμένη φροντίδα που έλαβε η πρώτη ομάδα συνετέλεσε στην αντιμετώπιση των συμπτωμάτων επιδείνωσης νωρίτερα, αυξήθηκε η πιθανότητα να παραμείνουν αυτά τα άτομα εκτός νοσοκομείου. Αυτό μείωσε το ετήσιο ιατρικό κόστος για κάθε ένα από αυτά κατά (μέσο όρο) 6.500\$.

Πλέον, πέραν από τις φλεγμονώδεις ασθένειες του εντέρου (ΙΦΝΕ), νόσο του Crohn, και ελκώδη κωλίτιδα, που αντιπροσωπεύουν το 50% των μεταβλητών δαπανών για την πεπτική φροντίδα, η πλατφόρμα επεκτείνει τις δραστηριότητές της και σε πρόσθετες παθήσεις υγείας του πεπτικού συστήματος, οι οποίες κοστίζουν στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης των ΗΠΑ 136 δισεκατομμύρια δολάρια το χρόνο [19], περισσότερα από τις δαπάνες σχετικά με καρδιακές παθήσεις, τραύμα ή ψυχική υγεία. Καθώς, λοιπόν, ο εντοπισμός των εξάρσεων πριν μετατραπούν σε νοσηλεία, εξοικονομεί χρήματα για τον ασφαλιστή υγείας και επιτρέπει στους ειδικούς να παρέχουν καλύτερη φροντίδα, η πλατφόρμα της SonarMD παρέχεται δωρεάν στους ασθενείς. Δραστηριοποιούμενη από το 2015, συνεργάζεται με διάφορους παρόχους υγείας, μεταξύ αυτών: South Denver Gastroenterology P.C., Capital Digestive Care (Maryland), Charlotte Gastroenterology & Hepatology (North Carolina), Gastroenterology Associates of New Jersey και Illinois Gastroenterology Group.

2.1.4 Το Πρόγραμμα τηλεϊατρικής της Vodafone στην Ελλάδα, και η εφαρμογή DreamLab του Ιδρύματος της Vodafone

Το εν-λόγω πρόγραμμα τηλεϊατρικής, που υλοποιείται πιλοτικά ήδη από το 2006, έχει τεθεί σε πλήρη λειτουργία από το 2013 έως σήμερα σε 100 απομακρυσμένες περιοχές της ηπειρωτικής και νησιωτικής Ελλάδας. Το κριτήριο κατά το οποίο επιλέγεται μια περιοχή είναι η απόσταση της από το πλησιέστερο κέντρο υγείας που έχει οριστεί ως μεγαλύτερη των 20 χιλιομέτρων.

Με το πρόγραμμα αυτό, οι κάτοικοι των απομακρυσμένων περιοχών έχουν τη δυνατότητα να επισκέπτονται το περιφερειακό ιατρείο ή κέντρο υγείας, όπου αυτό εφαρμόζεται, και να πραγματοποιούν δωρεάν βασικές εξετάσεις προληπτικής ιατρικής, όπως για παράδειγμα καρδιογράφημα και σπιρομέτρηση. Οι συγκεκριμένες εξετάσεις, εφόσον ο γενικός ή αγροτικός ιατρός εκτιμήσει ότι χρειάζεται επιπλέον συμβουλευτική γνώμηση, αποστέλλονται μέσω του δικτύου της Vodafone σε καρδιολόγους ή πνευμονολόγους στο Ιατρικό Κέντρο Αθηνών. Οι επαγγελματίες αυτοί παρέχουν την επιστημονική τους γνώμηση άμεσα και γρήγορα με τον ίδιο τρόπο. Οι υπόλοιπες εξετάσεις που αρχικά συμπεριλαμβάνονταν στο πρόγραμμα είναι η οξυμετρία και μέτρηση πίεσης και σακχάρου. Πρόσφατα εντάχθηκαν και οι εξετάσεις ολικής χοληστερόλης και τριγλυκεριδίων, τα αποτελέσματα των οποίων σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα των ήδη περιλαμβανομένων κλινικών εξετάσεων, καθιστούν δυνατή την εκτίμηση του καρδιαγγειακού κινδύνου για την επόμενη δεκαετία. Από το 2018 παρέχονται και υπηρεσίες πρόληψης για την εμμηνόπαυση και την οστεοπόρωση που αφορούν σε όλες τις γυναίκες άνω των 45 ετών. Υπάρχει, πλέον, και η δυνατότητα δημιουργίας ηλεκτρονικού ιατρικού φακέλου των ασθενών, μέσα από τον οποίο οι γενικοί/αγροτικοί ιατροί παρακολουθούν καλύτερα και πιο ολοκληρωμένα την υγεία τους. Καθώς, μάλιστα, ο εξοπλισμός είναι φορητός, ο λειτουργός υγείας μπορεί να διενεργήσει τις εξετάσεις στο περιφερειακό ιατρείο ή στην οικεία του ασθενή του με την ίδια ευκολία, και επίσης, με τον ίδιο εξοπλισμό μπορούν να εξυπηρετηθούν περισσότερα του ενός τοπικού ιατρείου στην εκάστοτε περιφέρεια.



Εικόνα 2.07 – Πρόγραμμα Τηλεϊατρικής Vodafone

Πηγή: <https://www.vodafone.gr/vodafone-ellados/arthra/programma-tileiatrikis/>

Το Πρόγραμμα Τηλεϊατρικής της Vodafone υλοποιείται σε συνεργασία με το Ιατρικό Κέντρο Αθηνών και τελεί υπό την αιγίδα του Υπουργείου Υγείας και του Υπουργείου Ναυτιλίας και Αιγαίου. Συμμετέχουν, δε, και το Εθνικό Διαδημοτικό Δίκτυο Υγιών Πόλεων – Προαγωγής Υγείας (ΕΔΔΥΠΠΥ) καθώς επίσης και η εταιρεία Vidano [20], που προσφέρει τεχνολογικές λύσεις στον τομέα της υγείας. Το πρόγραμμα συγχρηματοδοτείται από το Ίδρυμα Vodafone [21] και η λειτουργία του στηρίζεται στη διαθεσιμότητα αγροτικών/γενικών ιατρών στα σημεία εφαρμογής.

Σύμφωνα με στοιχεία που δημοσιοποιήθηκαν σε δελτίο τύπου για τα 20 χρόνια δράσης του Ιδρύματος Vodafone στην Ελλάδα [22], το πρόγραμμα προσφέρει τη δυνατότητα πρόσβασης σε εξειδικευμένες υπηρεσίες υγείας για τουλάχιστον 500.000 κατοίκους της περιφέρειας. Από το 2008 έχουν πραγματοποιηθεί περισσότερες από 55.000 εξετάσεις σε 100 απομακρυσμένα σημεία όλης της Ελλάδας, ενώ από το 2013 έχουν εξεταστεί πάνω 17.750 κάτοικοι ακριτικών και απομακρυσμένων περιοχών. Έως το 2014 [23], έχουν πραγματοποιηθεί περισσότερες από 21.500 εξετάσεις στις περιοχές που είναι ενταγμένες στο πρόγραμμα. Ως αποτέλεσμα αυτών των εξετάσεων, περίπου στο 10% των περιπτώσεων ο ειδικευμένος ιατρός πρότεινε να τεθεί ο ασθενής υπό παρακολούθηση, ενώ στο 8% βρέθηκαν ασθενείς οι οποίοι χρειαζόταν να προχωρήσουν άμεσα σε περαιτέρω εξετάσεις. Επιπλέον, σε 138 περιπτώσεις η υγεία του ασθενή βρισκόταν σε κίνδυνο και η κατάστασή του απαιτούσε άμεση ιατρική επέμβαση. Η Vodafone προκειμένου να καταγράψει τα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή του προγράμματος τηλεϊατρικής σε, όπως ήδη

αναφέρθηκε, 100 απομακρυσμένες περιοχές της Ελλάδας, προχώρησε σε στατιστική αξιολόγησή του, την οποία και ανέλαβε το Εργαστήριο Βιοϊατρικής Τεχνολογίας του Ερευνητικού Πανεπιστημιακού Ινστιτούτου Συστημάτων Επικοινωνιών και Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου σε συνεργασία με ερευνητές του τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Μακεδονίας. Τα αποτελέσματα της στατιστικής αξιολόγησης δημοσιεύτηκαν στο 12ο Πανελλήνιο Συνέδριο για τη Διοίκηση, τα Οικονομικά και τις Πολιτικές της Υγείας [24], αλλά και σε δελτίο τύπου της εταιρείας [25], και αποδεικνύουν ότι οι εξεταζόμενοι στη συντριπτική τους πλειοψηφία θεωρούν ότι το Πρόγραμμα Τηλεϊατρικής

- Συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής τους (67,5%)
- Βοηθάει στη βελτίωση της υγείας τους από αρκετά έως πάρα πολύ (89%)
- Πρέπει να λειτουργεί σε μόνιμη βάση στην περιοχή τους (98%)

Σημαντική επίσης είναι η συμβολή του προγράμματος στην ευαισθητοποίηση των ασθενών που εξετάστηκαν όσον αφορά τη συχνότερη πραγματοποίηση εξετάσεων, καθώς μειώθηκε σε 35,41% (από 62,61%) ο πληθυσμός που δεν έχει κάνει ποτέ σπιρομέτρηση και από 40,73% σε 29,64% ο πληθυσμός που δεν έχει πραγματοποιήσει ποτέ οξυμετρία. Για τους ίδιους τους γενικούς/αγροτικούς ιατρούς τα σημαντικότερα οφέλη είναι η παροχή καλύτερης ποιότητας υπηρεσιών (90,24%) και η δυνατότητα λήψης δεύτερης γνώμης (63,41%). Το Πρόγραμμα Τηλεϊατρικής της Vodafone αξιοποιεί την τεχνολογία της κινητής επικοινωνίας και συγκεκριμένα το εξελισσόμενο δίκτυο της Vodafone για την κάλυψη σύγχρονων αναγκών που αφορούν στον τομέα της υγείας.

Αξίζει, σε αυτό το σημείο, (και σχετικά με την πανδημία) να σημειωθεί και η ύπαρξη της εφαρμογής “DreamLab” [26], που δημιουργήθηκε σε συνεργασία του Ιδρύματος Vodafone με το Imperial College του Λονδίνου, και αξιοποιεί την επεξεργαστική ισχύ των φορητών συσκευών (smartphones, tablets) προσφέροντάς την στην έρευνα για σημαντικές ασθένειες όπως ο καρκίνος και η COVID-19. Πρόκειται για δωρεάν εφαρμογή, η οποία, κάθε φορά που το κινητό είναι συνδεδεμένο στο internet και τη φόρτιση συντελεί στο να επιταχυνθεί η πρόοδος της επιστημονικής έρευνας στο επιλεγμένο από το χρήστη ερευνητικό έργο, αξιοποιώντας την επεξεργαστική ισχύ του κινητού.

- Από το 2015 υποστηρίζει την έρευνα για τον καρκίνο, και έχει ήδη βοηθήσει να πραγματοποιηθούν νέες ανακαλύψεις στον τομέα αυτό, που περιλαμβάνουν την εύρεση αντικαρκινικών ιδιοτήτων σε ήδη διαθέσιμα φάρμακα και τροφές. Οι χρήστες του DreamLab βοήθησαν την ομάδα

της Imperial να ολοκληρώσει τη Φάση 4 του έργου “DRUGS” σε μόλις οκτώ μήνες, πραγματοποιώντας 25 εκατομμύρια υπολογισμούς στη διάρκεια της διαδικασίας. Σε αυτή τη Φάση διερευνάται κατά πόσο οι συνδυασμοί μορίων από πολλαπλούς τύπους τροφίμων μπορούν να είναι πιο αποτελεσματικοί ως συν-θεραπείες για τον καρκίνο σε σχέση με μεμονωμένα τρόφιμα. Το project “DRUGS” θα προχωρήσει στην τελική του Φάση 5. Εκεί θα διερευνηθούν οι δεσμοί μεταξύ των βιοδραστικών συστατικών στα τρόφιμα και τα φάρμακα και αναμένεται να ολοκληρωθεί έως τον Δεκέμβριο του 2022. Εκτιμάται ότι θα πραγματοποιηθούν 200-400 εκατομμύρια υπολογισμοί.

- Τον Απρίλιο του 2020, μετά το ξέσπασμα της COVID-19, ξεκίνησε ένα νέο ερευνητικό project “Corona-AI” στην εφαρμογή, το οποίο χρησιμοποιεί την ίδια τεχνολογία για να βοηθήσει στην καταπολέμηση της επιδημίας του κορωνοϊού. Σύμφωνα με τον καθηγητή Michael Bronstein, επικεφαλής Μηχανικής Μάθησης και Αναγνώρισης Μοτίβων στο Τμήμα Υπολογιστικής του Imperial College London, επικεφαλής των Ερευνών Γραφικής Μάθησης στο Twitter και συνεργαζόμενο μέλος του DreamLab, χρησιμοποιείται κατηγορία από δικτυακές μεθόδους Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) ώστε να εντοπιστούν αντι-ικές ιδιότητες μέσα σε ένα σύνολο δεδομένων χιλιάδων χημικών ουσιών, διαμορφώνοντας πρότυπα των δικτυακών επιπτώσεων που έχουν οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε αυτές τις ουσίες και τα βιομόρια του ανθρώπινου σώματος. Με πάνω από 100 εκατομμύρια υπολογισμούς πραγματοποιούνται (simulated) δοκιμές περίπου 300 δισεκατομμυρίων μοριακών συνδυα-



Εικόνα 2.08 – DreamLab, Corona-AI
Πηγή: <https://apps.apple.com/gr/app/dreamlab/id1273619275>

σμών. Με τον τρόπο αυτό και σε μόλις έξι μήνες επιταχύνθηκε η ολοκλήρωση της φάσης 1 του ερευνητικού έργου “Corona-AI” για την αντιμετώπιση του SARS-CoV-2. Πρώιμα αποτελέσματα της έρευνας είναι η ταυτοποίηση μορίων με αντιικές ιδιότητες σε καθημερινές φυτικές τροφές που μπορούν να συμβάλουν στην καταπολέμηση της COVID -19. Μεταξύ των τροφίμων αυτών είναι τα μούρα, και ιδιαίτερα τα φραγκοστάφυλα, τα cranberries και τα βατόμουρα, τα μήλα, τα πορτοκάλια, τα λεμόνια, το λάχανο, το μπρόκολο, τα εσπεριδοειδή, τα κρεμμύδια, το σκόρδο, ο μαϊντανός, τα φασόλια, κα.

Η σημασία της εφαρμογής αυτής έγκειται στο ότι καθώς, σύμφωνα με τα στοιχεία που δίνει η εταιρεία [26], με περισσότερες από 2 εκατομμύρια μεταφορτώσεις (downloads) και 250.000 smartphones να πραγματοποιούν υπολογισμούς κάθε βράδυ, υπολογισμοί οι οποίοι ενδεχομένως να απαιτούν δεκαετίες για να ολοκληρωθούν από έναν σταθερό υπολογιστή που θα «έτρεχε» επί 24ώρου βάσεως, πλέον μπορούν να υλοποιηθούν μέσω της επεξεργαστικής ισχύος των κινητών σε λίγους μήνες, συμβάλλοντας στη γρηγορότερη εξέλιξη της επιστημονικής έρευνας στον τομέα της υγείας.

2.1.5 Η πλατφόρμα διάγνωσης “σπάνιων ασθενιών” Mendelian

Η συγκεκριμένη πλατφόρμα [27] αποτελεί ένα υποβοηθούμενο από την Τεχνητή Νοημοσύνη (TN) εργαλείο, που στοχεύει στη διάγνωση των αποκαλούμενων “σπάνιων ασθενειών”. Απευθύνεται σε ιατρικό προσωπικό (το οποίο και αποτελεί τον τελικό χρήστη της εν-λόγω πλατφόρμας) και το διευκολύνει να οδηγηθεί στην έγκαιρη διάγνωση των τελευταίων.

Ως σπάνια ασθένεια, θεωρείται αυτή που επηρεάζει όχι περισσότερο από 1 άτομο στα 2.000. Σύμφωνα με έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση σχετικά με τις σπάνιες ασθένειες, [28], προκύπτει ότι από 6.000 έως 8.000 διαφορετικές σπάνιες ασθένειες επηρεάζουν περίπου 30 εκατομμύρια ανθρώπους στην ΕΕ. Δηλαδή, 1 στους 16 (κατά μέσο όρο) από εμάς θα έρθει αντιμέτωπος κάποια στιγμή στη ζωή του με μία τέτοια ασθένεια. Αν και είναι λιγότερο συνηθεις σε σχέση με πιο συχνά παρατηρούμενες, όπως διαβήτης ή άσθμα, πολλές φορές τα συμπτώματά τους εξελίσσονται σταδιακά και σε διαφορετικά συστήματα οργάνων, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να τύχουν διάγνωσης από τους ιατρούς. Κατά μέσο όρο, σύμφωνα με έρευνες, [29], οι πάσχοντες από τέτοιες ασθένειες τυχαίνουν 3 φορές λάθος διάγνωσης, έχοντας επισκεφτεί 5 διαφορετικούς ιατρούς και ταλαιπωρηθεί επί περισσότερα από 4 χρόνια μέχρι την τελική, οριστική διάγνωση. Επιπροσθέτως, η μη έγκαιρη διάγνωσή τους οδηγεί σε επιβάρυνση του Εθνικού Συστήματος Υγείας κατά περίπου 3,5 δισεκατομμύρια λίρες Αγγλίας (με βάση δεδομένα που έχουν προκύψει από σχετικά περιστατικά στο Ηνωμένο Βασίλειο).

Η Mendelian έρχεται να δώσει κάποια ανακούφιση στο πρόβλημα, καθώς με τον MendelScan αλγόριθμό της, καταγράφει χαρακτηριστικά ασθένειας από Ηλεκτρονικά Μητρώα Υγείας σε έναν πληθυσμό ασθενών και προχωρά στην αντιστοίχιση και διασταύρωση για διαγνωστικά κριτήρια σπάνιων ασθενειών. Συνεπώς, οι κλινικοί ιατροί, υποβοηθούμενοι από τα αποτελέσματα του MendelScan και συνδυάζοντάς τα με την ιατρική τους εμπειρία βελτιώνουν την ακρίβεια της φροντίδας

και των συμβουλών που παρέχουν. Άμεση συνέπεια αυτού, είναι και η εξοικονόμηση χρόνου και χρημάτων σε ένα σύστημα υγείας που είναι ήδη, στην περίπτωση πολλών χωρών, στα όριά του.

Σύμφωνα με μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σχετικά με την αποτελεσματικότητα της Mendelian, σε εκ των υστέρων έρευνα (case study), το MendelScan επισήμανε 14 ασθενείς με κλινικά συμπτώματα της νόσου του Behcet, από τους οποίους μόλις 2 είχαν διαγνωστεί επιτυχώς με τις ήδη υπάρχουσες, συμβατικές μεθόδους. Και ειδικότερα, για έναν από αυτούς, αποδείχτηκε πως το σύστημα αυτό θα είχε συντελέσει ώστε ο παροχέας υπηρεσιών υγείας του εν λόγω ασθενούς:

- Να είχε καταλήξει στη διάγνωσή του 4 χρόνια νωρίτερα
- Να είχε ρίξει το κόστος της διαγνωστικής του οδύσσειας κατά 76% (13.079 λίρες Αγγλίας)
- Να αποφύγει 3 περιττές παραπομπές και 1 λάθος διάγνωση

Την αποτελεσματικότητα αυτήν, επιβεβαιώνει και δεύτερη μελέτη περίπτωσης που πραγματοποιήθηκε σχετικά με το σύνδρομο Ehler-Danlos, όπου, το MendelScan εντόπισε 12 ασθενείς με κλινικά ευρήματα που παραπέμπουν στο συγκεκριμένο σύνδρομο. Και σε αυτήν την περίπτωση, ο παροχέας υπηρεσιών υγείας, θα μπορούσε:

- Να είχε πραγματοποιήσει τη διάγνωση 3 χρόνια νωρίτερα
- Να είχε ρίξει το κόστος της διαγνωστικής του περιπέτειας κατά 35% (4.739 λίρες Αγγλίας)
- Να αποφύγει 4 περιττές παραπομπές και 2 επισκέψεις σε γενικούς ιατρούς

Η Mendelian έχει αναπτύξει, επίσης, μια σειρά αλγορίθμων που υποβοηθούν την αναγνώριση ατόμων που πάσχουν από σπάνιες ασθένειες από το Ηλεκτρονικό Μητρώο Υγείας τους. Οι αλγόριθμοι αυτοί έχουν αναπτυχθεί με βάση στοιχεία πληθυσμού 501.188 ασθενών από τα Μητρώα Υγείας της πρωτοβάθμιας φροντίδας του NHS (National Health Service – UK). Μία επιπλέον έρευνα δημοσιοποιήθηκε το 2020 από τον οργανισμό ASHG (American Society of Human Genetics), [30]: Εδώ μελετήθηκαν οι περιπτώσεις της Χρόνιας Προοδευτικής Εξωτερικής Οφθαλμοπληγίας και της νόσου του Behcet. Μεταξύ των δύο αυτών σπάνιων ασθενειών, 237 ασθενείς πληρούσαν τα κριτήρια, ενώ από αυτούς (σύμφωνα με το Μητρώο Υγείας τους) 9 είχαν ήδη διαγνωστεί. Η έρευνα προσπάθησε να εξακριβώσει αν με βάση την προηγούμενη κατάσταση του Ηλεκτρονικού Μητρώου Υγείας των ασθενών αυτών (που εκ των υστέρων διαγνώστηκαν και επίσημα), ήταν δυνατό ο αλγόριθμος αυτός να πραγματοποιήσει την πιο έγκαιρη αναγνώρισή τους. Το αποτέλεσμα ήταν ότι 5 από αυτούς, θα ήταν δυνατό να τύχουν διάγνωσης νωρίτερα, με την προσέγγιση της Mendelian. Πιο συγκεκριμένα, αυτοί που πάσχουν από Χρόνια Προοδευτική Εξωτερική Οφθαλμοπληγία θα μπορούσαν να είχαν διαγνωστεί 7,5 χρόνια νωρίτερα (κατά μέσο

όρο), ενώ οι πάσχοντες από νόσο του Behcet, 5 χρόνια νωρίτερα. Οι περιπτώσεις που πληρούν τα κριτήρια του αλγορίθμου εξετάζονται εσωτερικά από ειδικούς σε τέτοιες ασθένειες, ενώ τα κατάλληλα περιστατικά επισημαίνονται για περαιτέρω έρευνες και παραπομπές.

Σε έρευνα σχετικά με το αν είναι δυνατό να εφαρμοστεί ένα εργαλείο ανίχνευσης περιπτώσεων σπάνιας νόσου στην πρωτοβάθμια περίθαλψη, η οποία και δημοσιεύτηκε στο περιοδικό “Orphanet Journal of Rare Diseases” [31], και στην οποία εξετάστηκε η αποτελεσματικότητα του αλγορίθμου MendelScan, προέκυψε ότι η εφαρμογή ενός τέτοιου εργαλείου είναι εφικτή σε επίπεδο πληθυσμού. Το MendelScan εντόπισε αξιόπιστες περιπτώσεις οι οποίες στη συνέχεια παραπέμφθηκαν για περαιτέρω ιατρική μελέτη.

Ως ιδιαίτερος σημαντική κρίνεται και η συμβολή στην ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης και της ιατρικής και φαρμακοπαρασκευαστικής βιομηχανίας σχετικά με τέτοιου είδους μη ιάσιμες, ως ώρας, ασθένειες, όπως στην περίπτωση νεαρού ατόμου που γεννήθηκε με σπάνια ασθένεια που προκαλεί συγγενή τύφλωση (Leber Congenital Amaurosis). Καθώς, λοιπόν, το LCA είναι ένας κληρονομικός εκφυλισμός του αμφιβληστροειδούς που επηρεάζει 2 έως 3 ανά 100.000 νεογνά και οδηγεί σε ολική τύφλωση ως την εφηβεία, η έγκαιρη διάγνωση σε όσο το δυνατό περισσότερους ασθενείς, ίσως λειτουργήσει και ως μοχλός πίεσης προς τις φαρμακοβιομηχανίες να προβούν σε έρευνες για την εξεύρεση σκευασμάτων προς την κατεύθυνση της θεραπείας.

Η εταιρεία έχει προχωρήσει σε δημιουργία Βάσης Δεδομένων και Γνωστικής Βάσης σχετικά με περισσότερες από 100 σπάνιες ασθένειες, γονίδια, σημάδια και συμπτώματα, οι οποίες και συνεχώς ανανεώνονται, καθιστώντας την πλατφόρμα ολοένα και αποτελεσματικότερη ως εργαλείο στη φαρέτρα των σύγχρονων Οργανισμών Υγείας.

Την Mendelian υποστηρίζουν διάφοροι μεγάλοι οργανισμοί που δραστηριοποιούνται στον τομέα της υγείας, σχετικοί ακαδημαϊκοί φορείς, καθώς επίσης και κολοσσοί του χώρου της πληροφορικής, μεταξύ αυτών: The Francis Crick Institute, Oxford Academic Health Science Network, Imperial College London, NHS, και Google. Βρίσκεται σε λειτουργία από το 2015 και τα κόστη πρόσβασης σε αυτήν καλύπτονται από τους συμβαλλόμενους Οργανισμούς Υγείας, με τελικούς χρήστες, όπως ήδη αναφέρθηκε, τους λειτουργούς υγείας.

2.1.6 Το σύστημα απομακρυσμένης εξέτασης MedWand

Στον τομέα της εικονικής φροντίδας και της τηλεϊατρικής, η MedWand [32], που ιδρύθηκε το 2015, επιτρέπει στους ασθενείς να πραγματοποιούν κατ' οίκον σωματικές εξετάσεις, με αποτέλεσμα τη διεύρυνση του φάσματος των ιατρικών επισκέψεων που είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν εικονικά ή εξ' αποστάσεως.

Πιο συγκεκριμένα οι ασθενείς γίνεται, μέσω της πλατφόρμας να πραγματοποιούν μόνοι τους μία γκάμα εξετάσεων, που συνήθως θα αναλάμβαναν οι γενικοί ιατροί, και όντας σε κλήση με κάποιον λειτουργό υγείας, να καθοδηγηθούν ανάλογα, με αποτέλεσμα τη διασφάλιση της ακρίβειας και την ακεραιότητα της ερμηνείας των αποτελεσμάτων. Ειδικότερα, οι αισθητήρες στη συσκευή της πλατφόρμας, είναι σε θέση:

- Να πραγματοποιήσουν Ηλεκτροκαρδιογράφημα
- Να υπολογίσουν τον κορεσμό του οξυγόνου στο αίμα μέσω Παλμικού Οξυμέτρου
- Να ακροαστούν την καρδιά, τους πνεύμονες καθώς και την κοιλιακή χώρα με τη χρήση Στήθοσκοπίου
- Να συμβάλουν στη διενέργεια Ωτοσκοπησης, Λαρυγγοσκοπησης, ή και Δερματοσκοπησης, μέσω κάμερας υψηλής ευκρίνειας
- Να μετρήσουν τη θερμοκρασία του ασθενούς, και
- Να πραγματοποιήσουν με έμμεσο τρόπο αξιολόγηση τιμών όπως πίεση αίματος, επίπεδα γλυκόζης στο αίμα, καθώς και μέγιστη τιμή ροής αίματος



Εικόνα 2.09 – MedWand Device
Πηγή: <https://www.medwandsales.com/medwand-device>

Ο κλινικός ιατρός μπορεί στη συνέχεια να αναλύσει τα αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο, να παρέχει ανατροφοδότηση και να καταστρώσει ένα σχέδιο φροντίδας.

Παρά το ότι η πλατφόρμα δραστηριοποιείται στο χώρο της υγείας ήδη από το 2014, κυρίως τα τελευταία χρόνια, λόγω και της CoViD-19, οι επαγγελματίες υγείας αναγκάστηκαν να υιοθετήσουν σε μεγάλο βαθμό την τηλεϊατρική. Ωστόσο, αυτό που έλειπε από τις συμβατικές ηχητικές ή βίντεο-κλήσεις, ήταν η ικανότητα του ιατρικού προσωπικού να εξετάζει και να συλλέγει,

απομακρυσμένα, στοιχεία σχετικά με τις ζωτικές τιμές είτε για παρακολούθηση υπάρχουσας νόσου είτε για διάγνωση νέας στον κάθε ασθενή. Με το λογισμικό MedWand VirtualCare, είναι εφικτή η βιντεοκλήση πολλών μερών ταυτόχρονα στην ίδια συνεδρία, η παρακολούθηση ήχου Στηθοσκοπίου και Ηλεκτροκαρδιογραφημάτων σε πραγματικό χρόνο, η καταγραφή όλων των ζωτικών στοιχείων με κλινική ακρίβεια, αλλά και πλέον, ιστορικό, μετρήσεις, διαγράμματα και ανάλυση τιμών που έχουν συλλεχθεί, είναι άμεσα διαθέσιμα στους λειτουργούς υγείας μέσω εφαρμογής για κινητό ή tablet. Το software διαθέτει, επίσης, τεχνολογία “Anomaly Indication” (AI), για υπολογιστικά υποβοηθούμενη αναγνώριση ανωμαλιών.



Εικόνα 2.10 – MedWand VirtualCare Software
Πηγή: <https://www.medwandsales.com/medwand-device>

Η υπηρεσία, εκτός από μεμονωμένους ασθενείς, είναι σε θέση να καλύψει και εταιρείες ή γραφεία, καθώς μπορεί να προμηθεύει με αναλώσιμα για έως και 100 υπαλλήλους, ώστε δεδομένα από όλους να είναι δυνατό να αναλυθούν από ιατρούς που έχουν αναλάβει την απομακρυσμένη ιατρική φροντίδα τους.

Διαθέτει έναν αριθμό από κιτ (σύνολα εξοπλισμού) προσαρμοσμένα στην κάθε περίπτωση: Είτε πρόκειται για εξοπλισμό ατομικής φροντίδας, κιτ τύπου φορητής κλινικής (σχεδιασμένο για κατ' οίκον επισκέψεις ιατρού), κιτ σχεδιασμένο για απομακρυσμένες/περιφερειακές κλινικές, ή κιτ για εταιρικές εφαρμογές κλινικής γραφείου. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο τελικός χρήστης της συγκεκριμένης πλατφόρμας είναι ο κλινικός μαζί με τον ασθενή, ενώ ο πληρωτής θα μπορούσε να είναι ο ασθενής (αν πρόκειται για μεμονωμένη περίπτωση), είτε ο εργοδότης, ακόμη και ο οργανισμός υγειονομικής περίθαλψης (σε περίπτωση μαζικών πακέτων για εταιρείες ή ιδρύματα).

Η σημασία αυτής ή αντίστοιχων διαδικτυακών πλατφορμών έγκειται στο ότι:

- Αφ' ενός προλαμβάνονται περιστατικά που υπό άλλες συνθήκες θα ήταν δύσκολο να γίνουν αντιληπτά. Για παράδειγμα, σύμφωνα με στοιχεία που παραχώρησε σε συνέντευξη ο Πρόεδρος και Διευθύνων Σύμβουλος της MedWand Solutions, Inc., Robert Rose [33]: Το 20% των εγκεφαλικών οφείλονται σε μη ανιχνευμένη κολπική μαρμαρυγή. Μια απλή, μονόλεπτη εξέταση MedWand μπορεί, μέσω υποβοηθούμενης, εγκεκριμένης από τον FDA, “Anomaly Indication” (AI) ανάλυσης, να εντοπίσει 8 από τις 12 ανιχνεύσιμες μορφές της συγκεκριμένης χρόνιας ασθένειας και να σώσει σημαντικό αριθμό από τα 14 εκατομμύρια ανθρώπων που κάθε χρόνο θα υποστούν, σύμφωνα με τα στατιστικά, κάποιο εγκεφαλικό.

- Αφ' ετέρου θα μπορούσε να εξοικονομήσει ιδιαίτερα υπολογίσιμα κονδύλια, καθώς ένας εξ' αποστάσεως ιατρός, είναι πλέον σε θέση να αποφανθεί με σχετική βεβαιότητα σχετικά με το αν ένας ασθενής παθαίνει -για παράδειγμα- καρδιακή προσβολή ή κάτι λιγότερο σοβαρό και να αποφευχθεί ένα τυχόν υπέρογκο κόστος εκτροπής ενός πλοίου ή αεροσκάφους (ιδιαίτερα σε χώρες με εδαφικές ιδιαιτερότητες νησιωτικού συμπλέγματος, όπου διακομιδές ασθενών απαιτούν χρήση εναέριων μέσων, όπως ελικοπτέρου).



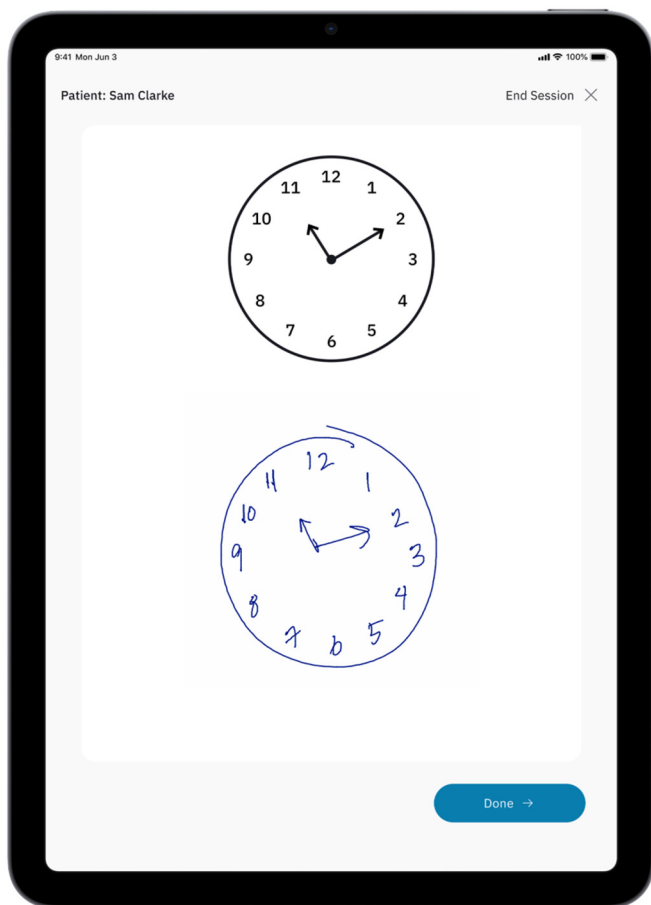
Εικόνα 2.11 – MedWand Remote Clinic
Πηγή: <https://www.medwandsales.com/products>

2.1.7 Η πλατφόρμα εγκεφαλικής υγείας Linus Health

Το Linus Health [34] αποτελεί μια διαδικτυακή πλατφόρμα που βοηθά τους χρήστες να διατηρήσουν ή και να βελτιώσουν την υγεία του εγκεφάλου τους, καθώς αναπτύσσει εργαλεία προσυμπτωματικού ελέγχου για τη διάγνωση της άνοιας και της νόσου του Alzheimer. Πρόκειται για μια εταιρεία εγκεφαλικής υγείας, ιδρυθείσα το 2019, που συνδυάζει την τελευταία λέξη της επιστήμης και της τεχνολογίας, καθιστώντας την εγκεφαλική υγεία και φροντίδα πιο προσβάσιμη για το ευρύ κοινό. Προσφέρει μη επεμβατική και χρονικά αποδοτική μέθοδο αξιολόγησης της γνωστικής υγείας, συμπεριλαμβανομένης της ανίχνευσης γνωστικής εξασθένησης, πριν την εμφάνιση συμπτωμάτων.

Αυτό επιτυγχάνεται με την διάσπαση διάφορων ήδη κλασικών και καθιερωμένων νευροψυχολογικών αξιολογήσεων σε στοχευμένα τεστ (τύπου gamification), κατά τη διεξαγωγή των οποίων, η συμπεριφορά του χρήστη αναλύεται σε διακριτά εγκεφαλικά σήματα, τα οποία φιλτράρονται από μηχανισμούς μηχανικής εκμάθησης - Machine Learning (ML). Στη συνέχεια, τα σήματα τα οποία κρίθηκαν σημαντικά, αξιολογούνται από αλγορίθμους τεχνητής νοημοσύνης, καθ' ον χρόνο ο χρήστης διενεργεί τα τεστ αυτά, και τα αποτελέσματα αντιστοιχίζονται σε εγκεφαλική δραστηριότητα. Συνεπώς, γίνεται ανάλυση του τρόπου λειτουργίας του εγκεφάλου του χρήστη, και όταν διαπιστώνεται κάποια ανωμαλία, ή δυσλειτουργία, αυτή γίνεται αντιληπτή πριν εξελιχθεί σε πιο σοβαρή κατάσταση. Σε περίπτωση εύρεσης προβλημάτων, η πλατφόρμα προχωρά σε επιστημονικά άρτιες προτάσεις σχετικά με το ποιες δράσεις θα πρέπει να ακολουθηθούν από τον εξεταζόμενο, προκειμένου να ανακουφίσει ή να παρακολουθήσει την κατάστασή του.

Τα συμβατικά γνωστικά τεστ με στυλό και χαρτί, (όπως το κλασικό Clock Drawing Test) είναι χρονοβόρα και έχουν περιορισμένη ευαισθησία στην ανίχνευση της νόσου πριν παρουσιάσει μεγαλύτερο αντίκτυπο στη μνήμη, τη γλώσσα ή οδηγήσει στην εκδήλωση οπτικοχωρικών προβλημάτων. Επίσης, οι Τομογραφίες Εκπομπής Ποζιτρονίων – Positron Emission Tomography (PET) που μπορούν να αναγνωρίσουν τους βιοδείκτες που απαιτούνται για την ανίχνευση του Alzheimer, είναι δαπανηρές και συχνά απρόσιτες σε ασθενείς σε πολλά κλινικά περιβάλλοντα. Όμως, το DCTclock™ της Linus Health που αποκτήθηκε το 2020 και είναι βασισμένο στη θεμελιώδη εργασία των ιδρυτών της Digital Cognition Technology (DCT) Dr. Dana Penney από την



Εικόνα 2.12 – Linus Health, DCTclock™
Πηγή: <https://linushealth.com/healthcare-delivery>

Beth Israel Lahey Health και του Dr. Randall Davis από το Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης (MIT), οι οποίοι επινόησαν και ανέπτυξαν το αρχικό τεστ σχεδίασης ψηφιακού ρολογιού ξεκινώντας το 2005, και το οποίο μπορεί να διενεργηθεί με τη χρήση smartphone, αποδείχτηκε ότι:

- Επιτρέπει την απλή με ακρίβεια ανίχνευση της γνωστικής εξασθένησης και της νόσου του Alzheimer, και
- Πραγματοποιεί διάκριση μεταξύ των φαινοτύπων της νόσου του Parkinson και παρουσιάζει μεγαλύτερη ευαισθησία ανίχνευσης από τις παραδοσιακές μεθόδους.

Μία μελέτη στη Νευρολογία από ερευνητές στο Γενικό Νοσοκομείο της

Μασαχουσέτης, [35], αποκάλυψε ότι το συγκεκριμένο αυτό, ψηφιακό τεστ ήταν αποτελεσματικό στον εντοπισμό της αρχής της παθολογίας της νόσου του Alzheimer και μάλιστα σε γνωστικά φυσιολογικά άτομα, που δεν παρουσιάζουν συμπτώματα: 300 συμμετέχοντες από το εργαστήριο Μελέτης Γήρανσης Εγκεφάλου του Χάρβαρντ και το εργαστήριο PET στο Γενικό Νοσοκομείο της Μασαχουσέτης υποβλήθηκαν στο DCTclock Test, καθώς επίσης και στις τυπικές νευροψυχολογικές αξιολογήσεις, συμπεριλαμβανομένου του Προκλινικού Γνωστικού Σύνθετου Alzheimer (PACC) και της απεικόνισης αμυλοειδούς και tau (PET). Οι πλάκες βήτα αμυλοειδούς που σχετίζονται με τη νόσο του Alzheimer μπορούν να εμφανιστούν στον εγκέφαλο ήδη από 15 έως 20 χρόνια πριν εκδηλωθούν τα κλινικά συμπτώματα. Από τους 264 “κλινικά φυσιολογικούς” συμμετέχοντες, οι 143 παρουσίαζαν απεικόνιση αμυλοειδούς και Tau (PET) [Κλινική Βαθμολογία Άνοιας – CDR=0]. Επιπλέον 36 συμμετέχοντες με διάγνωση ήπιας γνωστικής εξασθένησης ή πρώιμης άνοιας τύπου Alzheimer [CDR=0,5] προστέθηκαν για την αξιολόγηση της διαγνωστικής

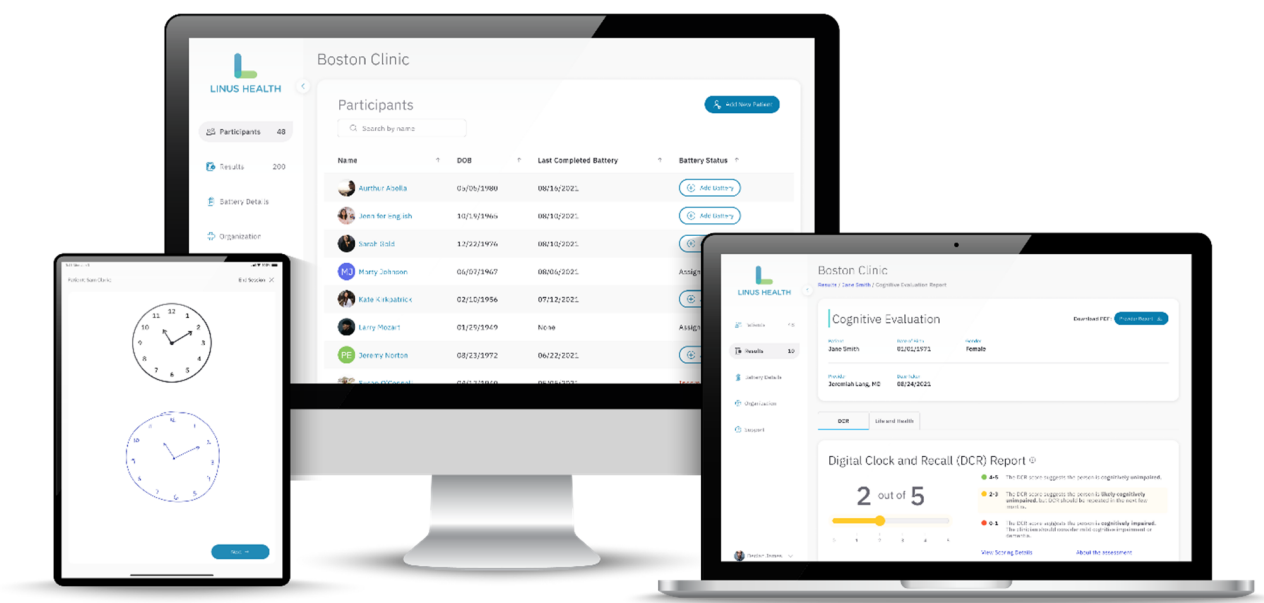
δυνατότητας διάκρισης. Το DCTclock έδειξε εξαιρετική διάκριση μεταξύ των διαγνωστικών ομάδων της περιοχής κάτω από τη χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας του δείκτη [0,86].

Το επιστημονικό περιοδικό του οργανισμού “Parkinsonism & Related Disorders” δημοσίευσε μια μελέτη -[36]- στην οποία το DCTclock βρέθηκε να έχει μεγαλύτερη ευαισθησία στην ανίχνευση της νόσου του Πάρκινσον σε υγιή άτομα ελέγχου σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους: 75 περιπτώσεις αρχικού σταδίου νόσου Parkinson (PD) (24 με GBA-PD, 23 με LRRK2-PD, και 28 με ιδιοπαθή PD) και 59 υγιή άτομα συμμετείχαν σε διάφορες διαγνωστικές διαδικασίες όπως το Montreal Cognitive Assessment (MoCA), το Color Trails Test (CTT) και το DCTclock™. Η μελέτη κατέληξε στο ότι το τελευταίο έκανε την πιο επιτυχημένη διάκριση.

Σε μια επιπλέον μελέτη που δημοσιεύτηκε στο “Journal of Parkinson's Disease”, [37], οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι το τεστ “Ψηφιακό Ρολόι” μπορούσε να διακρίνει μεταξύ των γνωστικών φαινοτύπων της νόσου του Parkinson: 230 συμμετέχοντες, εκ των οποίων οι 115 ήταν υγιείς, ενώ από τους υπόλοιπους 115 με Parkinson, οι 25 ήταν “PD low executive” (PDExe), οι 34 “PD low memory” (PDMem), και οι 56 “PD cognitively well” (PDWell) εξετάστηκαν ως προς τον συνολικό χρόνο ολοκλήρωσης (TCT), τη λανθάνουσα κατάσταση πριν από την πρώτη γραμμή σχεδίασης (πινελιά) (PFHL), τη λανθάνουσα κατάσταση μετά το σχεδιασμό του ρολογιού (PCFL), τη συνολική επιφάνεια του ρολογιού που σχεδίασαν (TCFA) και τον αριθμό των συνολικών γραμμών (πινελιών). Συνοπτικά, εντοπίστηκε υψηλότερη συσχέτιση της διάγνωσης του Parkinson όταν το ρολόι σχεδιάζοταν πιο αργά και με λιγότερες γραμμές (πινελιές), σε σύγκριση με ένα μεγάλο σχέδιο ρολογιού, που είχε χαμηλότερο ρυθμό διάγνωσης της νόσου αυτής. Όσον αφορά τους γνωστικούς τύπους της νόσου, η πιο αργή απόδοση (TCT, PFCL) και η μικρότερη πρόσοψη του σχεδιασμένου ρολογιού συσχετίστηκαν με υψηλότερες πιθανότητες να είναι τύπου PDExe σε σχέση με PDWell, ενώ οι μεγαλύτερες όψεις ρολογιού σχετίζονται με υψηλότερες πιθανότητες να είναι PDMem, παρά PDWell. Μεγαλύτερη διάρκεια σχεδίασης, περισσότερες πινελιές (εντολές) και μικρότερα ρολόγια (εντολές), σχετίζονται με υψηλότερες πιθανότητες να είναι κανείς PDExe αντί PDWell.

Αξίζει να σημειωθεί πως ακόμη και μετά την εμφάνιση συμπτωμάτων, η διάγνωση της νόσου Αλτσχάιμερ και της ήπιας γνωστικής εξασθένησης καθυστερεί ή παραλείπεται σε σχεδόν 2 στις 3 περιπτώσεις παγκοσμίως [38]. Η καθυστερημένη ή μη διάγνωση σχετίζεται με αυξημένους κινδύνους για την ασφάλεια, υψηλότερα ποσοστά νοσηλείας, μειωμένο ποσοστό επιβίωσης και αυξημένο φόρτο του φροντιστή [39], [40]. Η έγκαιρη ανίχνευση και παρέμβαση, ιδιαίτερα κατά τη

διάρκεια του παραθύρου ευκαιρίας πριν από την εξέλιξη της νόσου, μπορεί να βελτιώσει τα αποτελέσματα [40], [41]. Από τις μελέτες που παρουσιάστηκαν, προκύπτει ότι με το DCTclock™ διάφορες μορφές νευροεκφυλισμού, όπως το Αλτσχάιμερ και το Πάρκινσον, μπορούν να εντοπιστούν έγκαιρα και να παρατηρηθούν με την πάροδο του χρόνου, γεγονός που επιτρέπει τη θεραπεία να ξεκινήσει στον βέλτιστο χρόνο και τα αποτελέσματά της να μετρηθούν στην πορεία της, συμβάλλοντας στην προσπάθεια που γίνεται να εξισορροπηθεί η διάρκεια ζωής των ανθρώπων με τη διάρκεια εγκεφαλικής τους υγείας.



Εικόνα 2.13 – Linus Health, Integrated brain health solution
Πηγή: <https://linushealth.com/platform>

Τέτοιες τεχνολογίες, που εξοικονομούν χρόνο και εξορθολογίζουν τις ροές εργασίας, μπορούν επίσης να μειώσουν τον διοικητικό φόρτο των νοσοκομείων, καθώς με το Linus, το προσωπικό μπορεί να ρυθμίσει έναν ασθενή ή να κάνει μια γνωστική αξιολόγηση σε λιγότερο από ένα λεπτό. Οι ασθενείς είναι σε θέση να ολοκληρώσουν την αξιολόγηση μόνοι τους χρησιμοποιώντας tablet και ψηφιακό μολύβι (γραφίδα). Τα αποτελέσματα βαθμολογούνται αυτόματα και διατίθενται αμέσως στο Linus Portal για έλεγχο από τον κλινικό ιατρό.

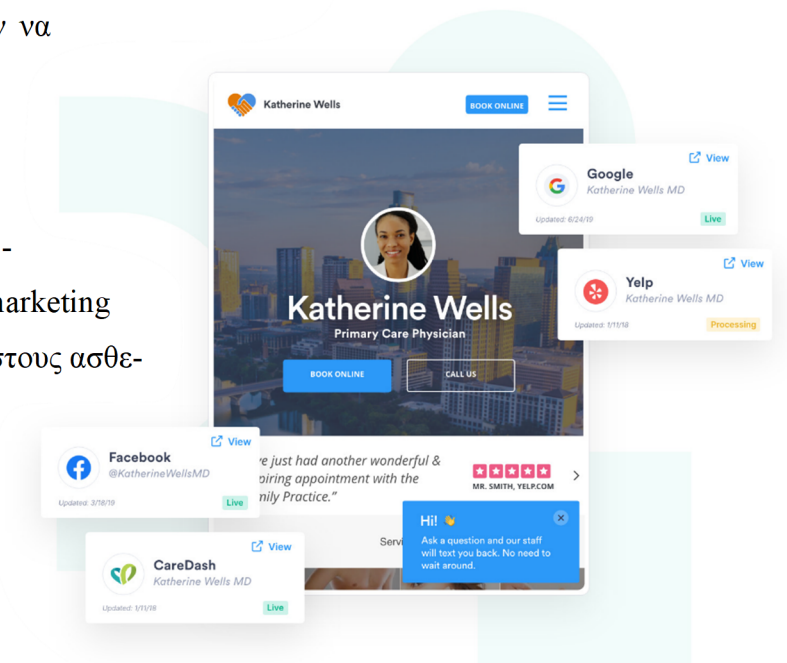
Το DCTclock™ της Linus Health, έχει καταχωρηθεί ως Ιατρική Συσκευή κατηγορίας II από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) για γνωστική αξιολόγηση που μπορεί να πραγματοποιηθεί εύκολα, με χαμηλότερο κόστος και σε λιγότερο χρόνο από τις παραδοσιακές μεθόδους. Περιλαμβάνεται επίσης στη λίστα του περιοδικού “Time”, με τις 100 καλύτερες εφευρέσεις του 2021.

2.1.8 Η startup, marketing πλατφόρμα PatientPop

Η εν λόγω online πλατφόρμα, [42], που ιδρύθηκε το 2014, απευθύνεται κυρίως σε παρόχους υγειονομικής περίθαλψης, βοηθώντας τους να αναπτύξουν την πρακτική τους και να προσελκύσουν περισσότερους ασθενείς. Πρόκειται περί είδους ψηφιακής προώθησης (marketing) που στοχεύει κυρίως στη διευκόλυνση των νέων (και όχι μόνο) ιατρών, επιτρέποντάς τους να εστιάσουν σε μεγαλύτερο βαθμό στην εξέλιξη της ιατρικής πρακτικής τους, αφού αναλαμβάνει την κάλυψη διαδικαστικών ενεργειών, που όμως είναι απαραίτητες για τη διεύρυνση ή συντήρηση του πελατολογίου καθώς και για την επαγγελματική προώθηση του λειτουργού-χρήστη.

Με την PatientPop, οι ιατροί μπορούν να δημιουργήσουν μια βελτιστοποιημένη παρουσία στο διαδίκτυο που θα διευκολύνει τους πιθανούς ασθενείς να ανακαλύψουν τις υπηρεσίες τους, αλλά και να διενεργήσουν αυτοματοποιημένες καμπάνιες marketing μέσω (ενδεικτικά) e-mail. Επιτρέπει, έτσι, στους ασθενείς να προγραμματίζουν εύκολα ραντεβού με γιατρούς από περισσότερους από 50 ιστοτόπους, συμπεριλαμβανομένων social media, αλλά και διαδικτυακών καταλόγων. Έπειτα, αποστέλλονται αυτόματες ειδοποιήσεις για υπενθύμιση ραντεβού με δυνατότητα, επίσης, επαναπρογραμματισμού σε μεταγενέστερη ημερομηνία μέσω της πύλης ασθενών της PatientPop.

Στο μεταξύ οι ιατροί είναι σε θέση να επισκοπούν την ψηφιακή εγγραφή των ασθενών ώστε να εξορθολογίζουν τη διαδικασία πρόσληψής τους. Το αποτέλεσμα είναι μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα που προσφέρει στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης όλα όσα χρειάζονται, τόσο για την εμπορία των υπηρεσιών τους, όσο και για την ψηφιοποίηση/αυτοματοποίηση μη αποδοτικών και πρότερα χειρωνακτικών διαδικασιών.



Εικόνα 2.14 – PatientPop, Social Media Management
Πηγή: <https://www.patientpop.com/attract-more-patients/website-seo/>

Πιο συγκεκριμένα και αναλυτικά, η PatientPop εξυπηρετεί τους λειτουργούς υγείας με τους εξής τρόπους:

- Συντελεί στην ανακάλυψη των υπηρεσιών τους από την πλευρά των ασθενών μέσω προώθησης στα αποτελέσματα των μηχανών αναζήτησης (με αντίστοιχες “ετικέτες”, ώστε να διασφαλιστεί η προσοχή του ιστοτόπου του ιατρού από το πιθανό κοινό του), βελτιστοποιημένων διαδικτυακών προφίλ, προσαρμοσμένων ιστοτόπων (που λειτουργούν σωστά ανεξαρτήτως συσκευής – desktop, smartphone, tablet, αλλά και είναι δυνατό να αναβαθμίζονται όσον αφορά το περιεχόμενό τους από τον ίδιο τον ιατρό), και ενημέρωσης των προφίλ σε παρόχους και τους τοπικούς καταλόγους υγειονομικής περιθάλψης.

- Παρέχει δυνατότητα προγραμματισμού επισκέψεων με ηλεκτρονικό τρόπο είτε από τον ιστότοπο του ιατρού είτε μέσω social media, μηχανών αναζήτησης και online καταλόγων, με βελτιστοποιήσεις στην ευκολία κράτησης, και απρόσκοπτη ενσωμάτωση με το Ηλεκτρονικό Μητρώο Υγείας του ασθενούς. Πρόκειται για δυναμικές, πλήρως προσαρμόσιμες φόρμες που είναι δυνατό να συσχετιστούν με μια συγκεκριμένη περίπτωση χρήσης και να συμπληρωθούν από τους ασθενείς online, από οποιαδήποτε συσκευή, πριν από το ραντεβού τους, ενώ ταυτόχρονα η από άκρη-σε-άκρη κρυπτογρά-



Εικόνα 2.15 – PatientPop, Insights

Πηγή: <https://www.patientpop.com/automate-front-office/practice-growth-dashboard/>

φηση, συνεπάγεται προστασία των προσωπικών στοιχείων τους.

- Βελτιστοποιεί τη ροή εργασιών του ραντεβού με την εξάλειψη των μη αυτόματων, επαναληπτικών εργασιών, καθώς αναλαμβάνει υπενθυμίσεις ασθενών μέσω κειμένου ή e-mail, προσφέρει δυνατότητα εύκολου επαναπρογραμματισμού μέσω πύλης ασθενών που διαθέτει, παρέχει συμπληρωματικές έρευνες ικανοποίησης κατόπιν της επίσκεψης, αλλά και δυνατότητα βιντεοκλήσεων τηλε-υγείας. Σύμφωνα, μάλιστα με δεδομένα έρευνας της PatientPop που πραγματοποιήθηκε το 2021, [43], το 79% των ασθενών προτιμούν την τηλε-υγεία για μια μελλοντική επίσκεψη.

- Υποστηρίζει τη δημιουργία και αποστολή online τιμολογίων, ώστε οι ασθενείς να έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιούν διαδικτυακές πληρωμές, με προτροπή να πληρώσουν μέσω e-mail ή κειμένου. Επίσης διαθέτει πίνακα ελέγχου, όπου και μπορούν να προβληθούν τα συνολικά έσοδα και τα εκκρεμή τιμολόγια για τον ιατρό ή την ομάδα του.

- Επιτρέπει την παρακολούθηση των βασικών μετρήσεων απόδοσης μέσω του πίνακα εργαλείων της ανάπτυξης πρακτικής τους. Εκεί είναι δυνατή η πρόσβαση στις κατατάξεις των αποτελεσμάτων αναζήτησης του ιστοτόπου, τις πληροφορίες για τη φήμη στο διαδίκτυο και τον αριθμό των πρόσφατα προγραμματισμένων ραντεβού σε πραγματικό χρόνο.

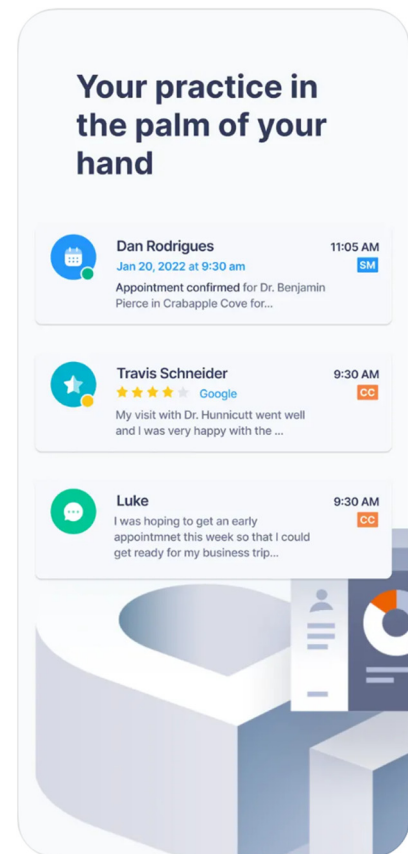
- Αναλαμβάνει τη διαχείριση της φήμης τους στο διαδίκτυο, καθώς πραγματοποιεί αυτοματοποιημένες έρευνες ικανοποίησης των ασθενών-επισκεπτών, που οδηγούν σε διαδικτυακές κριτικές και δυνατότητα σχολιασμού των αποτελεσμάτων, οι οποίες και δρομολογούνται σε ποικίλους ιστοτόπους, και το αποτέλεσμα των οποίων ενσωματώνεται στο μητρώο των λειτουργών υγείας. Η σημασία αυτής της παροχής, έγκειται στο ότι οι κριτικές αποτελούν καίριο παράγοντα λήψης απόφασης για ασθενείς που αναζητούν νέο γιατρό.

- Συμβάλλει στην επιστροφή των ασθενών στο ιατρείο, καθώς πραγματοποιεί εκστρατεία marketing μέσω e-mail, διαθέτει τρόπους αμφίδρομης ενδοεπικοινωνίας ιατρών-ασθενών μέσω μηνυμάτων, και καταμετρά στοιχεία επίδοσης, που οδηγούν σε υπολογίσιμες μελλοντικές προβλέψεις ή εκτίμηση αναμενόμενης επισκεψιμότητας στο χώρο άσκησης υπηρεσιών υγείας.

Αξίζει, τέλος να σημειωθεί και η ύπαρξη της εφαρμογής “PatientPop” [44] για συσκευές iOS και

Android, ώστε να είναι δυνατό να παρακολουθηθούν όλα τα στοιχεία των παραπάνω εργαλείων, συμπεριλαμβανομένων ραντεβού, κριτικών, μηνυμάτων, βιντεοκλήσεων, πληρωμών, ελέγχου απόδοσης, κ.ά., εύκολα και άμεσα, από το κινητό του ιατρού.

Έχοντας συντελέσει σε περισσότερες από 45 εκατομμύρια αιτήσεις κλεισίματος ραντεβού από την αρχή της λειτουργίας της, και βοηθώντας πολλά κέντρα παροχής υπηρεσιών υγείας (ή και μεμονωμένους λειτουργούς υγείας) να αυξήσουν σημαντικά τον όγκο διαδικτυακής απήχησης και



Εικόνα 2.16 – PatientPop, iOS Notification Screen
Πηγή: <https://apps.apple.com/us/app/patientpop/id1548831995>

κλεισμένων επισκέψεων, η βραβευμένη PatientPop, τοποθετεί τον εαυτό της ως τη μόνη ολοκληρωμένη πλατφόρμα στο κομμάτι της ανάπτυξης πρακτικής στην υγειονομική περίθαλψη.

2.1.9 Η πλατφόρμα AI διάγνωσης Paige

Η Paige [45] αποτελεί πλατφόρμα ενίσχυσης ψηφιακών διαγνώσεων με τη δύναμη της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) – Artificial Intelligence (AI). Πρόκειται για εταιρεία ψηφιακής υγειονομικής περίθαλψης που διευκολύνει τους ασθενείς και τις ομάδες ιατρικής φροντίδας να λάβουν αποτελεσματικές αποφάσεις θεραπείας, μέσω της ανάπτυξης προϊόντων υπολογιστικής παθολογίας. Από το 2017, όπου και ιδρύθηκε, η Paige αναπτύσσει πρωτοποριακές εφαρμογές AI και μία ισχυρή πλατφόρμα ώστε να εγκαθιδρύσει την αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης σε (ιατρικά) εργαστήρια, στην υπηρεσία των παθολόγων. Συνδυάζει την τεχνολογία που έχει αναπτύξει στον τομέα της υπολογιστικής παθολογίας με δεδομένα από εκατομμύρια ψηφιοποιημένες γυάλινες διαφάνειες (slides) και αντίστοιχες αναφορές παθολογίας, και είναι σε θέση να αναγνωρίζει μοτίβα ιστών που είναι δύσκολο να τύχουν αναγνώρισης με τις συμβατικές μεθόδους.

Με το πρόγραμμα προβολής FullFocus® και τον ψηφιακό διαχειριστή περιπτώσεων, που ενσωματώνεται πλήρως με το σύστημα πληροφοριών του εργαστηρίου (LIS), οι παθολόγοι διευκολύνονται με να έχουν πρόσβαση σε εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης ιστών. Συνεπώς, βελτιώνεται η ροή εργασιών της ρουτίνας διαγνωστικών μέσω της ψηφιοποίησης και της AI “διαίσθησης” από τις εικόνες-εισόδους, ώστε να ενισχυθούν οι δύσκολες αποφάσεις που καλούνται να πάρουν σε καθημερινή βάση.

Πιο συγκεκριμένα, το FullFocus® προσφέρει:

- Online σύστημα απομακρυσμένης (ή και τοπικής) προβολής αποθηκευμένων ψηφιακών slides.
- Συμβατότητα με τα περισσότερα ήδη υπάρχοντα διαγνωστικά scanner, τις συνήθεις μορφές αρχείων και τα LIS συστήματα.



Εικόνα 2.17 – Paige FullFocus®
Πηγή: <https://paige.ai/clinical/>

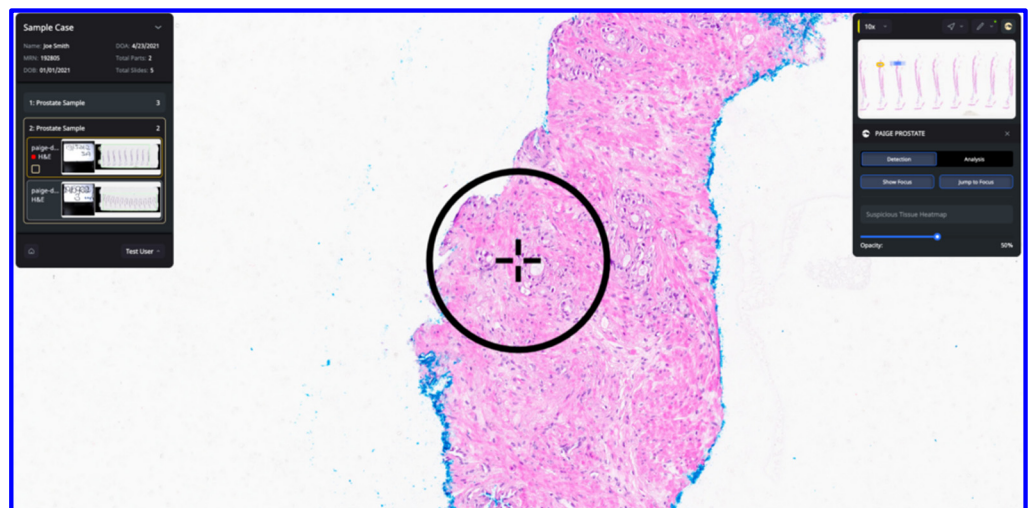
- Δυνατότητα οργάνωσης, ταξινόμησης και φιλτραρίσματος περιπτώσεων μελέτης .

• Εργαλεία AI για on-demand ανασκόπηση ψηφιακών διαφανειών και οπτικοποίηση για ιεράρχηση και υποστήριξη αναφοράς περιπτώσεων, χωρίς χρονοκαθυστέρηση για τα αποτελέσματα της AI διάγνωσης, καθώς αυτή τρέχει ήδη πριν ανοιχτεί το αρχείο.

Η δεσμίδα εργαλείων διάγνωσης προστάτη Paige Prostate Suite υποβοηθά τους παθολόγους, μέσω τεχνητής νοημοσύνης, στην ανίχνευση ύποπτων εστιών, την ταξινόμηση και την ποσοτικοποίηση του ιστού και την ένδειξη περινευρικής εισβολής (PNI) σε δείγματα βιοψίας πυρήνα βελόνας από τον ιστό του προστάτη.

Στην Prostate Suite περιλαμβάνονται:

- Το Paige Prostate Detect, που αποτελεί το πρώτο AI (TN) υποβοηθούμενο εργαλείο παθολογίας για πραγματοποίηση ιστολογικής διάγνωσης που πήρε έγκριση FDA, και βοηθά τους παθολόγους ως προς την ανί-



Εικόνα 2.18 – Paige Prostate Suite
 Πηγή: <https://paige.ai/clinical/#prostate>

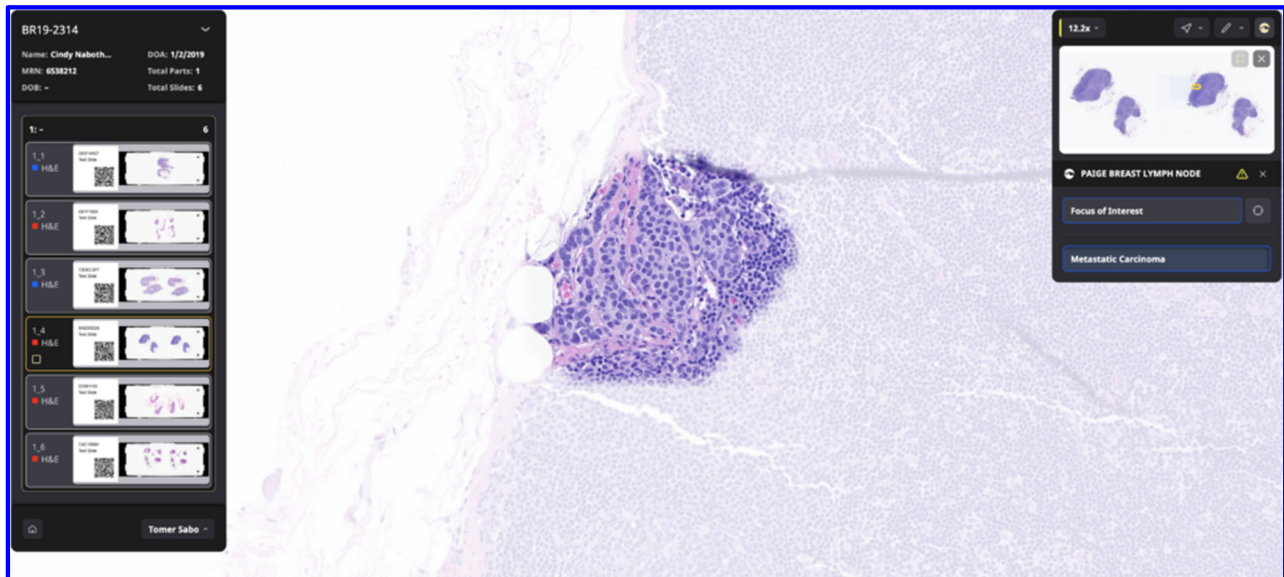
χνευση εστιών που είναι ύποπτες για καρκίνο κατά τη διάρκεια της ανασκόπησης σαρωμένων εικόνων ολόκληρων διαφανειών (WSI) από βιοψίες προστάτη με βελόνα, οι οποίες παρασκευάζονται από ιστό ενσωματωμένο σε παραφίνη (FFPE) που έχει χρωματιστεί με αιματοξυλίνη και ηωσίνη (H&E). Το Paige Prostate Detect ανιχνεύει μια περιοχή ενδιαφέροντος με την υψηλότερη πιθανότητα να φιλοξενήσει καρκίνο για περαιτέρω εξέταση από τον παθολόγο.

- Ο χάρτης ιστού της Paige, που υπογραμμίζει περιοχές ύποπτες για καρκίνο και τις κατηγοριοποιεί με βάση το πρότυπο Gleason για να βοηθήσει τους παθολόγους να αξιολογήσουν τις τιμές για το συνολικό ποσοστό όγκου και το μήκος του όγκου. Τα ποσοστά και οι θέσεις των μοτίβων Gleason σε μια διαφάνεια εμφανίζονται εύκολα με ένα μόνο κλικ, με στόχο την απλή και αποτελεσματική απεικόνιση. Αυτή η εφαρμογή στοχεύει στο να μειώσει τη μεταβλητότητα μεταξύ και

εντός των παρατηρητών, βοηθώντας τους παθολόγους να τυποποιήσουν την προσέγγισή τους στη βαθμολόγηση του καρκίνου του προστάτη.

- Η εφαρμογή Paige Prostate Perineural Invasion (PNI), η οποία βοηθά τους παθολόγους να εντοπίσουν την παρουσία ύποπτων εστιών γύρω από τις νευρικές ίνες εντός του προστάτη για γρήγορη ανίχνευση PNI σε βιοψίες (προστάτη). Συνδυαζόμενη με την ανίχνευση, τον βαθμό Gleason και το ποσοστό όγκου, η PNI μπορεί να συντελέσει σε πιο σίγουρη διάγνωση.

Η δεσμίδα εργαλείων Paige Breast είναι μια σουίτα εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης που δημιουργήθηκε για να βοηθήσει τους παθολόγους στην αξιολόγηση του καρκίνου του μαστού, παρέχοντας ανίχνευση καρκίνου σε βιοψίες μαστού αλλά και μεταστάσεων σε λεμφαδένες του μαστού.



Εικόνα 2.19 – Paige Breast Suite
Πηγή: <https://paige.ai/clinical/#prostate>

- Το Paige Breast αποτελεί σύμμαχο όσον αφορά την ανίχνευση προκακοήθων και κακοήθων νεοπλασμάτων ώστε να επιστήσει την προσοχή σε τέτοιες περιοχές στη διαφάνεια και να επιτρέπει στους λειτουργούς υγείας να εντοπίζουν με σιγουριά μικρές εστίες καρκίνου που μπορούν εύκολα να “χαθούν”.

- Το Paige Breast Lymph Node υποβοηθά στην ανίχνευση μεταστάσεων σε διαφάνειες λεμφαδένων καρκίνου του μαστού, καθοδηγώντας τους παθολόγους σε περιοχές ύποπτες για μεταστάσεις, και άρα βελτιώνοντας τη διαγνωστική εμπιστοσύνη. Έχει ευαισθησία άνω του 98%.

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε το 2021, [46], το Paige Prostate Detect είχε σχεδόν 100% ευαισθησία και 100% αρνητική προγνωστική αξία σε επίπεδο ασθενούς με μειωμένο χρόνο έως

τη διάγνωση κατά 65%, ενώ σε άλλη μελέτη που υποβλήθηκε στον FDA και οδήγησε (όπως προαναφέρθηκε) στην πρώτη ιστορικά έγκριση για AI εφαρμογή στον τομέα της παθολογίας, το Paige Prostate Detect έδειξε ότι βελτιώνει σημαντικά την ευαισθησία και την ειδικότητα της διάγνωσης του καρκίνου του προστάτη με μέση μείωση 70% στις ψευδώς αρνητικές διαγνώσεις.

Σε μία επιπλέον μελέτη περίπτωσης (case-study), η Weill Cornell Medicine είχε τρεις εκπαιδευμένους παθολόγους του ουροποιογεννητικού συστήματος (GU) που επανεξέτασαν 210 ταυτοποιημένες περιπτώσεις βιοψίας προστάτη. Στόχος ήταν να αξιολογηθεί εάν η ανασκόπηση της τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να μειώσει την υποδιάγνωση και να βελτιώσει την ποιότητα, και κατέληξαν στα εξής:

- Η χρήση AI, κατόπιν της αποσύνδεσης του ιατρού, εντόπισε ένα ψευδώς αρνητικό αποτέλεσμα
- 6 από τις 210 υποθέσεις επισημάνθηκαν για επανεξέταση, βελτιώνοντας τη διαδικασία διασφάλισης ποιότητας
- Το Paige Prostate παρείχε 100% ευαισθησία

Η πλατφόρμα χρησιμοποιεί εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης που βελτιώνουν τον μοριακό χαρακτηρισμό του καρκίνου από δείγματα ιστών, και συνεργάζεται με φαρμακευτικές εταιρείες ώστε να δημιουργηθούν νέοι προγνωστικοί βιοδείκτες και βιοδείκτες πρόβλεψης, στοχεύοντας στην αποδοτική αντιστοίχιση των ασθενών με κλινικές δοκιμές ή θεραπείες. Διαθέτει ένα από τα μεγαλύτερα σύνολα δεδομένων (datasets) που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη λογισμικού τεχνητής νοημοσύνης, οπλίζοντας τη φαρέτρα της με περισσότερες από 4 εκατομμύρια εικόνες, εκ των οποίων κάθε AI μοντέλο που χτίζεται, χρησιμοποιεί πάνω από 10.000. Συνεργάζεται με περισσότερα από 1.000 εργαστήρια και ιδρύματα σε 45 χώρες όπου και το σύστημα αυτό έχει χρησιμοποιηθεί σε περισσότερους από 15.000 ασθενείς, ενώ τα σχετικά αρχεία και τα datasets εκτείνονται σε όγκο ~ 2,5 Petabytes.

Κεφάλαιο 3. Υλοποίηση Διεπαφής για Υποστήριξη Φορέων Υγείας

Όπως προαναφέρθηκε, σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η δημιουργία ενός πρωτολειού πλαισίου διαδικτυακής πλατφόρμας στο χώρο της υγείας. Πρόκειται περί μίας απλοποιημένης ιδέας (concept) ενός λογισμικού βασισμένου σε πρόγραμμα πλοήγησης στο διαδίκτυο (browser-based), το οποίο συνδέει λειτουργούς υγείας (ιατρούς ή ιδρύματα που δραστηριοποιούνται στο γενικότερο χώρο της υγείας) με φορείς, βάσεις δεδομένων ή εργαλεία υγειονομικού ενδιαφέροντος. Στην προκειμένη περίπτωση, καθώς δεν ήταν δυνατή η πρόσβαση σε σχετικές, εξειδικευμένες πηγές (όπως βάσεις δεδομένων ιστορικού υγείας ασθενών του υπουργείου υγείας ή και ιδιωτικών ιδρυμάτων υγείας, σχετικής νομοθεσίας, φαρμάκων, ή και άλλες βάσεις – πηγές μελέτης για θέματα ιατρικής, νοσηλευτικής ή βιοφαρμακευτικής, όπως, για παράδειγμα, είναι η CINAHL [47]), η εκμείωση των αποτελεσμάτων, καθώς θα δούμε στη συνέχεια, πραγματοποιείται από διεπαφές και βάσεις δεδομένων ανοιχτές στο ευρύ κοινό.

Ενδεικτικά, εντάχθηκαν:

- Η πλατφόρμα News API [48], ένα REST (REpresentational State Transfer) API (Application Programming Interface) που επιστρέφει αποτελέσματα αναζήτησης για τρέχοντα και ιστορικά άρθρα ειδήσεων που δημοσιεύονται από περισσότερες από 80.000 παγκόσμιες πηγές, και
- Η PubMed [49], που περιλαμβάνει περισσότερες από 34 εκατομμύρια παραπομπές για βιοϊατρική βιβλιογραφία από το MEDLINE – τη βιβλιογραφική βάση δεδομένων του NLM (National Library of Medicine) –, περιοδικά επιστήμης και ηλεκτρονικά βιβλία. Συγκεκριμένα, για την εξαγωγή δεδομένων από την PubMed, αξιοποιήθηκε το online API Entrez Programming Utilities (E-utilities) [50] του NCBI (National Center for Biotechnology Information) που επιτρέπει την πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων του οργανισμού, (συμπεριλαμβανομένης και της PubMed), που χρησιμοποιήθηκε, όπως θα δούμε σε επόμενη ενότητα, στον κώδικα της εφαρμογής.

3.1 Περιγραφή της ανάγκης και της λύσης του προβλήματος

3.1.1 Το REST API

Ο στόχος της εφαρμογής είναι να διασυνδεθεί με απομακρυσμένες βάσεις και συστήματα δεδομένων μέσω προγραμματιστικών κλήσεων σε απομακρυσμένο REST API και να αντλήσει δεδομένα, τα οποία και σε επόμενο χρόνο θα παρουσιάσει στο χρήστη. Υπάρχει, συνεπώς, ένα

υλοποιημένο σύστημα, απομακρυσμένα, και με κάποιον “stateless” τρόπο, δηλαδή τέτοιον ώστε το σύνολο των αιτημάτων HTTP να πραγματοποιούνται σε πλήρη απομόνωση, – το REST (REpresentational State Transfer) –, είναι δυνατή η επικοινωνία με τα αντίστοιχα APIs.

Κατόπιν συνδυασμού πληροφοριών που έχει αναρτήσει στην ιστοσελίδα της η Red Hat, Inc. [51], θυγατρική της IBM [52], η οποία παρέχει προϊόντα λογισμικού ανοιχτού κώδικα σε επιχειρήσεις, αλλά και που πλέον δραστηριοποιείται και σε τομείς όπως την υβριδική υποδομή cloud, το ενδιάμεσο λογισμικό, την ευέλικτη ενοποίηση, την ανάπτυξη εφαρμογών στο cloud και τις λύσεις διαχείρισης και αυτοματισμού:

Με τον όρο API (Application Programming Interface), αναφερόμαστε σε μια διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών, η οποία ορίζει τους κανόνες που πρέπει να ακολουθηθούν, προκειμένου να επιτευχθεί επικοινωνία με άλλα συστήματα λογισμικού. Οι προγραμματιστές εκθέτουν ή δημιουργούν τέτοια APIs, ώστε οι υπόλοιπες εφαρμογές να μπορούν να επικοινωνούν με τις εφαρμογές αυτών με προγραμματιστικό τρόπο. Πρακτικά πρόκειται για μια πύλη επικοινωνίας μεταξύ “πελατών” (clients) και “πόρων” (resources). Οι clients είναι οι χρήστες (κάποιο άτομο ή σύστημα λογισμικού που χρησιμοποιεί το API) που θέλουν να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες από τον ιστό, ενώ τα resources είναι οι πληροφορίες που παρέχουν διαφορετικές εφαρμογές στους πρώτους. Τέτοιοι πόροι μπορεί να είναι εικόνες, βίντεο, κείμενα, αριθμοί ή οποιοσδήποτε τύπος δεδομένων. Μεταξύ των δύο, μεσολαβούν οι εξυπηρετητές (servers), που δίνουν στους clients πρόσβαση στα resources. Τα APIs εξυπηρετούν στο διαμοιρασμό πόρων και στην παροχή υπηρεσιών Ιστού διατηρώντας παράλληλα την ασφάλεια, τον έλεγχο και τον προσδιορισμό των clients που θα έχουν πρόσβαση στα ανάλογα resources μέσω της ταυτοποίησής τους.

Το Representational State Transfer (REST) είναι μια αρχιτεκτονική λογισμικού που επιβάλλει όρους σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας ενός API. Το REST δημιουργήθηκε αρχικά ως κατευθυντήρια γραμμή για τη διαχείριση της επικοινωνίας σε ένα πολύπλοκο δίκτυο όπως το διαδίκτυο. Οι αρχιτεκτονικές που βασίζονται σε REST υποστηρίζουν υψηλής απόδοσης και με αξιοπιστία επικοινωνία σε κλίμακα. Χαρακτηρίζεται από (σχετικά) εύκολη εφαρμογή και τροποποιησιμότητα, συντελώντας στην ορατότητα και φορητότητα μεταξύ πλατφορμών σε οποιοδήποτε σύστημα API.

Τα APIs που ακολουθούν το αρχιτεκτονικό στυλ REST ονομάζονται “REST APIs” [53]. Οι υπηρεσίες Ιστού που υλοποιούν την αρχιτεκτονική REST ονομάζονται “Υπηρεσίες Ιστού RESTful”, ενώ, ορισμένες από τις αρχές του αρχιτεκτονικού στυλ REST είναι οι εξής:

- **Ομοιόμορφη Διεπαφή:** Υποδεικνύει ότι ο διακομιστής μεταφέρει πληροφορίες σε τυποποιημένη μορφή. Ο μορφοποιημένος πόρος ονομάζεται αναπαράσταση στο REST. Αυτή η μορφή μπορεί να διαφέρει από την εσωτερική αναπαράσταση του ίδιου πόρου στην εφαρμογή του διακομιστή. Για παράδειγμα, ο διακομιστής μπορεί να αποθηκεύσει δεδομένα ως κείμενο αλλά να τα στείλει σε μορφή αναπαράστασης HTML. Προκειμένου να πληρείται η προϋπόθεση της “Ομοιόμορφης Διεπαφής”, πρέπει να συμβαίνουν τα παρακάτω:

1. Τα αιτήματα πρέπει να προσδιορίζουν τους πόρους. Το κάνουν χρησιμοποιώντας ένα ενιαίο αναγνωριστικό πόρων.
2. Οι πελάτες έχουν αρκετές πληροφορίες στην αναπαράσταση πόρων για να τροποποιήσουν ή να διαγράψουν τον πόρο εάν το επιθυμούν. Ο διακομιστής πληροί αυτήν την προϋπόθεση στέλνοντας μεταδεδομένα που περιγράφουν περαιτέρω τον πόρο.
3. Οι πελάτες λαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο περαιτέρω επεξεργασίας της εκπροσώπησης. Ο διακομιστής το επιτυγχάνει αυτό στέλνοντας αυτοπεριγραφικά μηνύματα που περιέχουν μεταδεδομένα σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο ο πελάτης μπορεί να τα χρησιμοποιήσει καλύτερα.
4. Οι πελάτες λαμβάνουν πληροφορίες για όλους τους άλλους σχετικούς πόρους που χρειάζονται για να ολοκληρώσουν μια εργασία. Αυτό επιτυγχάνεται με την αποστολή υπερσυνδέσμων (από πλευράς του διακομιστή) στην αναπαράσταση, έτσι ώστε οι πελάτες να μπορούν να ανακαλύψουν δυναμικά περισσότερους πόρους.

- **Statelessness:** Ο όρος αυτός, αναφέρεται σε μέθοδο επικοινωνίας κατά την οποία ο διακομιστής ολοκληρώνει κάθε αίτημα πελάτη ανεξάρτητα από όλα τα προηγούμενα αιτήματα. Οι πελάτες μπορούν, δηλαδή, να ζητήσουν πόρους με οποιαδήποτε σειρά και κάθε αίτημα είναι “ανιθαγενές” ή απομονωμένο από άλλα αιτήματα. Αυτός ο περιορισμός σχεδίασης REST API υποδηλώνει ότι ο διακομιστής μπορεί να κατανοήσει πλήρως και να εκπληρώσει το αίτημα κάθε φορά.

- **Πολυεπίπεδο Σύστημα:** Σε μια τέτοια αρχιτεκτονική συστήματος, ο πελάτης μπορεί να συνδεθεί με άλλους εξουσιοδοτημένους “μεσάζοντες” μεταξύ του ιδίου και του διακομιστή και θα εξακολουθεί να λαμβάνει απαντήσεις από τον διακομιστή. Οι διακομιστές μπορούν επίσης να μεταβιβάσουν αιτήματα σε άλλους διακομιστές. Είναι δυνατός ο σχεδιασμός της υπηρεσίας ιστού RESTful ώστε να εκτελείται σε πολλούς διακομιστές με πολλαπλά επίπεδα, όπως ασφάλεια, εφαρμογή και επιχειρηματική λογική, συνεργαζόμενοι για την εκπλήρωση αιτημάτων πελατών. Αυτά τα επίπεδα παραμένουν αόρατα στον πελάτη.

- **Δυνατότητα Προσωρινής Αποθήκευσης:** Οι υπηρεσίες ιστού RESTful υποστηρίζουν την προσωρινή αποθήκευση (caching), η οποία είναι η διαδικασία αποθήκευσης ορισμένων απαντήσεων στον πελάτη ή σε έναν ενδιάμεσο για τη βελτίωση του χρόνου απόκρισης του διακομιστή. Προκειμένου, δηλαδή, να αποφευχθεί η επανα-φόρτωση περιεχομένου που έχει πραγματοποιηθεί στο άμεσο παρελθόν, ο πελάτης αποθηκεύει ένα μέρος της πληροφορίας μετά την πρώτη απόκριση και στη συνέχεια χρησιμοποιεί τα δεδομένα αυτά απευθείας από τη μνήμη cache. Οι υπηρεσίες ιστού RESTful ελέγχουν την προσωρινή αποθήκευση χρησιμοποιώντας αντίστοιχες αποκρίσεις API.

- **Κώδικας “κατόπιν απαίτησης” (on-demand):** Οι διακομιστές είναι σε θέση προσωρινά να επεκτείνουν ή και να προσαρμόσουν τη λειτουργικότητα του πελάτη μεταφέροντας κώδικα προγραμματισμού λογισμικού σε αυτόν.

Σύμφωνα με πληροφορίες από την ιστοσελίδα της AWS (Amazon Web Services) [54], θυγατρικής της Amazon [55] που παρέχει κατ’ απαίτηση (on-demand) υπολογιστικές cloud πλατφόρμες και APIs σε ιδιώτες, εταιρείες και κυβερνήσεις, τα οφέλη των RESTful APIs συνοψίζονται σε [56]:

- **Επεκτασιμότητα:** Τα συστήματα που εφαρμόζουν REST API μπορούν να κλιμακωθούν αποτελεσματικά επειδή το REST βελτιστοποιεί τις αλληλεπιδράσεις πελάτη-διακομιστή. Με το “statelessness” καταργείται ο φόρτος διακομιστή, καθώς δεν χρειάζεται να διατηρούνται πληροφορίες προηγούμενων αιτημάτων πελάτη. Η καλά διαχειριζόμενη, προαναφερθείσα, προσωρινή αποθήκευση εξαλείφει εν μέρει ή πλήρως ορισμένες αλληλεπιδράσεις πελάτη-διακομιστή. Τα χαρακτηριστικά αυτά υποστηρίζουν την επεκτασιμότητα χωρίς να προκαλούν προβλήματα επικοινωνίας που μειώνουν την απόδοση.

- **Ευελιξία:** Οι υπηρεσίες ιστού RESTful υποστηρίζουν τον πλήρη διαχωρισμό πελάτη-διακομιστή. Απλοποιούν και αποσυνδέουν διάφορα στοιχεία του server, έτσι ώστε κάθε τμήμα να μπορεί να εξελιχθεί ανεξάρτητα. Οι αλλαγές πλατφόρμας ή τεχνολογίας στην εφαρμογή διακομιστή δεν επηρεάζουν την εφαρμογή πελάτη. Η δυνατότητα, επίσης, στρωματοποίησης λειτουργιών εφαρμογής συντελεί ακόμη περισσότερο προς αυτήν την κατεύθυνση.

- **Ανεξαρτησία:** Τα REST APIs είναι ανεξάρτητα από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Οι εφαρμογές πελάτη και διακομιστή ενδέχεται να είναι γραμμένες σε διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού χωρίς να επηρεαστεί ο σχεδιασμός του API. Είναι δυνατό, επίσης, να μεταβληθεί η υποκείμενη τεχνολογία και από τις δύο πλευρές χωρίς να επηρεαστεί η επικοινωνία.

Σε επόμενη ενότητα θα εντοπιστούν στον κώδικα της εφαρμογής ορισμένα RESTful API requests προς τους αντίστοιχους servers για την άντληση δεδομένων, που είναι απαραίτητη για την υλοποίηση του στόχου της.

3.1.2 Η πλατφόρμα News API

Όσον αφορά το κομμάτι “Big Data” του online εργαλείου που δημιουργήθηκε, γίνεται χρήση της πλατφόρμας News API. Προκειμένου να αντλήσουμε τα δεδομένα που χρειαζόμαστε, πραγματοποιούμε “κλήση” στο News API, με stateless τρόπο (REST) με κάποιο API key, και αυτό μας επιστρέφει τα αποτελέσματα, τα οποία στη συνέχεια εμφανίζουμε στην οθόνη (γίνεται συγκεκριμένη αναφορά στην ενότητα 3.4.3 όπου και παρέχεται ο αντίστοιχος κώδικας).

Η κύρια χρήση του News API είναι η αναζήτηση σε δημοσιευμένα άρθρα από περισσότερες από 80.000 πηγές ειδήσεων και ιστολόγια τα τελευταία 4 χρόνια [48]. Περιλαμβάνει εκατομμύρια άρθρα σε 14 γλώσσες από 55 χώρες. Επιστρέφει αποτελέσματα τύπου “JSON”. Με αυτά τα αποτελέσματα ειδήσεων ο χρήστης είναι δυνατό να αλληλεπιδράσει μέσω προγραμματιστικών τεχνικών, αρκεί να γνωρίζει πώς να πραγματοποιεί αιτήματα ιστού στην επιλεγμένη γλώσσα προγραμματισμού.

Σύμφωνα με την τεκμηρίωση (documentation) στην ιστοσελίδα τους [57], με το API αυτό, είναι εφικτή η αναζήτηση άρθρων με συγκεκριμένο κριτήριο:

- Λέξη-κλειδί ή φράση
- Ημερομηνία δημοσίευσης
- Όνομα τομέα προέλευσης (συγκεκριμένο domain)
- Γλώσσα

Ενώ τα αποτελέσματα μπορούν να ταξινομηθούν κατά:

- Ημερομηνία δημοσίευσης
- Συνάφεια με τη λέξη-κλειδί αναζήτησης
- Δημοτικότητα της πηγής

Απαιτείται ένα API key, το οποίο χορηγείται από την πλατφόρμα και είναι μοναδικό για κάθε πελάτη και προσδιορίζει τα αιτήματά του, ενώ είναι συμβατή με διάφορες βιβλιοθήκες πελατών, μεταξύ αυτών και η Node.js [58], της οποίας και έγινε χρήση στην περίπτωση μας, προκειμένου

να ενσωματωθεί το News API στην εφαρμογή μας δίχως να χρειαστεί να πραγματοποιηθούν απευθείας αιτήματα HTTP.

3.1.3 H PubMed και τα E-utilities του NCBI

Εκτός από την ενότητα “Big Data” του εργαλείου που δημιουργήθηκε, υπάρχει και δυνατότητα για πραγματοποίηση αναζήτησης αποτελεσμάτων με συγκεκριμένα κριτήρια (εύρος ετών, λέξεις κλειδιά), στο κομμάτι “DSS” (Database Search System), η λειτουργία του οποίου είναι να λαμβάνει και να επιστρέφει αποτελέσματα που πληρούν τα κριτήρια του χρήστη, από την PubMed, μέσω των εργαλείων “Entrez Programming Utilities” [50] του NCBI.

Η PubMed [49] είναι ένας δωρεάν, ανοιχτός στο κοινό από το 1996 πόρος, που υποστηρίζει την αναζήτηση και ανάκτηση βιβλιογραφίας βιοϊατρικής καθώς και βιοεπιστημών. Περιέχει περισσότερες από 34 εκατομμύρια αναφορές και περιλήψεις τίτλων βιοϊατρικής και συνδέσμους προς το πλήρες κείμενο άρθρων επιστημονικών περιοδικών.

Διευκολύνει την αναζήτηση σε διάφορους πόρους της βιβλιογραφίας του NLM (National Library of Medicine), μεταξύ των οποίων (όπως προκύπτει από την επίσημη ιστοσελίδα [59]):

- MEDLINE: Πρόκειται για το μεγαλύτερο υποστοιχείο της PubMed και αποτελείται κυρίως από αναφορές σε επιλεγμένα επιστημονικά περιοδικά, άρθρα με ιδιότητες ευρετηρίου MeSH (Medical Subject Headings), χρηματοδοτούμενα και επιμελημένα με μεταδεδομένα γενετικού, χημικού, ή άλλου είδους.

- PubMed Central (PMC): Αποτελεί το δεύτερο μεγαλύτερο υποστοιχείο της PubMed. Το PMC είναι ένα πλήρες αρχείο κειμένων που περιλαμβάνει άρθρα από περιοδικά που ελέγχθηκαν και επιλέχθηκαν από την NLM για αρχειοθέτηση (τρέχοντα και ιστορικά), καθώς και μεμονωμένα άρθρα που συλλέγονται για αρχειοθέτηση σύμφωνα με τις πολιτικές χρηματοδότησης.

- Bookshelf: Το τελευταίο στοιχείο της PubMed είναι οι αναφορές σε ηλεκτρονικά βιβλία και ορισμένα αποσπασματικά κεφάλαια που διατίθενται στο “Ράφι”. Πρόκειται για πλήρες αρχείο κειμένων με βιβλία, αναφορές, βάσεις δεδομένων και άλλα έγγραφα που σχετίζονται με τις βιοϊατρικές επιστήμες, την επιστήμη της υγείας και τις επιστήμες της ζωής.

Προκειμένου, όμως, να είναι δυνατή η αναζήτηση και διαχείριση αποτελεσμάτων από τέτοιου είδους πόρους με προγραμματιστικούς τρόπους σε software τρίτων, η NLM έχει προχωρήσει στην ανάπτυξη των “Entrez Programming Utilities” (E-utilities). Πρόκειται για σύνολο εννέα προγραμμάτων από την πλευρά του διακομιστή που παρέχουν μια σταθερή διεπαφή προς το σύστημα

διεκπεραίωσης ερωτημάτων “Entrez” των βάσεων δεδομένων του NCBI (National Center for Biotechnology Information). Τα E-utilities χρησιμοποιούν μια ορισμένη σύνταξη URL που μεταφράζει ένα τυπικό σύνολο παραμέτρων εισόδου σε τιμές που είναι δυνατό να αξιοποιηθούν από το λογισμικό του NCBI για την αναζήτηση και την ανάκτηση των ζητούμενων δεδομένων. Αποτελούν, συνεπώς, τη δομημένη διεπαφή με το σύστημα Entrez, το οποίο περιλαμβάνει 38 βάσεις δεδομένων του οργανισμού.

Σύμφωνα με τη σχετική τεκμηρίωση (documentation) του τελευταίου [60], που διατίθεται διαδικτυακά, τα βοηθητικά προγράμματα που περιλαμβάνονται στα E-utilities είναι (εν συντομία) τα εξής:

- EInfo (Στατιστικά στοιχεία Βάσης Δεδομένων): Παρέχει τον αριθμό των εγγράφων που έχουν ενταχθεί στο ευρετήριο κάθε πεδίου μιας δεδομένης βάσης δεδομένων, την ημερομηνία της τελευταίας ενημέρωσης της βάσης και τους διαθέσιμους συνδέσμους από τη συγκεκριμένη βάση προς άλλες βάσεις δεδομένων Entrez.

- ESearch (Αναζητήσεις κειμένου): Απαντά σε ένα ερώτημα αναζήτησης κειμένου με τη λίστα με τα αντίστοιχα UUIDs (Unique Identifiers) σε μια συγκεκριμένη βάση δεδομένων (για μελλοντική χρήση σε ESummary, EFetch ή ELink), μαζί με τις μεταφράσεις των όρων του ερωτήματος.

- EPost (Μεταφορτώσεις UUIDs): Αποδέχεται μια λίστα UUIDs από μια βάση δεδομένων, την αποθηκεύει στον διακομιστή ιστορικού και απαντά με ένα κλειδί ερωτήματος και το web interface για το μεταφορτωμένο σύνολο δεδομένων.

- ESummary (Λήψη περίληψης εγγράφου): Απαντά σε μια λίστα UUIDs από κάποια συγκεκριμένη βάση δεδομένων με τις αντίστοιχες περιλήψεις εγγράφων.

- EFetch (Λήψη εγγράφων δεδομένων): Απαντά σε μια λίστα UUIDs σε μια βάση δεδομένων με τις αντίστοιχες εγγραφές δεδομένων σε καθορισμένη μορφή.

- ELink (Σύνδεσμοι Entrez): Απαντά σε μια λίστα UUIDs σε μια συγκεκριμένη βάση δεδομένων, είτε με μια λίστα σχετικών UUIDs (και βαθμολογίες σχετικότητας) στην ίδια βάση δεδομένων, είτε με μια λίστα συνδεδεμένων UUIDs σε άλλη βάση δεδομένων Entrez. Ελέγχει την ύπαρξη ενός καθορισμένου συνδέσμου εντός συνόλου από ένα ή περισσότερα UUIDs, δημιουργεί έναν υπερσύνδεσμο προς τον κύριο πάροχο LinkOut για ένα συγκεκριμένο UUID και βάση δεδομένων, ή παραθέτει διευθύνσεις URL και χαρακτηριστικά LinkOut για πολλαπλά UUIDs.

- EQuery (Καθολικά Ερωτήματα): Απαντά σε ένα ερώτημα κειμένου με τον αριθμό των εγγράφων που ταιριάζουν με το ερώτημα σε κάθε βάση δεδομένων Entrez.

- ESpell (Ορθογραφικές Προτάσεις): Ανακτά προτάσεις ορθογραφίας για ένα ερώτημα κειμένου σε μια δοθείσα βάση δεδομένων.

- ECitMatch (Μαζική αναζήτηση παραπομπών στην PubMed): Ανακτά αναγνωριστικά PubMed (PMIDs) που αντιστοιχούν σε ένα σύνολο συμβολοσειρών παραπομπών που δίνονται σαν είσοδος.

Για τις ανάγκες της αναζήτησης και επιστροφής αποτελεσμάτων από την PubMed, χρησιμοποιήσαμε (όπως θα δούμε και αναλυτικότερα στον κώδικα του Data Search Component σε επόμενη ενότητα), τα εργαλεία:

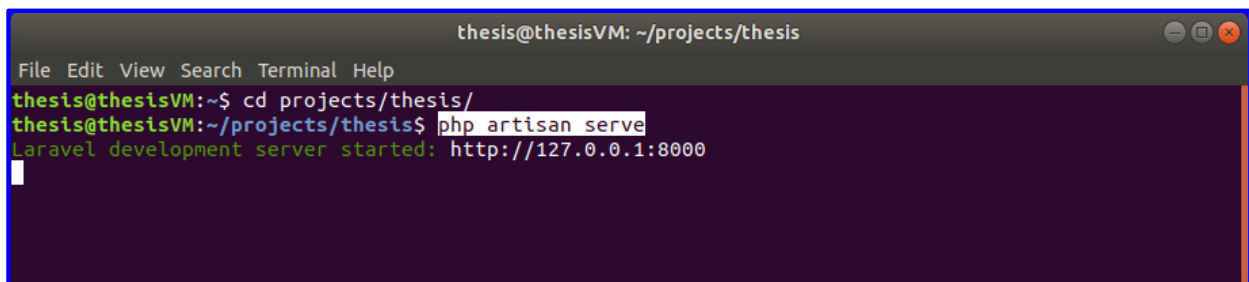
- ESearch (eutils.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/eutils/efetch.fcgi): Για την πραγματοποίηση της αναζήτησης στην PubMed, βάση των στοιχείων εισόδου του χρήστη (εύρος ετών και λέξεις-κλειδιά), το οποίο και επέστρεψε τα UUIDs των αποτελεσμάτων, και

- EFetch (eutils.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/eutils/efetch.fcgi): Για την ανάκτηση των αποτελεσμάτων σε μορφή XML από τη βάση δεδομένων, τα οποία και εν συνεχεία θα πρέπει να υποστούν το κατάλληλο parsing ώστε να αποτυπωθούν στην οθόνη του χρήστη.

3.2 Συνοπτική παρουσίαση της Διεπαφής που υλοποιήθηκε

Σκοπός της τρέχουσας ενότητας είναι η παρουσίαση της web εφαρμογής που γράφτηκε στα πλαίσια της εργασίας αυτής, σε επίπεδο χρήστη.

Προκειμένου να τρέξει η εφαρμογή, απαιτείται ένας υπολογιστής με κάποιον web server (στην περίπτωσή μας τον “Apache”) και τη γλώσσα προγραμματισμού PHP. Δίνοντας την εντολή: `php artisan serve`, η εφαρμογή είναι, πλέον προσβάσιμη από οποιονδήποτε περιηγητή μέσω localhost

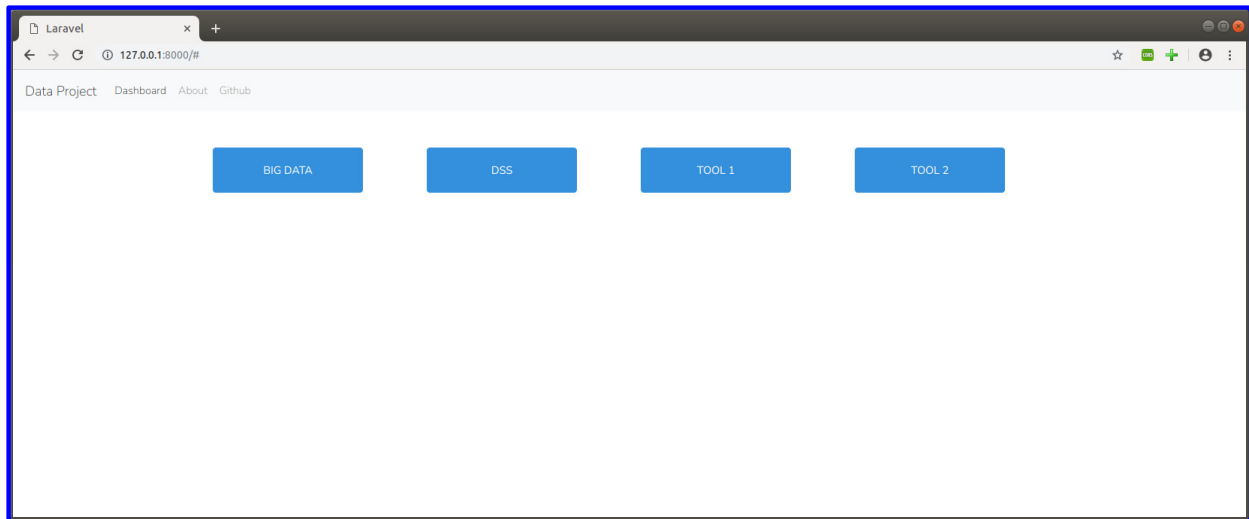


```
thesis@thesisVM: ~/projects/thesis
File Edit View Search Terminal Help
thesis@thesisVM:~$ cd projects/thesis/
thesis@thesisVM:~/projects/thesis$ php artisan serve
Laravel development server started: http://127.0.0.1:8000
```

Εικόνα 3.01 – Γραμμή Εντολών (Command Line) – Εκκίνηση php (php initiation)

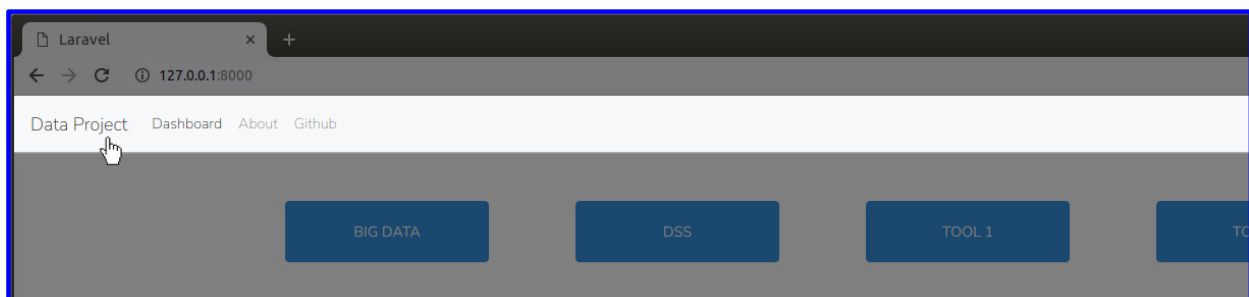
3.2.1 Walkthrough

Πηγαίνοντας στην τοπική διεύθυνση (local setup): <http://127.0.0.1:8000> θα εμφανιστεί η αρχική οθόνη:



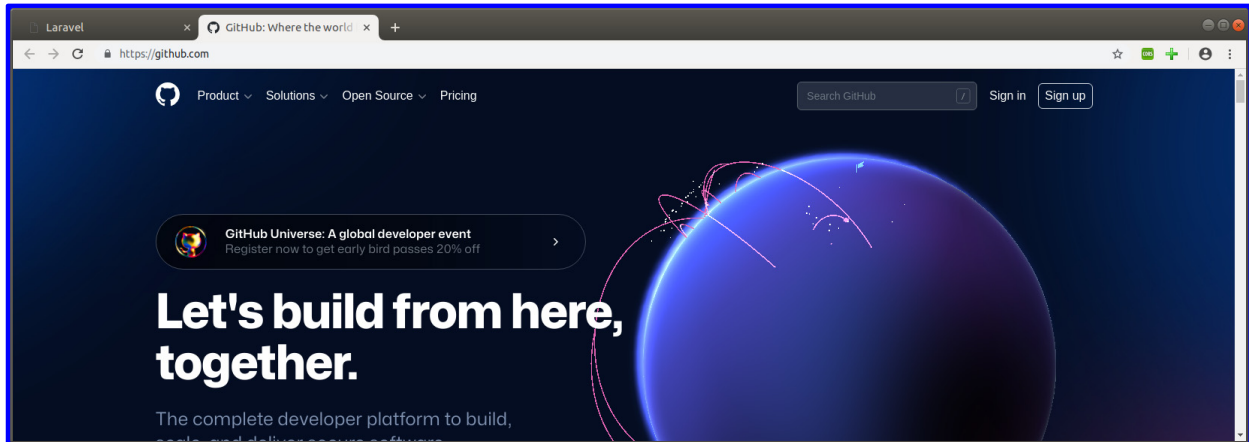
Εικόνα 3.02 – Αρχική Οθόνη (Home Screen)

Παρατηρούμε την ύπαρξη των σταθερών συνδέσμων που εμφανίζονται στην ίδια θέση σε όλες τις σελίδες και περιλαμβάνονται στην “Navigation Bar” στο πάνω μέρος:



Εικόνα 3.03 – Μπάρα Πλοήγησης (Navigation Bar)

Οι σύνδεσμοι “Data Project” και “Dashboard” οδηγούν στην παρούσα σελίδα. Ο “About” δεν έχει συνδεθεί κάπου προς το παρόν, ενώ ο “Github” παραπέμπει στην αρχική σελίδα του github.com, με σκοπό σε περίπτωση που αναρτηθεί το project να ανανεωθεί στο ακριβές μονοπάτι:

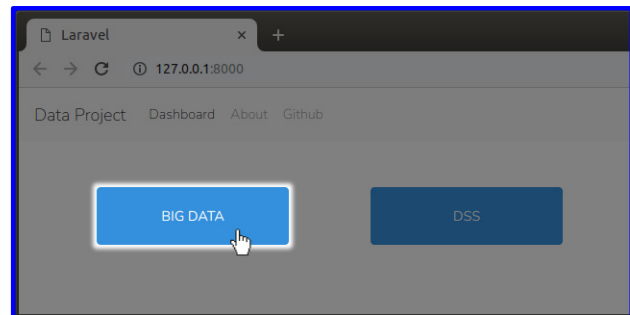


Εικόνα 3.04 – Github Home Page

Θα γίνει εκτενέστερη αναφορά στον κώδικα σχετικά με τη Navigation Bar σε επόμενη ενότητα όπου και θα παρουσιαστούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εφαρμογής.

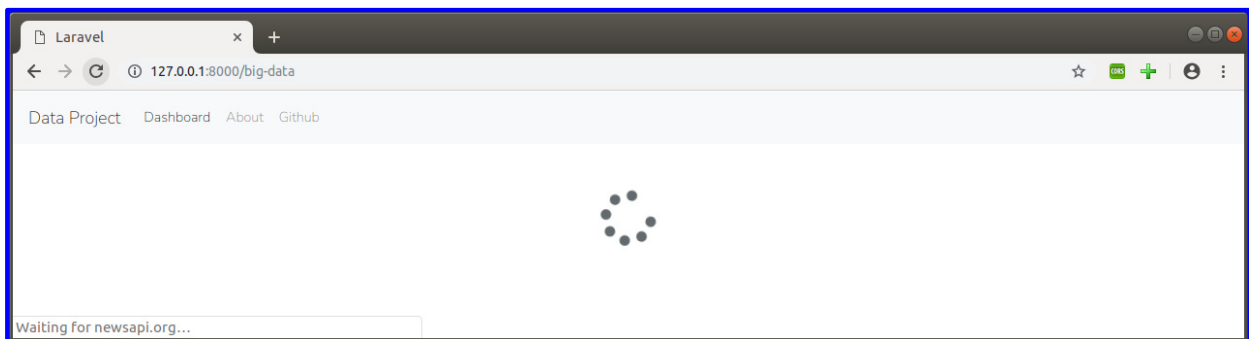
Εκ των 4 εργαλείων “Big Data”, “DSS”, “Tool 1” και “Tool 2”:

- Το “Big Data”, όντας ένα υποθετικό εργαλείο που συνδέει το χρήστη με ιατρικές βάσεις δεδομένων και παρουσιάζει στην οθόνη τα αντίστοιχα αποτελέσματα με τη μορφή πλακιδίων, είναι (στα πλαίσια του πρωτολείου που δημιουργήθηκε) συνδεδεμένο με το REST API του “News API”:



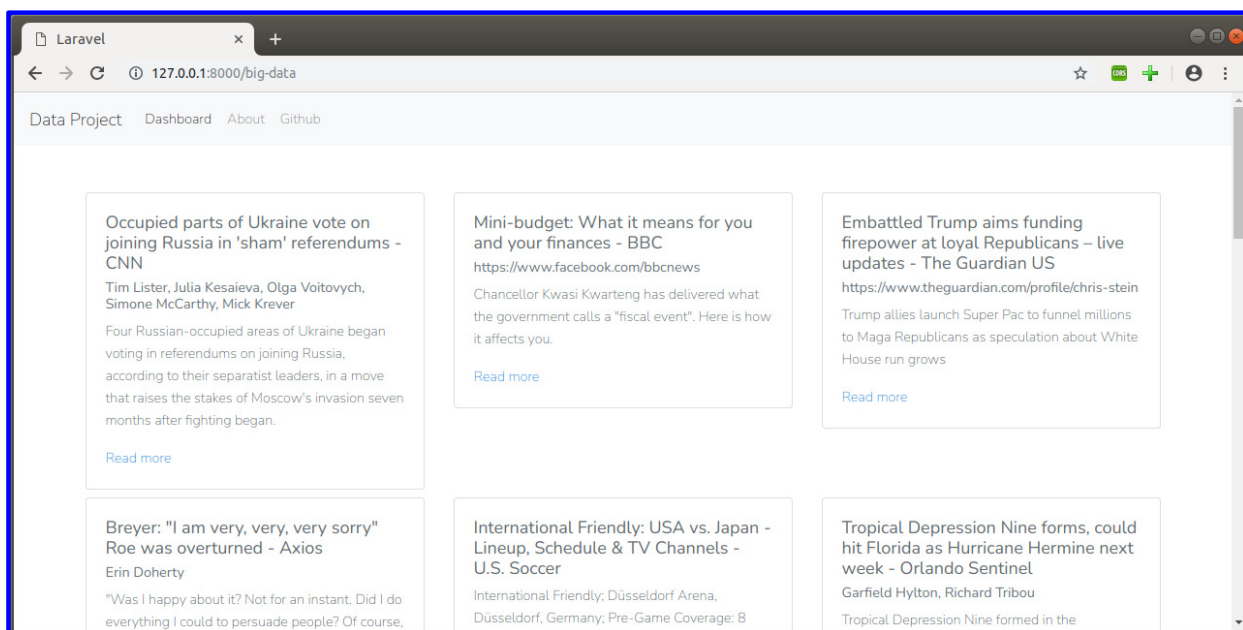
Εικόνα 3.05 – “Big Data”, Επιλογή

Αρχικά εμφανίζεται το animated spinner μέχρις ότου φορτώσει τα δεδομένα από το News API, με κριτήριο (όπως θα δούμε και μετέπειτα στον κώδικα) τα top headlines των ΗΠΑ, και στη συνέχεια τα παρουσιάζει σε μορφή πλακιδίων, καθένα από τα οποία έχει δικό του τίτλο, υπότιτλο, και ένα κομμάτι κειμένου από το περιεχόμενο της είδησης:



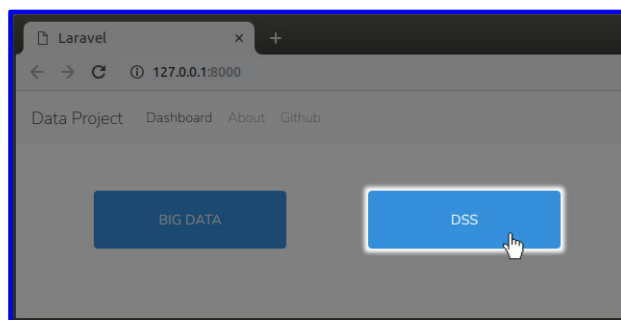
Εικόνα 3.06 – Big Data, Loading..

Σε περίπτωση που ο χρήστης πατήσει το LMB σε οποιοδήποτε από τα πλακίδια, θα ανοίξει νέα καρτέλα στην τοποθεσία του ειδησεογραφικού ιστοτόπου που περιλαμβάνει τη συγκεκριμένη είδηση.

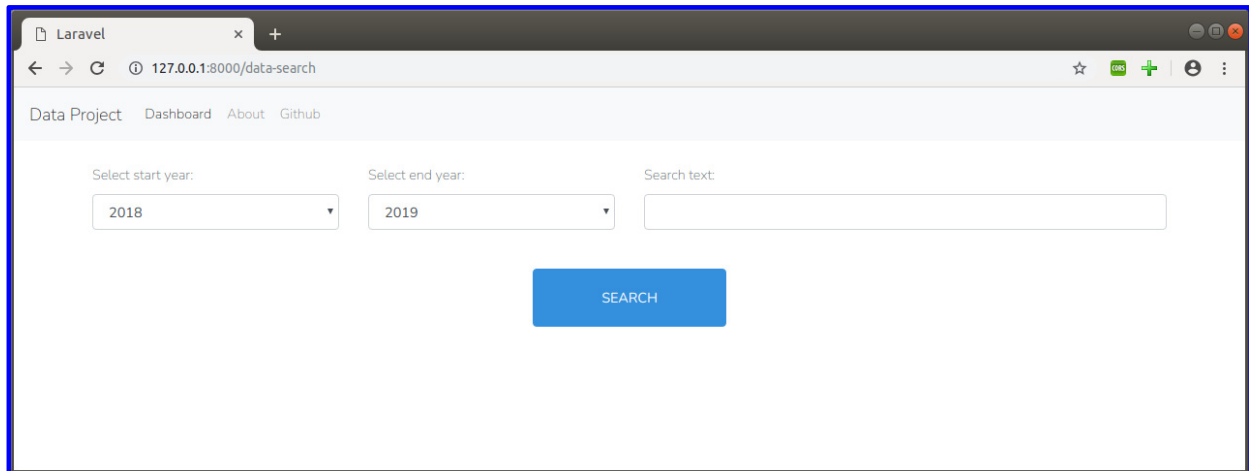


Εικόνα 3.07 – Big Data, Αποτελέσματα σε μορφή πλακιδίων

• Το “DSS”, αποτελεί μία μηχανή αναζήτησης, η οποία δέχεται ορισμένα κριτήρια σαν είσοδο από το χρήστη, και στη συνέχεια πραγματοποιεί σχετική αναζήτηση στη βάση δεδομένων της PubMed, μέσω του REST API της τελευταίας και των E-utilities του NCBI, που περιγράψαμε στην προηγούμενη ενότητα:

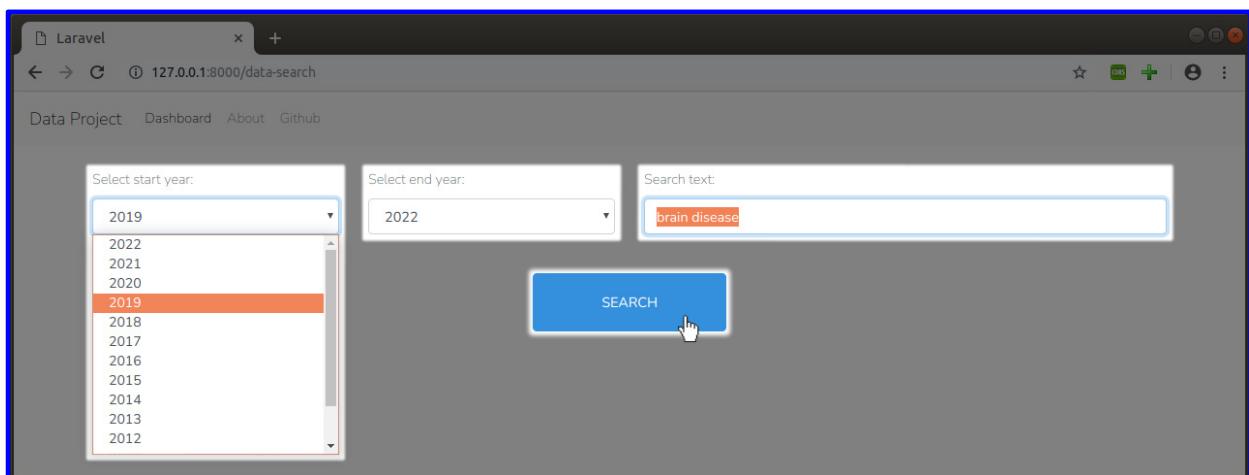


Εικόνα 3.08 – “DSS”, Επιλογή



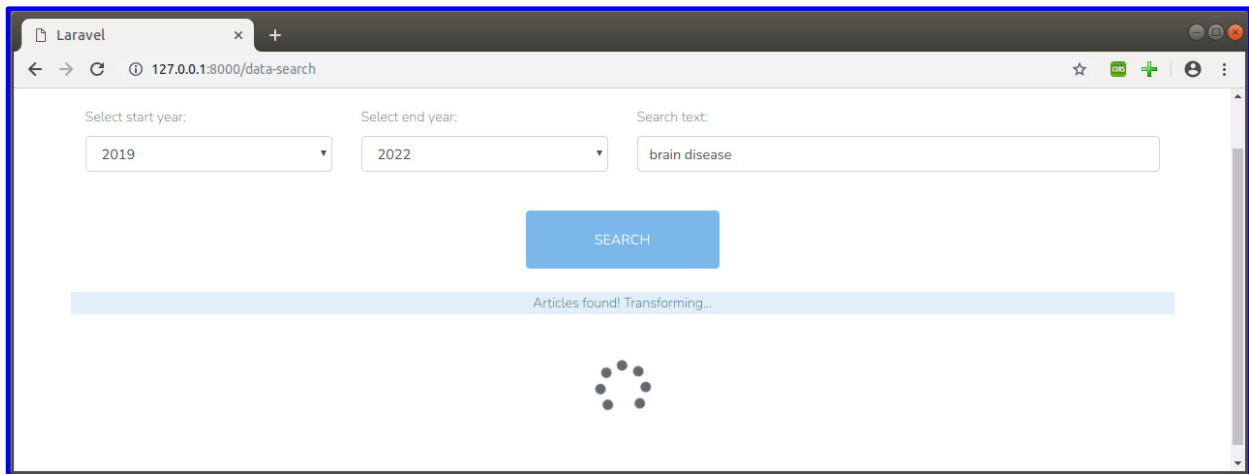
Εικόνα 3.09 – DSS, Αρχική Οθόνη

Εδώ, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει εύρος ετών και να δώσει μία ή περισσότερες λέξεις-κλειδιά στο πεδίο “Search text”, και στη συνέχεια, να πατήσει “Search”, για την εκτέλεση της αναζήτησης:



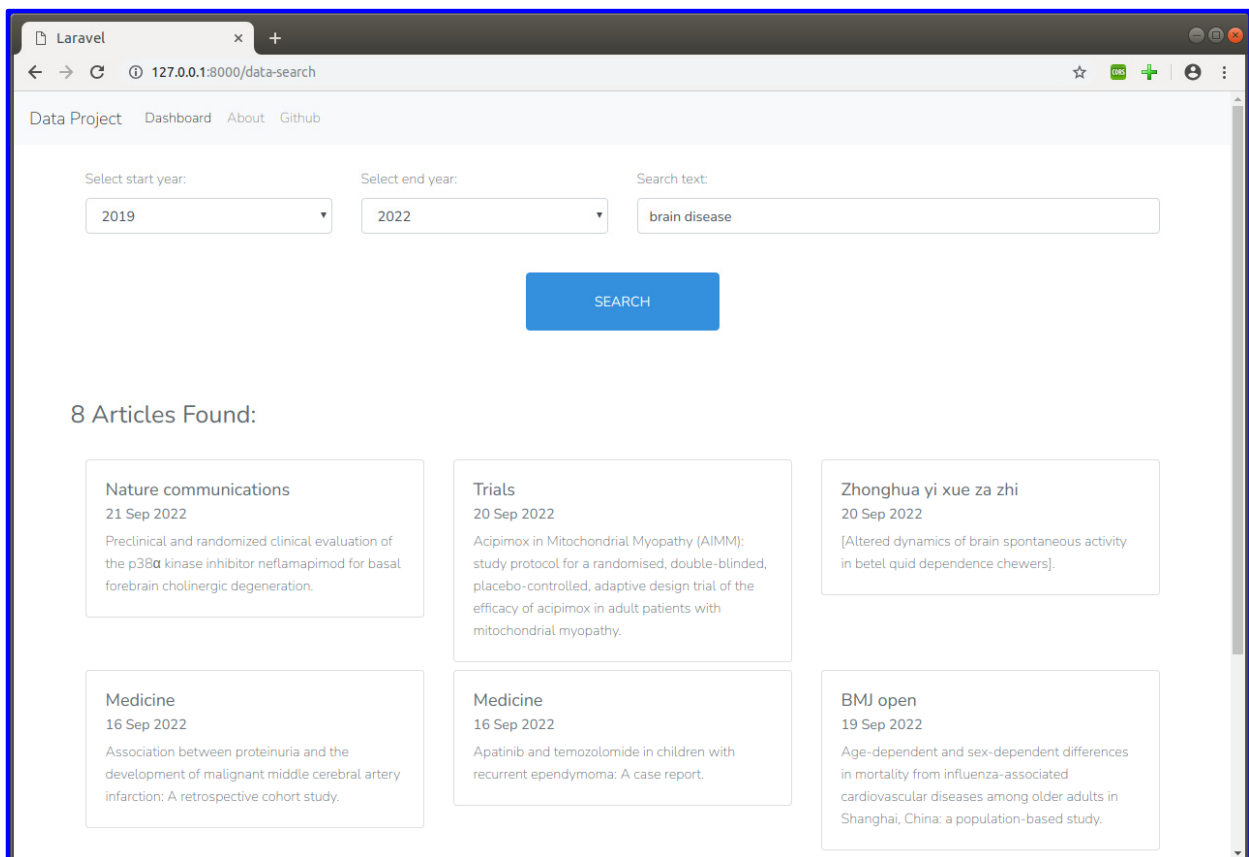
Εικόνα 3.10 – DSS, Συμπλήρωση πεδίων

Ακολούθως, εμφανίζεται το loading spinner, μαζί με σχετικό μήνυμα επιτυχίας εύρεσης αποτελεσμάτων:



Εικόνα 3.11 – DSS, Processing..

Και, τέλος, παρατίθενται τα αποτελέσματα της αναζήτησης σε μορφή πλακιδίων, καθένα από τα οποία, περιλαμβάνει τίτλο, ημερομηνία και ένα μικρό κομμάτι από τα περιεχόμενα του άρθρου:



Εικόνα 3.12 – DSS, Αποτελέσματα

Θα αναλύσουμε το σχετικό κώδικα σε επόμενη ενότητα.

- Τα εργαλεία “Tool 1” και “Tool 2” δεν είναι συνδεδεμένα με κάτι και παραμένουν ελεύθερα σε περίπτωση ανάγκης ενδεχόμενης μελλοντικής επέκτασης της λειτουργικότητας της online αυτής εφαρμογής.



Εικόνα 3.13 – “Tool 1”, “Tool 2”

3.3 Η Υλοποίηση της Web Εφαρμογής

Έχοντας καλύψει τις γενικές πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργικότητα της εφαρμογής, τις οθόνες διεπαφής με το χρήστη, και παραθέσει τα χαρακτηριστικά των απομακρυσμένων συστημάτων με τα οποία και συνεργάζεται, σε αυτήν την ενότητα θα προχωρήσουμε στην κάλυψη του περιβάλλοντος του λογισμικού αυτού και του τρόπων με τους οποίους υλοποιεί αυτήν τη λειτουργικότητα.

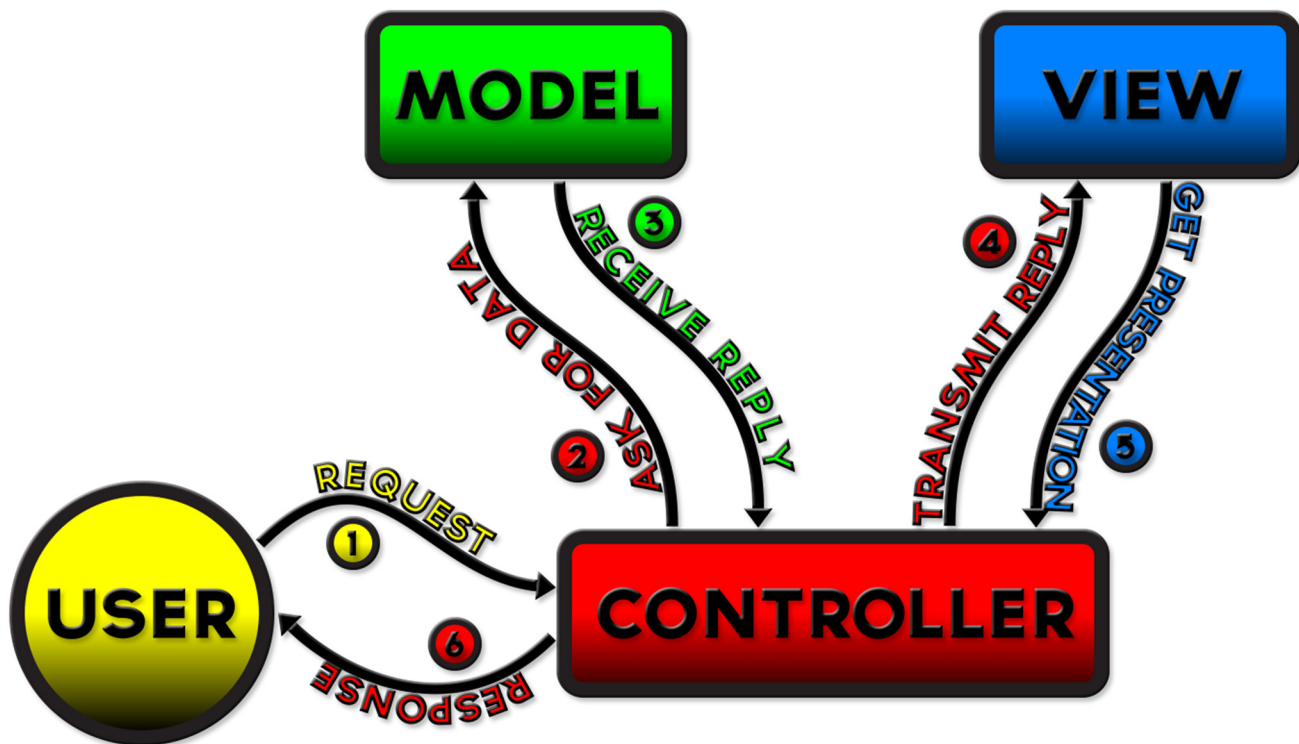
3.3.1 Το Model-View-Controller (MVC) pattern

Η αναπτυχθείσα εφαρμογή είναι σχεδιασμένη με βάση το μοτίβο “Model-View-Controller”. Πρόκειται για έναν τρόπο να χωριστεί μια Web εφαρμογή στα 3 αυτά διακριτά, διασυνδεδεμένα κομμάτια, καθένα από τα οποία εξυπηρετεί συγκεκριμένο σκοπό. Αν και χρησιμοποιείται επί πολλά χρόνια στην ανάπτυξη διεπαφών χρήστη (Graphical User Interfaces – GUI) για επιτραπέζιους υπολογιστές, είναι πλέον ιδιαίτερα διαδεδομένο στο σχεδιασμό εφαρμογών ιστού. Καθορίζει ότι η εφαρμογή αποτελείται από ένα μοντέλο δεδομένων, πληροφορίες παρουσίασης και πληροφορίες ελέγχου.

Το “Model” αποτελεί το κεντρικό συστατικό του μοτίβου. Είναι η δυναμική δομή δεδομένων της εφαρμογής, ανεξάρτητη από τη διεπαφή χρήστη. Διαχειρίζεται άμεσα τα δεδομένα, τη λογική και τους κανόνες της τελευταίας. Στην περίπτωσή μας, το τμήμα αυτό περιλαμβάνει τις απομακρυσμένες βάσεις δεδομένων με τις οποίες συνδέεται η εφαρμογή και που ήδη περιγράψαμε στην προηγούμενη ενότητα. Περιέχει μόνο τα καθαρά δεδομένα της εφαρμογής, χωρίς να περιλαμβάνει τον κώδικα που περιγράφει τον τρόπο παρουσίασής τους στον τελικό χρήστη.

Το “View” αφορά την παρουσίαση των δεδομένων του μοντέλου στον χρήστη. “Ξέρει” πώς να έχει πρόσβαση στα δεδομένα του μοντέλου, αλλά δεν είναι δυνατό να “γνωρίζει” ή να “αξιολογήσει” τη σημασία αυτών των τελευταίων ή σε τί ενέργειες μπορεί να προβεί ο χρήστης ή με ποιους τρόπους είναι δυνατό να τα χειριστεί. Οποιαδήποτε αναπαράσταση πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένων γραφικών στοιχείων, διαγραμμάτων, παραθύρων, κ.ά., εντάσσεται σε αυτό το κομμάτι του μοτίβου. Σχετικά με την εφαρμογή μας, το View είναι η web σελίδα που θα αναλάβει την αλληλεπίδραση με το χρήστη και θα “ζωγραφίζει” on-demand τις οθόνες της εφαρμογής.

Ο “Controller”, από την άλλη πλευρά, είναι η “κρυφή λειτουργικότητα”, μη προσβάσιμη ή ορατή σε επίπεδο χρήστη που συνδέει και αναλαμβάνει την αλληλεπίδραση των άλλων 2 στοιχείων με εκείνον.



Εικόνα 3.14 – Μοτίβο MVC, Διάγραμμα

Συνεπώς, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα:

1. Ο χρήστης διατυπώνει ένα request,
2. Έπειτα ο Controller ζητά από το Model κάποια δεδομένα σχετικά με το request του χρήστη,

3. Το Model, αφού εκτελέσει εσωτερικά το request αυτό, καθώς το ίδιο αναλαμβάνει τη λογική πίσω από την αλληλεπίδραση με τη βάση δεδομένων (επικύρωση, αναζήτηση, αποθήκευση, ενημέρωση, κ.ά.), στέλνει πίσω στον Controller την απάντηση,
4. Στη συνέχεια, ο Controller αλληλεπιδρά με το View με απώτερο σκοπό να ζωγραφίσει τα αποτελέσματα στην οθόνη του χρήστη..
5. Το View ασχολείται αποκλειστικά με τον τρόπο που θα παρουσιαστούν τα δεδομένα που του στέλνει ο Controller. Είναι ουσιαστικά ένα template που ζωγραφίζει δυναμικά html σελίδες, βασισμένο στα δεδομένα που έλαβε από τον τελευταίο.
6. Ο Controller θα παρουσιάσει στη συνέχεια το αποτέλεσμα από το View στο χρήστη.

Σε αυτό το σημείο, αξίζει να επισημανθεί ότι:

- Ο Controller είναι στην ουσία ο διαμεσολαβητής μεταξύ Model και View και συνήθως αποτελείται από σχετικά μικρής έκτασης κώδικα.

- Το Model είναι η μόνη δομή που έχει “επαφή” και αλληλεπιδρά με τα δεδομένα. Ο Controller δεν έχει πρόσβαση σε αυτά, και θα πρέπει πάντα να χρησιμοποιεί το Model για τέτοιες επεμβάσεις. Συνεπώς ο Controller δεν χρειάζεται να ασχολείται με το πώς πρέπει να χειριστεί τα δεδομένα που στέλνει και λαμβάνει, αλλά μόνο δίνει εντολές στο Model και αποκρίνεται με βάση την απάντηση από αυτό. Επίσης το Model δεν χρειάζεται να ασχολείται με τη διεκπεραίωση των αιτημάτων του χρήστη και τί θα πρέπει να γίνει σε περίπτωση αποτυχίας ή επιτυχίας, καθώς αυτό το αναλαμβάνει ο Controller.

- Το Model και το View δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ποτέ. Αυτό σημαίνει πως η παρουσία των δεδομένων πραγματοποιείται αυτόνομα και ξεχωριστά σε σχέση με τη λογική τους, πράγμα το οποίο διευκολύνει τη δημιουργία περίπλοκων εφαρμογών.

Τα πλεονεκτήματα του μοτίβου MVC έγκεινται στο ότι [61]:

- Επιτυγχάνεται ταχύτερη διαδικασία ανάπτυξης εφαρμογών: Είναι, δηλαδή, εφικτό οι προγραμματιστές να εργάζονται σε ξεχωριστά κομμάτια της εφαρμογής ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα τη γρηγορότερη ολοκλήρωσή της.

- Υπάρχει δυνατότητα παροχής πολλών διαφορετικών Views: Με την αυξανόμενη ζήτηση για πρόσβαση στα ίδια δεδομένα με διαφορετικούς τρόπους ή από διαφορετικές συσκευές, αρκεί να εργαστεί κανείς στο να δημιουργήσει επιπλέον Views, κρατώντας τα υπόλοιπα modules ως έχει.

- Υποστηρίζονται ασύγχρονες τεχνικές: Η MVC αρχιτεκτονική λειτουργεί σε μεγάλο βαθμό σε αρμονία με τα JavaScript frameworks. Συνεπώς, είναι εφικτή η εκτέλεση εφαρμογών MVC σε

Desktop Widgets, αρχεία PDF ή προγράμματα περιήγησης για συγκεκριμένους ιστότοπους. Είναι επίσης δυνατή η δημιουργία εφαρμογών ιστού γρήγορης φόρτωσης.

- Η τροποποίηση δεν επηρεάζει ολόκληρο το μοντέλο: Καθώς τα τρία στοιχεία λειτουργούν ανεξάρτητα, μια αλλαγή σε οποιοδήποτε από αυτά δεν θα οδηγήσει σε αλλαγή ολόκληρης της αρχιτεκτονικής. Συνεπώς, είναι εύκολο οι σχετικές εφαρμογές να αναβαθμίζονται.

- Το μοντέλο MVC επιστρέφει τα δεδομένα χωρίς μορφοποίηση: Αυτό δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν τα διαφορετικά components με πολλές διεπαφές. Για παράδειγμα, το ίδιο Model είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί από διαφορετικούς Controllers από πολλαπλές διεπαφές ταυτόχρονα, κ.ο.κ.

Τέλος, κατόπιν συνδυασμού πληροφοριών και από άρθρο στον ιστότοπο της InterServer (εταιρείας παροχής υπηρεσιών webhosting για επιχειρήσεις με 20ετή παρουσία στο χώρο), [62], τα μειονεκτήματα της αρχιτεκτονικής αυτής συνοψίζονται στο ότι:

- Θεωρείται σχετικά δύσκολη η κατανόηση της MVC: Λόγω της περίπλοκης δομής και των συχνών ενημερώσεων, ενδεχομένως η παρακολούθηση όλων των στοιχείων της και των αναβαθμίσεων του κώδικα διεπαφής χρήστη να είναι χρονοβόρες διαδικασίες, και

- Οι κανόνες σχετικά με τις “Μεθόδους” πρέπει να είναι αυστηροί: Ως γνωστόν, ο Controller παρακολουθεί τα συμβάντα που ενεργοποιούνται από το View. Επιπλέον, στοχεύει να παρέχει μια κατάλληλη αντίδραση σε όλα αυτά τα γεγονότα, τα οποία είναι κυρίως γνωστά ως “Μέθοδοι”. Αυτές οι Μέθοδοι δεν έχουν αυστηρή πρόσβαση, το οποίο και θεωρείται κύριο μειονέκτημα της MVC.

3.3.2 Το Laravel framework

Για την υλοποίηση της εφαρμογής, χρησιμοποιήθηκε ένα από τα πιο δημοφιλή MVC frameworks, το “Laravel” [63]. Πρόκειται για μία state-of-the-art, open source λύση, που συναντάται σε production συστήματα, και είναι βασισμένη σε μια από τις πιο δημοφιλείς γλώσσες προγραμματισμού web εφαρμογών, την PHP. Η Laravel επαναχρησιμοποιεί τα υπάρχοντα στοιχεία διαφορετικών frameworks, πράγμα το οποίο βοηθά στη δημιουργία μιας διαδικτυακής εφαρμογής με δομημένο τρόπο. Περιλαμβάνει ένα σύνολο λειτουργιών που ενσωματώνει τα βασικά χαρακτηριστικά των PHP frameworks, όπως το CodeIgniter, το Yii και υποστηρίζει και άλλες γλώσσες προγραμματισμού. Χρησιμεύει στη δημιουργία ιστοτόπων από το μηδέν και αποτρέπει μία σειρά από “επιθέσεις ιστού”, με αποτέλεσμα οι ιστότοποι αυτοί να θεωρούνται σχετικά ασφαλείς.

Σύμφωνα με πληροφορίες από την τεκμηρίωσή τους, [64], ορισμένα από τα πλεονεκτήματά της είναι τα εξής:

- Το Laravel framework είναι τέτοιο που επιτρέπει τη δημιουργία αρκετά επεκτάσιμων (scalable) εφαρμογών.
- Εξοικονομείται σημαντικός χρόνος στη σχεδίαση της διαδικτυακής εφαρμογής, αφού η Laravel επαναχρησιμοποιεί τα στοιχεία από άλλο framework κατά την ανάπτυξη εφαρμογών Ι-στού.
- Περιλαμβάνει χώρους ονομάτων (namespaces) και διεπαφές, επομένως βοηθά στην οργάνωση και διαχείριση πόρων.
- Παρέχει, επίσης, μια δομή και ένα σημείο εκκίνησης για τη δημιουργία της εφαρμογής, επιτρέποντάς στο χρήστη να βασιστεί σε αυτό ώστε να δημιουργήσει πιο γρήγορα τη λειτουργικότητα που επιθυμεί.

Τα βασικά εργαλεία του Laravel framework είναι:

- Ο “Composer”: Ένα εργαλείο που περιλαμβάνει όλες τις εξαρτήσεις και τις βιβλιοθήκες. Επιτρέπει σε έναν χρήστη να δημιουργήσει ένα project σε σχέση με το αναφερόμενο framework (για παράδειγμα, αυτά που χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση Laravel). Είναι επίσης δυνατή, μέσω του Composer, η εγκατάσταση βιβλιοθηκών από τρίτους, ενώ όλες οι εξαρτήσεις σημειώνονται στο αρχείο “composer.json” που τοποθετείται στον “source folder”.
- “Artisan”: Το Command-Line interface που χρησιμοποιείται στη Laravel. Περιλαμβάνει ένα σύνολο εντολών που βοηθά στη δημιουργία μιας web εφαρμογής. Αυτές οι εντολές ενσωματώνονται από το “Symphony” framework.

Ορισμένα, τέλος, από τα κυριότερα χαρακτηριστικά της Laravel, για τα οποία και επιλέχθηκε για την εφαρμογή που αναπτύχθηκε, είναι τα παρακάτω [65]:

- Αρθρωτότητα (modularity): Η Laravel παρέχει 20 ενσωματωμένες, αυτοτελείς βιβλιοθήκες και ενότητες που βοηθούν στη βελτίωση της εφαρμογής. Κάθε λειτουργική μονάδα είναι ενσωματωμένη με τον Composer Dependency Manager, που διευκολύνει τις ενημερώσεις.
- Δυνατότητα δοκιμής (testability): Περιλαμβάνει features και εργαλεία που βοηθούν στη διεκπεραίωση beta testing, με αποτέλεσμα να συντελεί στη διατήρηση του κώδικα σύμφωνα με τις απαιτήσεις.

- Δρομολόγηση (routing): Παρέχει μια ευέλικτη προσέγγιση στον χρήστη για να ορίσει “routes” στη web εφαρμογή, πράγμα το οποίο βοηθά στην καλύτερη κλιμάκωση της εφαρμογής και αυξάνει την απόδοσή της. Θα αναδειχτούν σε επόμενη ενότητα τα routes που ορίσαμε στο παράδειγμά μας.

- Διαχείριση διαμόρφωσης (configuration management): Καθώς μια web εφαρμογή που έχει σχεδιαστεί σε Laravel θα εκτελείται σε διαφορετικά περιβάλλοντα, με συνέπεια τις συνεχείς αλλαγές στις ρυθμίσεις διαμόρφωσής της, παρέχεται μια συνεπής προσέγγιση για τον αποτελεσματικό χειρισμό της τελευταίας.

- Εργαλείο δημιουργίας ερωτημάτων (query builder) και ORM: Η Laravel ενσωματώνει ένα πρόγραμμα δημιουργίας ερωτημάτων που βοηθά στην αναζήτηση βάσεων δεδομένων χρησιμοποιώντας διάφορες απλές μεθόδους αλυσίδας. Παρέχει υλοποίηση ORM (Object Relational Mapper) και ActiveRecord που ονομάζεται “Eloquent”.

- Δόμηση σχήματος: Το “Schema Builder” διατηρεί τους ορισμούς και το σχήμα της βάσης δεδομένων σε κώδικα PHP. Διατηρεί επίσης μια παρακολούθηση αλλαγών σε σχέση με τις μεταγκαταστάσεις της βάσης δεδομένων.

- Μηχανή προτύπου (template engine): Η Laravel χρησιμοποιεί τη μηχανή “Blade Template”, μια γλώσσα προτύπου με χαμηλές απαιτήσεις σε πόρους, που χρησιμεύει για το σχεδιασμό ιεραρχικών μπλοκ και διατάξεων με προκαθορισμένα αυτοτελή κομμάτια που περιλαμβάνουν δυναμικό περιεχόμενο.

- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail): Περιλαμβάνεται μια κλάση ηλεκτρονικής αλληλογραφίας που βοηθά στην αποστολή αλληλογραφίας με πλούσιο περιεχόμενο και συνημμένα από την web εφαρμογή.

- Αυθεντικοποίηση: Ο σχεδιασμός του ελέγχου ταυτότητας χρήστη διευκολύνεται καθώς περιλαμβάνονται λειτουργίες όπως εγγραφή, ανάκτηση και αποστολή υπενθυμίσεων κωδικού πρόσβασης.

- Ουρές: Η Laravel περιλαμβάνει υπηρεσίες ουράς όπως η αποστολή e-mail σε μεγάλο αριθμό χρηστών ή μια καθορισμένη εργασία Cron. Η εκτέλεση των εργασιών επιταχύνεται, καθώς δεν απαιτείται να έχει ολοκληρωθεί η προηγούμενη εργασία, και τέλος

- Διάυλος εντολών και συμβάντων: Οι πρόσφατες εκδόσεις περιλαμβάνουν “Command Bus”, που βοηθά στην εκτέλεση εντολών και την αποστολή συμβάντων με απλό τρόπο. Οι εντολές στη Laravel λειτουργούν σύμφωνα με τον κύκλο ζωής της εφαρμογής.

3.3.3 Το περιβάλλον Node.js

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η ανάπτυξη και εγκατάσταση της εφαρμογής αυτής σε ένα τοπικό μηχάνημα, πέραν της απαίτησης να υπάρχει ένας εγκατεστημένος web server (στην περίπτωσή μας ο apache) και η PHP με τις βασικές της βιβλιοθήκες, χρησιμοποιήθηκε και το περιβάλλον “Node.js”, [58], το οποίο και κάνει compile και εγκαθιστά τα JavaScript αρχεία που αφορούν τη frontend λειτουργικότητα της εφαρμογής.

Πρόκειται για ανοιχτού κώδικα περιβάλλον “χρόνου εκτέλεσης” (runtime) JavaScript, πολλών πλατφορμών, που “τρέχει” σε μια μηχανή JavaScript και εκτελεί σχετικό κώδικα εκτός ενός προγράμματος περιήγησης ιστού, το οποίο έχει σχεδιαστεί για τη δημιουργία επεκτάσιμων εφαρμογών δικτύου. Επιτρέπει στους προγραμματιστές να χρησιμοποιούν JavaScript για τη σύνταξη εργαλείων γραμμής εντολών και για “δέσμες ενεργειών” (scripts) από την πλευρά του διακομιστή (server). Άρα, τα scripts αυτά, εκτελούνται στον server για την παραγωγή δυναμικού περιεχομένου ιστοσελίδας προτού σταλεί η σελίδα στο πρόγραμμα περιήγησης ιστού του χρήστη. Κατά συνέπεια, το Node.js ενοποιεί την ανάπτυξη εφαρμογών ιστού γύρω από μια ενιαία γλώσσα προγραμματισμού, καταργώντας την ανάγκη για διαφορετικές γλώσσες για τα εκτελέσιμα scripts όσον αφορά την πλευρά του διακομιστή και αυτήν του πελάτη.

Σύμφωνα με την τεκμηρίωση από την επίσημη ιστοσελίδα, [58], το Node.js έχει μια αρχιτεκτονική που βασίζεται σε συμβάντα με δυνατότητα ασύγχρονης εισόδου/εξόδου. Πρακτικά, φέρνει προγραμματισμό-βάσει-συμβάντων σε διακομιστές ιστού, επιτρέποντας την ανάπτυξη γρήγορων Web-Servers σε JavaScript. Οι προγραμματιστές μπορούν να δημιουργήσουν επεκτάσιμους διακομιστές χωρίς τη χρήση “νημάτων” (threading), χρησιμοποιώντας ένα απλοποιημένο μοντέλο προγραμματισμού που βασίζεται σε συμβάντα και που διενεργεί ανακλήσεις για να σηματοδοτήσει την ολοκλήρωση μιας εργασίας. Συνδέει, δηλαδή, την ευκολία μιας scripting γλώσσας (όπως JavaScript) με τη δύναμη του Unix Network Programming. Αυτές οι σχεδιαστικές επιλογές στοχεύουν στη βελτιστοποίηση της απόδοσης και της επεκτασιμότητας σε εφαρμογές ιστού με πολλές λειτουργίες εισόδου/εξόδου, καθώς και στην υλοποίηση εφαρμογών ιστού σε πραγματικό χρόνο (για παράδειγμα: προγράμματα επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο και παιχνίδια προγράμματος περιήγησης – browser games).

Το κατανεμημένο έργο ανάπτυξης Node.js διοικούνταν προηγουμένως από το Ίδρυμα Node.js, έχοντας, πλέον, συγχωνευτεί με το ίδρυμα JS για να σχηματίσει το OpenJS Foundation, το οποίο

διευκολύνεται από το πρόγραμμα Συνεργατικών Έργων του Ιδρύματος Linux, ενώ μεταξύ των εταιρικών χρηστών του συμπεριλαμβάνονται οι GoDaddy, Groupon, IBM, LinkedIn, Microsoft, Netflix, PayPal, SAP, Walmart, Yahoo! και Amazon Web Services.

Ένα σχετικό εργαλείο, το οποίο και αποδείχτηκε χρήσιμο στην υλοποίηση της εφαρμογής μας είναι το “npm” [66]. Πρόκειται για διαδικτυακό “αποθετήριο” (repository) για τη δημοσίευση έργων ανοιχτού κώδικα Node.js, το οποίο και περιλαμβάνει, επίσης, ένα βοηθητικό πρόγραμμα γραμμής εντολών για την αλληλεπίδραση χρήστη - αποθετηρίου, που βοηθά στην εγκατάσταση πακέτων και τη διαχείριση έκδοσης και εξαρτήσεων. Συνεπώς, είναι δυνατό, με μία εντολή τύπου: `npm install <package_name>` να προσθέσουμε στο project μας “λειτουργικές μονάδες” (modules) τρίτων, εγκαθιστώντας τα στον τρέχοντα κατάλογο (directory).

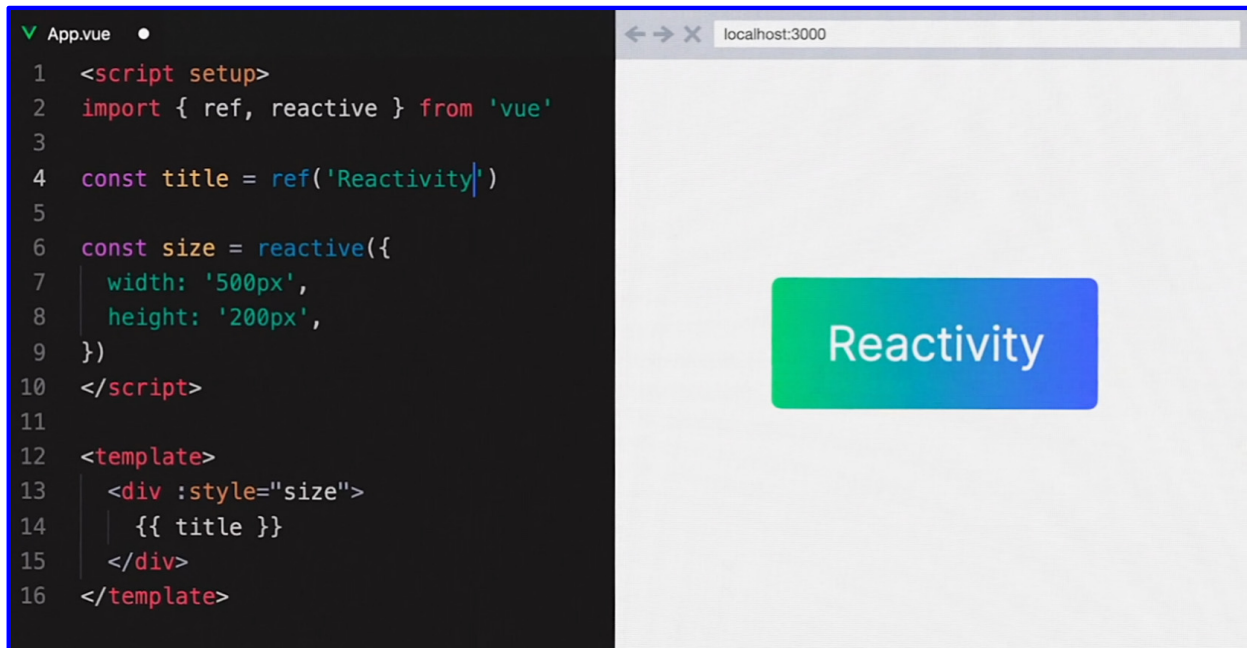
3.3.4 Η βιβλιοθήκη (framework) Vue.js

Ιδιαίτερα χρήσιμη, επίσης, ήταν και η βασισμένη σε JavaScript βιβλιοθήκη “Vue.js”, [67], η οποία επιτρέπει την εύκολη δημιουργία φιλικής “διεπαφής χρήστη” (User Interface). Η εγκατάσταση και αρχικοποίησή της έγινε μέσω του npm της Node.js, που προαναφέρθηκε.

Πιο συγκεκριμένα, αυτό το JavaScript framework για τη δημιουργία διεπαφών χρήστη βασίζεται πάνω σε τυπικό HTML, CSS και JavaScript και παρέχει ένα δηλωτικό και component-based μοντέλο προγραμματισμού που διευκολύνει την ανάπτυξη απλών ή σύνθετων διεπαφών χρήστη.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της Vue.js είναι:

- **Δηλωτική απόδοση:** Η Vue επεκτείνει το τυπικό HTML με μια σύνταξη προτύπου που επιτρέπει τη δηλωτική περιγραφή της εξόδου HTML με βάση την κατάσταση JavaScript.
- **Αντιδραστικότητα:** Παρακολουθεί αυτόματα τις αλλαγές κατάστασης JavaScript και ενημερώνει αποτελεσματικά το “DOM” (Document Object Model – Μία cross-platform, ανεξάρτητη από τη γλώσσα προγραμματισμού διεπαφή που αντιμετωπίζει ένα έγγραφο XML ή HTML ως δομή δέντρου όπου κάθε κόμβος είναι ένα αντικείμενο που αντιπροσωπεύει ένα μέρος του εγγράφου) όταν συμβαίνουν αλλαγές.



```
1 <script setup>
2 import { ref, reactive } from 'vue'
3
4 const title = ref('Reactivity')
5
6 const size = reactive({
7   width: '500px',
8   height: '200px',
9 })
10 </script>
11
12 <template>
13   <div :style="size">
14     {{ title }}
15   </div>
16 </template>
```

The browser window shows a white background with a blue-to-green gradient rounded rectangle in the center containing the text "Reactivity".

Εικόνα 3.15 – Παράδειγμα Vue.js
Πηγή: <https://vuejs.org/>

Τα πιο σημαντικά components του συγκεκριμένου πακέτου, σύμφωνα και με την τεκμηρίωσή τους, [68], συνοψίζονται σε:

- Το Προοδευτικό Πλαίσιο: Το Vue είναι ένα framework και οικοσύστημα που καλύπτει τα περισσότερα από τα κοινά χαρακτηριστικά που απαιτούνται για τη frontend ανάπτυξη. Δεδομένου, όμως, ότι ο ιστός είναι εξαιρετικά ποικιλόμορφος και ότι οι web εφαρμογές είναι δυνατό να διαφέρουν δραστικά σε μορφή και κλίμακα, έχει σχεδιαστεί για να είναι ευέλικτο και να υιοθετείται σταδιακά. Είναι δυνατό να ξεκινήσει κανείς με ένα “Core Library” και σταδιακά να προσθέτει επιπλέον modules που ενδεχομένως χρειάζεται (Vue Router, State Management, IDE Support, Testing Utils, Build Toolchain, Server Side Rendering, Static Site Generation, κ.ά.). Μπορεί, συνεπώς να χρησιμοποιηθεί για:

1. Βελτίωση στατικού HTML χωρίς βήμα “μεταγλώττισης” (build)
2. Ενσωμάτωση με τη μορφή web στοιχείων (components) σε οποιαδήποτε σελίδα
3. Εφαρμογή μιας σελίδας (SPA – Single-Page Application)
4. Fullstack / Απεικόνιση από την πλευρά του διακομιστή (SSR – Server-Side Rendering)
5. Jamstack / Δημιουργία στατικής τοποθεσίας (SSG – Static Site Generation)
6. Στόχευση επιτραπέζιων υπολογιστών, κινητών, WebGL, ακόμα και περιβάλλοντος τερματικού

- **Single-File Components:** Στα Vue projects, είναι δυνατό να συνταχθούν στοιχεία Vue χρησιμοποιώντας μια μορφή αρχείου που μοιάζει με HTML και ονομάζεται “Single-File Component” (SFC). Πρόκειται για αρχεία *.vue. Ένα Vue SFC, ενσωματώνει τη λογική του στοιχείου (JavaScript), το πρότυπο (HTML) και τα στυλ (CSS) σε ένα μόνο αρχείο. Με αυτή τη λογική δημιουργήθηκαν και τα αντίστοιχα .vue components του κώδικά μας, όπως θα δούμε αμέσως μετά στην ενότητα με τα “Τεχνικά Χαρακτηριστικά”.

- **API Styles:** Τα στοιχεία Vue μπορούν να δημιουργηθούν σε δύο διαφορετικά στυλ API:

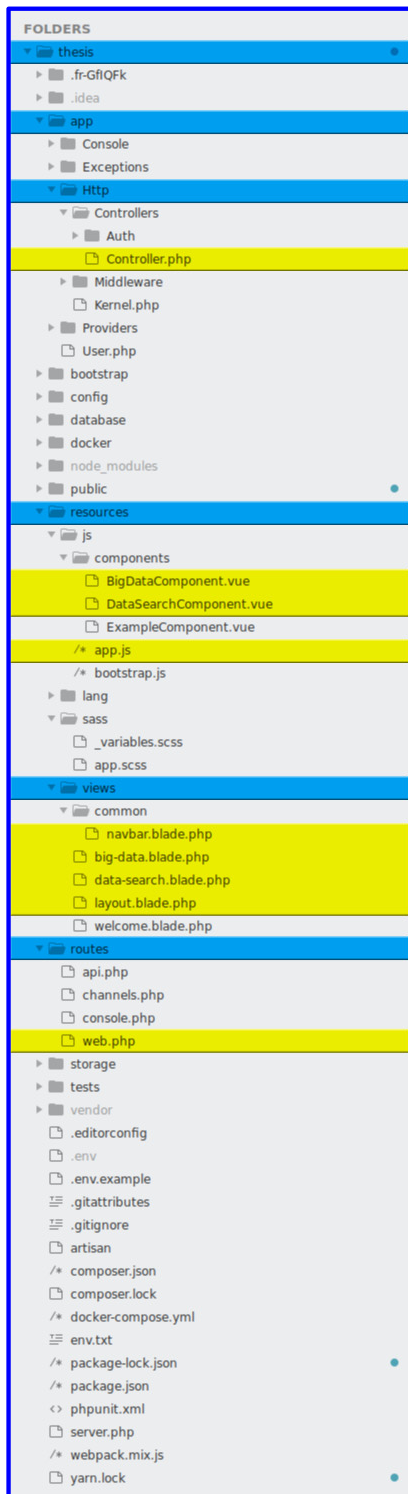
1. **Options API:** Με το Options API, ορίζουμε τη λογική ενός στοιχείου χρησιμοποιώντας ένα αντικείμενο επιλογών όπως δεδομένα, “μεθόδους” (routes) και “προσαρτημένα” (mounted). Οι ιδιότητες που ορίζονται από τις επιλογές εκτίθενται σε αυτές τις εσωτερικές συναρτήσεις, οι οποίες δείχνουν την παρουσία του στοιχείου. Το Options API επικεντρώνεται στην έννοια του “component instance”, το οποίο συνήθως ευθυγραμμίζεται καλύτερα με ένα νοητικό μοντέλο βασισμένο σε κλάσεις για χρήστες που προέρχονται από υπόβαθρο γλώσσας OOP (Object Oriented Programming). Είναι επίσης πιο φιλικό προς τους αρχάριους αφαιρώντας τις λεπτομέρειες αντιδραστικότητας και επιβάλλοντας την οργάνωση κώδικα μέσω ομάδων επιλογών. Συνεπώς, προτιμάται όταν δεν χρησιμοποιούνται εργαλεία μεταγλώττισης (build tools) ή και όταν ο χρήστης σκοπεύει να χρησιμοποιήσει το Vue κυρίως σε σενάρια χαμηλής πολυπλοκότητας.

2. **Composition API:** Με το Composition API, ορίζουμε τη λογική ενός στοιχείου χρησιμοποιώντας εισαγόμενες συναρτήσεις API. Στα SFCs, το Composition API χρησιμοποιείται συνήθως με `<script setup>`. Η παράμετρος `setup` είναι μια υπόδειξη που κάνει το Vue να εκτελεί μετασχηματισμούς κατά τη μεταγλώττιση (build-time) που μας επιτρέπουν να χρησιμοποιούμε το Composition API με λιγότερο boilerplate (τμήματα κώδικα που επαναλαμβάνονται σε πολλά σημεία με μικρή έως καθόλου παραλλαγή). Όσον αφορά την παραγωγή, προτείνεται να χρησιμοποιείται το Composition API, μαζί με SFCs, σε περίπτωση που αποσκοπούμε στο να δημιουργήσουμε πλήρεις εφαρμογές με το Vue.

Αξίζει, τέλος, να σημειωθεί, ότι το Vue πραγματοποιεί αυτόματες βελτιστοποιήσεις στον κώδικα του χρήστη κατά τη διαδικασία της μεταγλώττισης, εξασφαλίζοντας έτσι γρήγορη απεικόνιση κατά την εκτέλεση.

3.4 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Στην ενότητα αυτή θα παρατεθούν λεπτομέρειες σχετικά με τη δημιουργία της εφαρμογής σε πιο τεχνικό επίπεδο και θα ανατρέξουμε και στον αντίστοιχο πηγαίο κώδικα.



Εικόνα 3.16 – Project File Tree

3.4.1 To file tree

Στη διπλανή εικόνα, παρατηρούμε τη δομή των φακέλων και των αρχείων που απαρτίζουν την εφαρμογή. Θα εστιάσουμε, ωστόσο, στα τονισμένα με κίτρινο χρώμα αρχεία, καθώς αυτά γράφτηκαν από την αρχή για το συγκεκριμένο πρωτόλειο, ενώ τα περισσότερα από τα υπόλοιπα αρχεία στους μη μαρκαρισμένους με μπλε φακέλους δημιουργήθηκαν από τη Laravel ή το Vue.js και περιέχουν απαραίτητες συμπεριλήψεις αρχείων ή βιβλιοθηκών τα οποία και εντάχθηκαν με αυτόματο τρόπο στα project files.

Τα πιο σημαντικά από αυτά είναι τα:

- `\routes\web.php` Όπου και δηλώνονται οι “διαδρομές” (routes) της εφαρμογής
- `\app\Http\Controller.php` Εδώ συμπεριλαμβάνονται οι “μέθοδοι” (functions) της εφαρμογής
- `\views\common\navbar.blade.php`
`\views\layout.blade.php`
`\views\big-data.blade.php`
`\views\data-search.blade.php`

Σύμφωνα με τη σύμβαση της Laravel, τα αντίστοιχα “views”, βρίσκονται στον ομώνυμο φάκελο

- `\resources\js\components\app.js` Που αρχικοποιεί τη Vue.js βιβλιοθήκη
`\resources\js\components\BigDataComponent.vue`
`\resources\js\components\DataSearchComponent.vue`

Που είναι τα αρχεία που δημιουργήσαμε μέσω της Vue.js

3.4.2 Ο “κοινός” κώδικας στα views

Προκειμένου να έχουμε επαναχρησιμοποιήσιμο κώδικα, όσον αφορά το κομμάτι της απεικόνισης (rendering), έχει δημιουργηθεί ένα βασικό “view”, που λέγεται “**layout**”, και αντιστοιχεί στο **layout.blade.php**, το οποίο και περιέχει κώδικα που είναι κοινός για όλες τις σελίδες:

```
layout.blade.php
1 <!doctype html>
2 <html lang="{{ str_replace('_', '-', app()->getLocale()) }}">
3 <head>
4     <meta charset="utf-8">
5     <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
6     <meta name="csrf-token" content="{{ csrf_token() }}">
7     <title>Laravel</title>
8
9     <!-- Fonts -->
10    <link href="https://fonts.googleapis.com/css?family=Nunito:200,600" rel="stylesheet">
11
12    <!-- Styles -->
13    <link rel="stylesheet" href="{{ asset('css/app.css') }}">
14 </head>
15 <body>
16 @include('common.navbar')
17 <div id="app">
18     @yield('content')
19 </div>
20 <script src="{{ mix('js/app.js') }}"></script>
21 </body>
22 </html>
23
```

Εικόνα 3.17 – Κώδικας *layout.blade.php*

Πρόκειται για **html** κώδικα, και κάθε φορά που θέλουμε να απεικονίσουμε κάτι επιπλέον, φορτώνουμε στο μαρκαρισμένο πεδίο “**content**” το περιεχόμενο της αντίστοιχης σελίδας (Big Data ή Data Search – ανάλογα, όπως θα δούμε στη συνέχεια).

Επίσης, όπως είδαμε και στην ενότητα 3.2, ένα δεύτερο κοινό σε όλες τις σελίδες είναι η ύπαρξη της “Μπάρας Πλοήγησης” (Navigation Bar) ο κώδικας της οποίας καλείται (Εικόνα 3.17, line: 16), ως “**common.navbar**”:

```
navbar.blade.php
1 <nav class="navbar navbar-expand-lg navbar-light bg-light">
2     <a class="navbar-brand" href="{{ route('home') }}">Data Project</a>
3     <button class="navbar-toggler" type="button" data-toggle="collapse" data-target="#navbarNav" aria-controls="navbarNav"
4         aria-expanded="false" aria-label="Toggle navigation">
5         <span class="navbar-toggler-icon"></span>
6     </button>
7     <div class="collapse navbar-collapse" id="navbarNav">
8         <ul class="navbar-nav">
9             <li class="nav-item active">
10            <a class="nav-link" href="{{ route('home') }}">Dashboard<span class="sr-only">(current)</span></a>
11            </li>
12            <li class="nav-item">
13            <a class="nav-link" href="#">About</a>
14            </li>
15            <li class="nav-item">
16            <a class="nav-link" href="https://github.com" target="_blank">Github</a>
17            </li>
18        </ul>
19    </div>
20 </nav>
```

Εικόνα 3.18 – Κώδικας *navbar.blade.php*

3.4.3 Ο κώδικας για το “Big Data”

Σκοπός αυτής της ενότητας είναι να παρουσιάσουμε τον κώδικα της εφαρμογής, ακολουθώντας τα components που αφορούν το 1^ο από τα 2 βασικά κομμάτια της, το “Big Data”.

Ξεκινώντας από το `web.php` (όπως αναφέρθηκε και στην 3.4.1), βλέπουμε τα routes της εφαρμογής:

```
web.php
1  <?php
2
3  /*
4  |-----
5  | Web Routes
6  |-----
7  |
8  | Here is where you can register web routes for your application. These
9  | routes are loaded by the RouteServiceProvider within a group which
10 | contains the "web" middleware group. Now create something great!
11 |
12 |*/
13
14 Route::get('/', function () {
15     return view('welcome');
16 }->name('home');
17
18 Route::get('/big-data', 'Controller@showBigDataPage')->name('big-data');
19 Route::get('/data-search', 'Controller@showDataSearchPage')->name('data-search');
20
```

Εικόνα 3.19 – Κώδικας `web.php`

Για το πρώτο route, το `/big-data`, καλούμε τον controller (η εφαρμογή μας βασίζεται στο MVC μοτίβο, που περιγράψαμε στην 3.3.1) με όνομα “Controller”:

```
Controller.php
1  <?php
2
3  namespace App\Http\Controllers;
4
5  use Illuminate\Foundation\Bus\DispatchesJobs;
6  use Illuminate\Routing\Controller as BaseController;
7  use Illuminate\Foundation\Validation\ValidatesRequests;
8  use Illuminate\Foundation\Auth\Access\AuthorizesRequests;
9
10 class Controller extends BaseController
11 {
12     use AuthorizesRequests, DispatchesJobs, ValidatesRequests;
13
14     public function showBigDataPage() {
15         return view('big-data');
16     }
17
18     public function showDataSearchPage() {
19         return view('data-search');
20     }
21 }
22
```

Εικόνα 3.20 – Κώδικας `Controller.php`

...και από εκεί τη μέθοδο (function) “showBigDataPage”.

Ο Controller, πλέον, θα πρέπει να επιστρέψει ένα view, που λέγεται “big-data” (Εικόνα 3.20, line: 15). Όπως, προαναφέρθηκε, τα σχετικά αυτά αρχεία, βρίσκονται στο φάκελο \views. Συνεπώς το επόμενο αρχείο που θα εξετάσουμε, είναι το \views\big-data.blade.php:

```
big-data.blade.php
1 @extends('layout')
2
3 @section('content')
4     <big-data></big-data>
5 @endsection
6
```

Εικόνα 3.21 – Κώδικας big-data.blade.php

Σύμφωνα με τα όσα ειπώθηκαν στην 3.4.2, θα επεκτείνουμε το κοινό για όλες τις σελίδες view του αρχείου layout.blade.php, καθώς στο πεδίο “content” (Εικόνα 3.17, line: 18) του τελευταίου, θα στείλουμε το περιεχόμενο του Vue.js component “big-data”, μέσω του big-data.blade.php.

Για λόγους καλύτερου User Interface (UI) και αλληλεπίδρασης με το χρήστη, έχουμε χρησιμοποιήσει και κώδικα γραμμένο σε JavaScript, και πιο συγκεκριμένα, μέσω npm (βλ. 3.3.3) εγκαταστήσαμε το Vue.js framework για το οποίο και έγινε σχετική παρουσίαση στην 3.3.4.

Όπως παρατηρούμε στον κώδικα του layout.blade.php (Εικόνα 3.17, line: 20), σε όλα τα views φορτώνεται πάντα και το αρχείο app.js, το οποίο και είναι υπεύθυνο για την αρχικοποίηση της Vue βιβλιοθήκης:

```
app.js
1
2
3 /**
4  * First we will load all of this project's JavaScript dependencies which
5  * includes Vue and other libraries. It is a great starting point when
6  * building robust, powerful web applications using Vue and Laravel.
7  */
8 require('./bootstrap');
9
10 import Vue from 'vue'
11
12 /**
13  * The following block of code may be used to automatically register your
14  * Vue components. It will recursively scan this directory for the Vue
15  * components and automatically register them with their "basename".
16  *
17  * Eg. ./components/ExampleComponent.vue -> <example-component></example-component>
18  */
19
20 // const files = require.context('.', true, /\.vue$/i);
21 // files.keys().map(key => Vue.component(key.split('/').pop().split('.')[0], files(key).default));
22
23 Vue.component('example-component', require('./components/ExampleComponent.vue').default);
24 Vue.component('big-data', require('./components/BigDataComponent.vue').default);
25 Vue.component('data-search', require('./components/DataSearchComponent.vue').default);
26 /**
27  * Next, we will create a fresh Vue application instance and attach it to
28  * the page. Then, you may begin adding components to this application
29  * or customize the JavaScript scaffolding to fit your unique needs.
30  */
31
32 const app = new Vue({
33   el: '#app'
34 });
35
```

Εικόνα 3.22 – Κώδικας app.js

Οπότε, λοιπόν, αυτό το section “big-data” στο big-data.blade.php (Εικόνα 3.21, line: 4), πρακτικά φορτώνει το **BigDataComponent.vue**, του οποίου ο κώδικας είναι ο εξής:

```
BigDataComponent.vue
1 <template>
2   <div class="container">
3     <div class="row mt-5">
4       <div class="spinner col-12 justify-content-center mb-5" v-if="loading" style="text-align: center">
5         <i class="fas fa-spinner fa-spin" style="font-size: 400%;"></i>
6       </div>
7       <div class="card-container mb-2 col-md-6 col-lg-4 col-sm-12" v-for="article in articles">
8         <div class="card">
9           <div class="card-body">
10            <h5 class="card-title">{{ article.title }}</h5>
11            <h6 class="card-subtitle mb-2 text-muted">{{ article.author }}</h6>
12            <p class="card-text">{{ article.description }}</p>
13            <a href="article.url" target="_blank" class="card-link">Read more</a>
14          </div>
15        </div>
16      </div>
17    </div>
18  </div>
19 </template>
20
21 <script>
22   import axios from 'axios'
23
24   const API KEY = 'f92d0baf3d53487085a2295201ed81a8';
25
26   export default {
27     data() {
28       return {
29         articles: [] = [],
30         loading : true
31       }
32     },
33     mounted() {
34       axios.get('http://newsapi.org/v2/top-headlines?country=us&apiKey=' + API KEY).then(res => {
35         this.articles = res.data.articles;
36         this.loading = false;
37         console.log(this.articles);
38       });
39     }
40   }
41 </script>
42
43 <style>
44   .btn {
45     height: 60px;
46     width: 200px;
47   }
48 </style>
49
```

Εικόνα 3.23 – Κώδικας BigDataComponent.vue

Σε αυτό το component, έχουμε την `html` που βλέπει ο χρήστης (lines: 1..19) (και στις οποίες την ανάλυση δεν θα επεκταθούμε, καθώς κάτι τέτοιο ξεφεύγει από τα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας), και αμέσως μετά (lines: 21..41) τη JavaScript, η οποία παίρνει τα δεδομένα από το News API (βλ. 3.1.2), και τα παρουσιάζει στο χρήστη. Μέσω της βιβλιοθήκης `axios`, που κάνει http κλήσεις (Εικόνα 3.23, line: 34), παίρνουμε από το News API (όπως φαίνεται και από την κλήση που κάνουμε) τα κορυφαία πρωτοσέλιδα από τις Ηνωμένες Πολιτείες, χρησιμοποιώντας ένα απαιτούμενο API key, το οποίο έχει οριστεί σαν σταθερά στο line: 24.

3.4.4 Ο κώδικας για το “DSS”

Στην τρέχουσα ενότητα, θα επαναλάβουμε τη διαδικασία, αυτή τη φορά για το 2^ο route της εφαρμογής μας, το “DSS” (Data Search System).

Ξεκινάμε πάλι από το `web.php`, όμως, στην προκειμένη περίπτωση, θα ακολουθήσουμε το `/data-search` route:

```
web.php
1  <?php
2
3  /*
4  |-----
5  | Web Routes
6  |-----
7
8  | Here is where you can register web routes for your application. These
9  | routes are loaded by the RouteServiceProvider within a group which
10 | contains the "web" middleware group. Now create something great!
11 |
12 | */
13
14 Route::get('/', function () {
15     return view('welcome');
16 }->name('home');
17
18 Route::get('/big-data', 'Controller@showBigDataPage')->name('big-data');
19 Route::get('/data-search', 'Controller@showDataSearchPage')->name('data-search');
20
```

Εικόνα 3.19 – Κώδικας `web.php`

Για το `/data-search`, καλούμε πάλι τον ίδιο controller με το όνομα “Controller”, και από εκεί τη μέθοδο (function) “`showDataSearchPage`”:

```
Controller.php
1 <?php
2
3 namespace App\Http\Controllers;
4
5 use Illuminate\Foundation\Bus\DispatchesJobs;
6 use Illuminate\Routing\Controller as BaseController;
7 use Illuminate\Foundation\Validation\ValidatesRequests;
8 use Illuminate\Foundation\Auth\Access\AuthorizesRequests;
9
10 class Controller extends BaseController
11 {
12     use AuthorizesRequests, DispatchesJobs, ValidatesRequests;
13
14     public function showBigDataPage() {
15         return view('big-data');
16     }
17
18     public function showDataSearchPage() {
19         return view('data-search');
20     }
21 }
22
```

Εικόνα 3.20 – Κώδικας Controller.php

Ο Controller, αυτή τη φορά, θα πρέπει να επιστρέψει ένα άλλο view, που λέγεται “data-search” (Εικόνα 3.20, line: 19). Το επίμαχο αρχείο που θα εξετάσουμε τώρα, είναι το `\views\data-search.blade.php`:

```
data-search.blade.php
1 @extends('layout')
2
3 @section('content')
4     <data-search></data-search>
5 @endsection
6
```

Εικόνα 3.24 – Κώδικας data-search.blade.php

Σε αυτήν την περίπτωση, θα επεκτείνουμε το κοινό, όπως είπαμε, για όλες τις σελίδες view του αρχείου `layout.blade.php`, βάζοντας στο πεδίο “content” (Εικόνα 3.17, line: 18) το περιεχόμενο του Vue.js component “data-search”, μέσω αυτού του `data-search.blade.php`.

Στο αρχείο `app.js`, που, όπως αναφέρθηκε, αρχικοποιεί την Vue.js, έχουμε ήδη δηλώσει την ύπαρξη του `data-search` (Εικόνα 3.22, line: 25) και τον συσχετισμό του με το Vue SFC (βλ. 3.3.4) `DataSearchComponent.vue`.

Συνεπώς, αμέσως μετά θα γίνει κλήση από τον `Controller` στη μέθοδο `showDataSearchPage`, και θα φορτωθεί ο κώδικας του `DataSearchComponent.vue`, ο οποίος και αποτελείται από 2 τμήματα (στο ίδιο αρχείο):

DataSearchComponent.vue

```

1 <template>
2   <div class="container mt-4">
3     <div class="row">
4       <div class="col-3">
5         <div class="form-group">
6           <label for="year1">Select start year:</label>
7           <select class="form-control" id="year1" v-model="startYear">
8             <option v-for="year in years" :value="year">{{ year }}</option>
9           </select>
10        </div>
11      </div>
12      <div class="col-3">
13        <div class="form-group">
14          <label for="year2">Select end year:</label>
15          <select class="form-control" id="year2" v-model="endYear">
16            <option v-for="year in years" :value="year">{{ year }}</option>
17          </select>
18        </div>
19      </div>
20      <div class="col-6">
21        <div class="form-group">
22          <label for="text">Search text:</label>
23          <input type="text" class="form-control" id="text" v-model="searchText">
24        </div>
25      </div>
26    </div>
27    <div class="row mt-4">
28      <button class="btn btn-primary" style="margin: 0 auto;" v-on:click="search" :disabled="loading">
29        SEARCH
30      </button>
31    </div>
32    <div class="row mt-4" v-if="errorMessage">
33      <p class="alert-danger" style="margin: 0 auto; width: 100%; text-align: center;">{{ errorMessage }}</p>
34    </div>
35    <div class="row mt-4" v-if="infoMessage">
36      <p class="alert-info" style="margin: 0 auto; width: 100%; text-align: center;">{{ infoMessage }}</p>
37    </div>
38    <div class="row mt-5">
39      <div class="spinner col-12 justify-content-center mb-5" v-if="loading" style="text-align: center">
40        <i class="fas fa-spinner fa-spin" style="font-size: 400%;"></i>
41      </div>
42    </div>
43    <div class="row mt-4" v-if="articles.length"><h3>{{ articles.length }} Articles Found:</h3></div>
44    <div class="row mt-4">
45      <div class="card-container mb-2 col-md-6 col-lg-4 col-sm-12" v-for="article in articles">
46        <div class="card">
47          <div class="card-body">
48            <h5 class="card-title">{{ article.title }}</h5>
49            <h6 class="card-subtitle mb-2 text-muted">{{ article.day }} {{ article.month }} {{ article.year }}</h6>
50            <p class="card-text">{{ article.articleTitle }}</p>
51          </div>
52        </div>
53      </div>
54    </div>
55  </div>
56 </template>
57
58 <script>
59   import axios from 'axios';
60
61   const SEARCH_URL = 'http://eutils.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/eutils/';
62

```

Εικόνα 3.25 – Κώδικας DataSearchComponent.vue (μέρος Α)

Το πρώτο αυτό κομμάτι του κώδικα του `DataSearchComponent.vue`, αποτελείται από `html` (lines: 1..56), και όπως ήδη αναφέρθηκε, η ανάλυσή της ξεφεύγει από τα όρια της εργασίας, αλλά πρακτικά είναι ο κώδικας που σχετίζεται με το input εύρους ετών και όρων προς αναζήτηση (Εικόνα 3.10) και που αναλαμβάνει το loading spinner και τα μηνύματα περί εύρεσης αποτελεσμάτων.

DataSearchComponent.vue

```

58 <script>
59   import axios from 'axios';
60
61   const SEARCH_URL = 'http://eutils.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/eutils/';
62
63   export default {
64     data() {
65       return {
66         loading: false,
67         startYear: 2018,
68         endYear: 2019,
69         searchText: null,
70         errorMessage: null,
71         infoMessage: null,
72         articles: []
73       }
74     },
75     computed: {
76       years () {
77         const year = new Date().getFullYear();
78         return Array.from({length: year - 2000}, (value, index) => year - index)
79       }
80     },
81     methods: {
82       search: function() {
83         this.infoMessage = 'Searching...';
84         this.loading = true;
85         const searchText = this.searchText.trim().replace(/\s+/g, '+');
86         const url = SEARCH_URL + 'esearch.fcgi?db=pubmed&term=' + searchText + '+AND+' + this.startYear + '+AND+'
87           + this.endYear;
88         this.articles = [];
89         axios.get(url).then(res => {
90           let ids = [];
91           const parser = new DOMParser();
92           const xmlDoc = parser.parseFromString(res.data, "text/xml");
93
94           const idElements = xmlDoc.getElementsByTagName("Id");
95
96           for (let item of idElements) {
97             ids.push(item.innerHTML); getArticlesByIds
98           }
99
100           this.getArticlesByIds(ids);
101         }); getArticlesByIds
102       },
103       getArticlesByIds: function (ids) {
104         this.infoMessage = 'Articles found! Transforming...';
105         console.log(ids);
106
107         const url = SEARCH_URL + 'efetch.fcgi?db=pubmed&id=' + ids.join() + '&rettype=xml';
108         console.log(url);
109         axios.get(url).then(res => {
110           this.parseAndDisplayArticles(res);
111         });
112       },
113       parseAndDisplayArticles(res) {
114         const parser = new DOMParser();
115         const xmlDoc = parser.parseFromString(res.data, "text/xml");
116
117         const articleElemets = xmlDoc.getElementsByTagName("PubmedArticle");
118         this.articles = [];
119         for (let articleEl of articleElemets) {
120           const pubDateEl = articleEl.getElementsByTagName('PubDate').item(0);
121           console.log(pubDateEl);
122           if(pubDateEl.getElementsByTagName('Year').item(0) && pubDateEl.getElementsByTagName('Month').item(0)
123             && pubDateEl.getElementsByTagName('Day').item(0))
124             this.articles.push({
125               year: pubDateEl.getElementsByTagName('Year').item(0).innerHTML,
126               month: pubDateEl.getElementsByTagName('Month').item(0).innerHTML,
127               day: pubDateEl.getElementsByTagName('Day').item(0).innerHTML,
128               title: articleEl.getElementsByTagName('Title').item(0).innerHTML,
129               articleTitle: articleEl.getElementsByTagName('ArticleTitle').item(0).innerHTML
130             });
131         }
132         this.loading = false;
133         this.infoMessage = null;
134         console.log(this.articles);
135       }
136     },
137     mounted() {
138     }
139   }

```

Εικόνα 3.26 – Κώδικας DataSearchComponent.vue (μέρος Β)

DataSearchComponent.vue

```
134     },
135     mounted() {
136     }
137   }
138 </script>
139
140 <style scoped>
141   .btn {
142     height: 60px;
143     width: 200px;
144   }
145 </style>
146
```

Εικόνα 3.27 – Κώδικας DataSearchComponent.vue (μέρος Γ)

Στο δεύτερο κομμάτι, βλέπουμε τον JavaScript κώδικα, ο οποίος αφού πάρει από το χρήστη τα δεδομένα που συμπλήρωσε στα κουτάκια της DSS σελίδας (Εικόνα 3.10), πρέπει να του επιστρέψει τα medical publications που πληρούν αυτά τα κριτήρια.

Οπότε, με τη μέθοδο “search” (Εικόνα 3.26, lines: 82..101), κάνουμε κλήση στην PubMed (Εικόνα 3.26, lines: 61, 86) μέσω των “Entrez Programming Utilities” του NCBI, που περιεγράφηκαν στην 3.1.3 (με τον τρόπο, δηλαδή, που το REST API της PubMed λειτουργεί), και με το εργαλείο των τελευταίων “esearch” (Εικόνα 3.26, line: 86) παίρνουμε τα IDs των publications που χρειαζόμαστε.

Στη συνέχεια, κάνουμε πάλι μια κλήση για να παραλάβουμε τα άρθρα (publications) που αντιστοιχούν σε αυτά τα IDs, με τη μέθοδο “getArticlesByIds” (Εικόνα 3.26, lines: 102..111), αυτήν τη φορά χρησιμοποιώντας το εργαλείο “efetch” των E-Utilities του NCBI (Εικόνα 3.26, lines: 61, 106).

Τέλος, αφού λάβουμε τα άρθρα αυτά, επειδή είναι σε μορφή XML, θα πρέπει να κάνουμε την αντίστοιχη μετατροπή (parsing) ώστε να τα παρουσιάσουμε στην οθόνη. Αυτή η λειτουργία υλοποιείται στο κομμάτι του κώδικα “parseAndDisplayArticles” (Εικόνα 3.26, lines: 112..133).

Κεφάλαιο 4. Επίλογος

4.1 Σύνοψη και Συμπεράσματα

Οι διαδικτυακές πλατφόρμες έχουν εισαχθεί, μελετηθεί και εδραιωθεί στο χώρο της υγείας σε υπολογίσιμο βαθμό σε παγκόσμια κλίμακα. Θεωρούμε όμως πως είναι επιτακτική η ακόμη μεγαλύτερη υιοθέτησή τους σε ευρύτερο, αλλά και εθνικό επίπεδο. Προκειμένου τέτοια εργαλεία, όπως αυτό που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, να φτάσουν σε production σημείο θα χρειαστεί να δοθεί έμφαση στα παρακάτω ζητήματα:

- Απαιτείται η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος, το οποίο να υποστηρίζει τη διαλειτουργικότητα και με τις υπόλοιπες υπάρχουσες δομές, ώστε να είναι ομαλή η μετάβαση σε κατανεμημένα συστήματα πληροφορίας.

- Απαραίτητο προς αυτήν την κατεύθυνση και για futureproofing είναι η εκμετάλλευση των πιο σύγχρονων, εισηγμένων στη βιομηχανία τεχνολογιών, όπως (αλλά και όχι μόνο) αυτών που χρησιμοποιήθηκαν και στο παράδειγμά μας, και η εξασφάλιση της υλοποίησης σε επίπεδο cloud (αν και ο web server που έτρεχε στην περίπτωσή μας διενεργούσε σε local επίπεδο).

- Χρειάζεται να επιμείνουμε στην ασφάλεια των ιατρικών δεδομένων, σύμφωνα με τις πρόσφατες ρυθμίσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης περί απορρήτου (GDPR – General Data Protection Regulation).

- Είναι επιτακτικό, τέτοια προϊόντα να συνοδεύονται από φιλικό προς το χρήστη (τόσο σε αισθητικό όσο και σε λειτουργικό επίπεδο) περιβάλλον εφαρμογής (UI/UX), ώστε να επιτευχθεί όσο το δυνατό μεγαλύτερη υιοθέτηση σε επίπεδο χρηστών – επαγγελματιών υγείας.

- Θα πρέπει ο σχεδιασμός της αρχιτεκτονικής να είναι τέτοιος που να περιλαμβάνει όλους τους φορείς υγείας και εμπλεκόμενους.

Καθώς, λοιπόν, ο απώτερος στόχος μας είναι η βελτίωση της ποιότητας παροχής υπηρεσιών υγείας προς τους ασθενείς, το στοίχημα είναι να σχεδιαστούν τέτοιου είδους εργαλεία, πάντα με επίκεντρο τον ασθενή που ενδεχομένως να μπορεί να τα χρησιμοποιεί σε ένα βαθμό ο ίδιος, ή να εξασφαλίζουν βελτιστοποίηση των διαδικασιών και εξοικονόμηση χρόνου από την πλευρά των λειτουργών υγείας ώστε να απολαμβάνει ανώτερης ποιότητας παροχές, λιγότερη ταλαιπωρία κατά το στάδιο της διάγνωσης, χαμηλότερο κόστος όσον αφορά τα Εθνικά Συστήματα Υγείας (άρα και

μειωμένους φόρους) και, τέλος, γρηγορότερη παρασκευή πιο αποτελεσματικών φαρμακευτικών σκευασμάτων.

4.2 Περιορισμοί παρούσας Έρευνας

Κατά την έρευνα αυτή, πραγματοποιήθηκαν ορισμένες παραδοχές και, ομολογουμένως, τελέσαμε υπό κάποιους περιορισμούς, που αν τυχόν προσπεραστούν, θα είμαστε σε θέση να δομήσουμε καλύτερα την τελική εικόνα και άρα να ορίσουμε και να σχεδιάσουμε με το βέλτιστο δυνατό τρόπο την αρχιτεκτονική του συστήματος.

Οι εν λόγω περιορισμοί καταμερίζονται σε:

- **Τεχνικούς Περιορισμούς:** Δεν υπάρχει πλήρης γνώση του συνόλου των πληροφοριακών συστημάτων που χρησιμοποιούν τα ελληνικά νοσοκομεία και ιατρεία (ή και ενδεχομένως πρόσβαση σε αυτά). Όπως ήδη προαναφέρθηκε στην εισαγωγική παράγραφο του 3^{ου} Κεφαλαίου, η δουλειά μας βασίστηκε στις ανοιχτές στο ευρύ κοινό διεπαφές και βάσεις δεδομένων που αναλύθηκαν (News API και PubMed μέσω Entrez Programming Utilities του NCBI). Σύμφωνα με έρευνα του συμφοιτητή Γεώργιου Πατσέα [69], η πλειοψηφία των ήδη υπαρχόντων συστημάτων (για τα ελληνικά δεδομένα τουλάχιστον) “πατούν” σε εφαρμογές που χρησιμοποιούν τοπικές βάσεις δεδομένων (desktop applications). Αυτό είναι προβληματικό, καθώς προκειμένου να υπάρξει συγχρονισμός με αυτές, απαιτείται τοπική εξαγωγή των βάσεων τους μέσω κάποιου ενδιάμεσου πρωτόκολλου που εξυπηρετεί το διαμοιρασμό πληροφορίας σε web περιβάλλον (XML ή JSON). Μοιραία, βέβαια, η διαδικασία αυτή θα συμβεί στο σύντομο μέλλον, καθώς πλέον θεωρείται καθολική τάση στα πληροφοριακά συστήματα να δομούνται είτε στο υπολογιστικό νέφος (cloud), είτε με τρόπους που καθιστούν εύκολη τη διασύνδεση με αυτό. Εξάιρεση στον κανόνα, βέβαια, αποτελεί το “Ηλεκτρονικό Σύστημα Συνταγογράφησης”, το οποίο είναι ήδη cloud-based.

- **Νομικούς Περιορισμούς:** Ο διαμοιρασμός πληροφοριών που υπόκεινται στο ιατρικό απόρρητο με ανώνυμο, πάντα, τρόπο για λόγους στατιστικής, αποτελεί μία γκρίζα νομική ζώνη, ακόμα και αν η χρήση θα γίνει αυστηρά στα πλαίσια ακαδημαϊκών ή επιστημονικών σκοπών. Αν και στο σύστημά μας εν τέλει δεν χρησιμοποιήθηκαν τέτοιου είδους στοιχεία, για λόγους ηθικής θα προτείναμε, σε τυχόν εξέλιξη ή επέκταση του λογισμικού αυτού, να γίνει προσεκτική διατύπωση των όρων χρήσης και ο ασθενής να δηλώνει ρητώς (κατά την εγγραφή του, ή μέσω του επαγγελματία υγείας που τον υποστηρίζει) αν επιθυμεί να είναι τα δεδομένα του προσβάσιμα από συναφή συστήματα. Ιδιαίτερα σημαντικός, προς αυτήν την κατεύθυνση, κρίνεται ο ανάλογος σχεδιασμός της

διεπαφής χρήστη, ώστε να γίνονται σαφή τα οφέλη της σχετικής του θετικής απόφασης, όσον αφορά την έρευνα.

- Οικονομικούς Περιορισμούς: Σχετικά εγχειρήματα σε επίπεδο production, απαιτούν και ανάλογα υψηλό προϋπολογισμό. Επειδή, ωστόσο, τα οικονομικά οφέλη και η επιστημονική αλλά και κοινωνική προσφορά τέτοιων παραγωγών υπερτερούν έναντι της δαπάνης τους, θα προτείναμε τη σύναψη συνεργασίας μεταξύ (δημοσίων ή ιδιωτικών) νοσοκομείων, φαρμακοβιομηχανιών και κρατικών οργανισμών ή φορέων. Με αυτόν τον τρόπο ενισχύονται και οι πιθανότητες συνολικής (ή τουλάχιστον ευρύτερης) αποδοχής και υιοθέτησής τους από την ιατρική κοινότητα.

4.3 Μελλοντικές επεκτάσεις

Η σημασία και χρησιμότητα της πλατφόρμας που δημιουργήθηκε εξαρτάται άμεσα από τις βάσεις δεδομένων και τα απομακρυσμένα συστήματα ή εργαλεία με τα οποία μπορεί να συνδεθεί και να ανταλλάξει πληροφορίες. Κατόπιν ενδεχόμενων μελλοντικών προσθηκών, θα ήταν δυνατό να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο για τους επαγγελματίες υγείας.

Παραθέτουμε ορισμένες ιδέες προς αυτήν την κατεύθυνση:

- Θα ήταν χρήσιμη η διασύνδεση με βάσεις δεδομένων του Εθνικού Συστήματος Υγείας, αλλά και ιδιωτικών ιδρυμάτων παροχής υπηρεσιών υγείας, σχετικές με ιστορικά ασθενών ή με ανταπόκριση σε διάφορες φαρμακευτικές αγωγές, με χρονολόγιο συμβάντων διάγνωσης ή και σχετικές με ιδιαιτερότητες των τελευταίων (για παράδειγμα αλλεργίες, κ.ά.). Όπως, επίσης, αναφέρθηκε στην εισαγωγική παράγραφο του 3^{ου} Κεφαλαίου, θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη και η ένταξη διεθνών βάσεων - πηγών μελέτης για θέματα ιατρικής, νοσηλευτικής ή βιοφαρμακευτικής, όπως είναι, για παράδειγμα, η CINAHL [47].

- Θα προτείναμε, ακόμη, δημιουργία βάσεων δεδομένων (και διασύνδεση της πλατφόρμας με αυτές) όσον αφορά νομοθεσίες σχετικές με τον τομέα της υγείας, οι οποίες θα πρέπει να ανανεώνονται δυναμικά ώστε να ανταποκρίνονται στα εκάστοτε ισχύοντα μέτρα, και που θα ήταν χρήσιμες στο ιατρικό προσωπικό σε διάφορες περιπτώσεις όσον αφορά διαδικασίες τύπου (αλλά όχι μόνο) συνταγογράφησης, πρωτοκόλλων, ή και απαραίτητων δικαιολογητικών για την εκάστοτε επέμβαση.

- Ως σημαντική κρίνεται και η συνεργασία με ήδη παγιωμένα συστήματα, όπως αυτό της ηλεκτρονικής συνταγογράφησης, ή με συστήματα ασφαλιστικών φορέων προς την κατεύθυνση της αύξησης της διαφάνειας.

- Η δημιουργία και ένταξη στην πλατφόρμα συστήματος γνώσης, που με βάση τα σκευάσματα που έχουν χορηγήσει οι ιατροί σε παρόμοια περιστατικά, θα προτείνει τις κατάλληλες δραστικές ουσίες στον (επαγγελματία) συμβεβλημένο χρήστη, και

- Η ενσωμάτωση συστήματος αξιολόγησης των ληφθέντων υπηρεσιών υγείας από την πλευρά των ασθενών, αλλά και της πορείας των θεραπειών από αυτήν των ιατρικών λειτουργιών, ώστε να είναι δυνατή η ταξινόμηση με κριτήριο την αποτελεσματικότητα σε κάθε αγωγή, αλλά και μεθόδων επιβράβευσης ώστε να δίνονται κίνητρα για αναβαθμισμένες παροχές υγείας από τους τελευταίους.

Όσον αφορά την υλοποίηση των παραπάνω, με βάση τον τρόπο που κινηθήκαμε μέχρι τώρα, προτείνουμε:

- Το front-end κομμάτι να στηριχτεί σε σύγχρονο HTML 5 (HTML, CSS και JavaScript)
- Όσον αφορά το back-end, το περιβάλλον Node.js, [58], που ήδη χρησιμοποιήθηκε
- Οι βάσεις δεδομένων να βασιστούν σε κάποιο μοντέρνο πρότυπο, υιοθετημένο από τη βιομηχανία (όπως MongoDB [70], ή παρόμοιο)
- Ο τρόπος επικοινωνίας client-server να πραγματοποιείται μέσω RESTful API, όπως και στη μέχρι τώρα εφαρμογή
- Να χρησιμοποιηθεί το Laravel framework, μιας και υλοποιεί το MVC pattern αρκετά ικανοποιητικά, και το πρωτόλειό μας δημιουργήθηκε με βάση αυτό
- Να δοθεί έμφαση στη δημιουργία αισθητικά ικανοποιητικού αλλά και λειτουργικού User Interface (Θα μπορούσε να προταθεί η Vue.js [67], που είδαμε στο παράδειγμά μας, ή έστω κάτι συναφές)
- Βελτιστοποίηση για περιβάλλον desktop, αλλά και mobile (μέσω κάποιας εφαρμογής tablet ή κινητού τηλεφώνου, για καλύτερη εμπειρία χρήσης), και
- Υποστήριξη περισσότερων γλωσσών (με τη μορφή μεταφράσεων) για το UI, με στόχο την πολυπολιτισμική συμπεριληπτικότητα

Κεφάλαιο 5. Βιβλιογραφία

[1] Hinge Health Website, Available: <https://www.hingehealth.com/>

[2] Amirdelfan K, Hong M, Tay B, Reddy S, Reddy V, Yang M, Khanna K, Shirvalkar P, Abrecht C, Gulati A. High-Frequency Impulse Therapy for Treatment of Chronic Back Pain: A Multicenter Randomized Controlled Pilot Study. *Journal of Pain Research*. 2021 Sep 22;14:2991-2999. doi: 10.2147/JPR.S325230. PMID: 34588809; PMCID: PMC8473565.

[3] Hallock JL, Handa VL. The Epidemiology of Pelvic Floor Disorders and Childbirth: An Update. *Obstetrics and Gynecology Clinics of North America*. 2016 Mar;43(1):1-13. doi: 10.1016/j.ogc.2015.10.008. PMID: 26880504; PMCID: PMC4757815.

[4] Newman D K, Ee C H, Gordon D, Srinivas S, Williams K, Cahill B Norton N. Continence promotion, education & primary prevention. *Incontinence, International Foundation for Functional Gastrointestinal Disorders, USA*. 2009.

[5] Wang G, Yang M, Hong M, Krauss J, Bailey JF. Clinical outcomes one year after a digital musculoskeletal (MSK) program: an observational, longitudinal study with nonparticipant comparison group. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2022 Mar 11;23(1):237. doi: 10.1186/s12891-022-05188-x. PMID: 35277161; PMCID: PMC8914456.

[6] Mecklenburg G, Smittenaar P, Erhart-Hledik JC, Perez DA, Hunter S. Effects of a 12-Week Digital Care Program for Chronic Knee Pain on Pain, Mobility, and Surgery Risk: Randomized Controlled Trial. *Journal of Medical Internet Research*. 2018 Apr 25;20(4):e156. doi: 10.2196/jmir.9667. PMID: 29695370; PMCID: PMC5943627.

[7] Shebib R, Bailey JF, Smittenaar P, Perez DA, Mecklenburg G, Hunter S. Randomized controlled trial of a 12-week digital care program in improving low back pain. *NPJ Digit Medicine*. 2019 Jan 7;2:1. doi: 10.1038/s41746-018-0076-7. PMID: 31304351; PMCID: PMC6550254.

[8] Bailey JF, Agarwal V, Zheng P, Smuck M, Fredericson M, Kennedy DJ, Krauss J. Digital Care for Chronic Musculoskeletal Pain: 10,000 Participant Longitudinal Cohort Study. *Journal of Medical Internet Research*. 2020 May 11;22(5):e18250. doi: 10.2196/18250. PMID: 32208358; PMCID: PMC7248800.

[9] Dreem Website, Available: <https://www.dreem.com/>

[10] Fry A, Dr. Rehman A. **Obesity and Sleep**. Sleep Foundation. 2022 Apr 18.

[11] Pacheco D, Dr. Singh A. **Lack of Sleep and Diabetes**. Sleep Foundation. 2022 Apr 1.

[12] Lang CJ, Appleton SL, Vakulin A, McEvoy RD, Wittert GA, Martin SA, Catcheside PG, Antic NA, Lack L, Adams RJ. **Co-morbid OSA and insomnia increases depression prevalence and severity in men**. *Respirology*. 2017 Oct;22(7):1407-1415. doi: 10.1111/resp.13064. Epub 2017 Jun 7. PMID: 28589663.

[13] Jackson ML, Cavuoto M, Schembri R, Doré V, Villemagne VL, Barnes M, O'Donoghue FJ, Rowe CC, Robinson SR. **Severe Obstructive Sleep Apnea Is Associated with Higher Brain Amyloid Burden: A Preliminary PET Imaging Study**. *Journal of Alzheimer's Disease*. 2020;78(2):611-617. doi: 10.3233/JAD-200571. PMID: 33016907.

[14] Arnal PJ, Thorey V, Debellemanni E, Ballard ME, Bou Hernandez A, Guillot A, Jourde H, Harris M, Guillard M, Van Beers P, Chennaoui M, Sauvet F. **The Dreem Headband compared to polysomnography for electroencephalographic signal acquisition and sleep staging**. *Sleep*. 2020 Nov 12;43(11):zsaa097. doi: 10.1093/sleep/zsaa097. PMID: 32433768; PMCID: PMC7751170.

[15] Waeber A, Arnal PJ, Lecciso G, Albir D, Mignot E, Heinzer R. **Acoustic stimulation time-locked to the beginning of sleep apnea events reduces oxygen desaturations: a pilot-study**. *Sleep Medicine*. 2021 Feb;78:38-42. doi: 10.1016/j.sleep.2020.12.006. Epub 2020 Dec 11. PMID: 33383395.

[16] SonarMD Website, Available: <https://sonarmd.com/>

[17] Dulai PS, Singh S, Ohno-Machado L, Sandborn WJ. **Population Health Management for Inflammatory Bowel Disease**. *Gastroenterology*. 2018 Jan;154(1):37-45. doi: 10.1053/j.gastro.2017.09.052. Epub 2017 Nov 7. PMID: 29122544.

[18] SonarMD, Blue Cross®, Blue Shield of Illinois. **New Study Shows SonarMD Lowers Cost of Managing Crohn's Disease**. *Digestive Disease Week® – DDW 2019*. 2019.

[19] Keiler P (Collaborate Health). **Digestive Health: SonarMD Achieves Industry-Leading Patient Engagement**. 2022 Mar 31.

[20] Vidavo Website, Available: <https://www.vidavo.eu/>

[21] Vodafone Foundation Website,
Available: <https://www.vodafone.com/vodafone-foundation/>

[22] Vodafone Greece Press Release. Ίδρυμα Vodafone: 20 χρόνια προσφοράς στον άνθρωπο και την Ελλάδα. 2022 Jun 29.

[23] Vodafone Greece Press Release. Καλύπτοντας πραγματικές ανάγκες με το Πρόγραμμα Τηλεϊατρικής της Vodafone. 2014 Jul 11.

[24] Ευθυμιάδης Γ, Νικολαΐδης Ι, Αγγελίδης Π. Αξιολογώντας τα Οφέλη της Εφαρμογής του Προγράμματος Τηλεϊατρικής της Vodafone στην Πρωτοβάθμια Φροντίδα Υγείας. 12ο Πανελλήνιο Συνέδριο για τη Διοίκηση, τα Οικονομικά και τις Πολιτικές της Υγείας. Αθήνα, 2016

[25] Vodafone Greece Press Release. Το Πρόγραμμα Τηλεϊατρικής Vodafone συμβάλλει στη βελτίωση της υγείας & της ποιότητας ζωής των ασθενών. 2016 Dec 19.

[26] Vodafone Foundation, Imperial College London. DreamLab App,
Available: <https://www.vodafone.com/vodafone-foundation/focus-areas/dreamlab-app/>

[27] Mendelian Website, Available: <https://www.mendelian.co/>

[28] European Commission, Directorate - General for Research and Innovation. Collaboration: A key to unlock the challenges of rare diseases research. Publications Office of the European Union. 2021 Mar 5. doi: 10.2777/249334.

[29] Yan X, He S, Dong D. Determining How Far an Adult Rare Disease Patient Needs to Travel for a Definitive Diagnosis: A Cross-Sectional Examination of the 2018 National Rare Disease Survey in China. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020 Mar 8;17(5):1757. doi: 10.3390/ijerph17051757. PMID: 32182694; PMCID: PMC7084251.

[30] Toal C, Apse R, Buendia O, Fish P, Evans W. A Digital Health Approach: Early Identification of Undiagnosed Rare Disease Patients at Scale. American Society of Human Genetics – Virtual Meeting. 2020 Oct 27-30;

[31] Buendia O, Shankar S, Mahon H, Toal C, Menzies L, Ravichandran P, Roper J, Takhar J, Benfredj R, Evans W. Is it possible to implement a rare disease case-finding tool in primary care? A UK-based pilot study. *Orphanet Journal of Rare Diseases*. 2022 Feb 16;17(1):54. doi: 10.1186/s13023-022-02216-w. PMID: 35172857; PMCID: PMC8848904.

[32] MedWand Website, Available: <https://www.medwand.com/>

[33] Rose R (Interviewee), Philistin D. Health Tech: Robert Rose on how MedWand Solutions' technology can make an important impact on our overall wellness. An Interview with Dave Philistin. 2022 Jan 20.

[34] Linus Health Website, Available: <https://linushealth.com/>

[35] Rentz DM, Papp KV, Mayblyum DV, Sanchez JS, Klein H, Souillard-Mandar W, Sperling RA, Johnson KA. Association of Digital Clock Drawing With PET Amyloid and Tau Pathology in Normal Older Adults. *Neurology*. 2021 Apr 6;96(14):e1844-e1854. doi: 10.1212/WNL.00000000000011697. Epub 2021 Feb 15. PMID: 33589537; PMCID: PMC8105970.

[36] Schejter-Margalit T, Kizony R, Shirvan J, Cedarbaum JM, Bregman N, Thaler A, Giladi N, Mirelman A. Quantitative digital clock drawing test as a sensitive tool to detect subtle cognitive impairments in early stage Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*. 2021 Sep;90:84-89. doi: 10.1016/j.parkreldis.2021.08.002. Epub 2021 Aug 5. PMID: 34416663.

[37] Dion C, Frank BE, Crowley SJ, Hizel LP, Rodriguez K, Tanner JJ, Libon DJ, Price CC. Parkinson's Disease Cognitive Phenotypes Show Unique Clock Drawing Features when Measured with Digital Technology. *Journal of Parkinson's Disease*. 2021;11(2):779-791. doi: 10.3233/JPD-202399. PMID: 33682726; PMCID: PMC8108094.

[38] Lang L, Clifford A, Wei L, Zhang D, Leung D, Augustine G, Danat IM, Zhou W, Copeland JR, Anstey KJ, Chen R. Prevalence and determinants of undetected dementia in the community: a systematic literature review and a meta-analysis. *BMJ Open*. 2017 Feb 3;7(2):e011146. doi: 10.1136/bmjopen-2016-011146. PMID: 28159845; PMCID: PMC5293981.

[39] Amjad H, Roth DL, Samus QM, Yasar S, Wolff JL. Potentially Unsafe Activities and Living Conditions of Older Adults with Dementia. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2016

Jun;64(6):1223-32. doi: 10.1111/jgs.14164. Epub 2016 Jun 2. PMID: 27253366; PMCID: PMC4914464.

[40] Rasmussen J, Langerman H. Alzheimer's Disease - Why We Need Early Diagnosis. Degenerative Neurological and Neuromuscular Disease. 2019 Dec 24;9:123-130. doi: 10.2147/DNND.S228939. PMID: 31920420; PMCID: PMC6935598.

[41] Thyrian JR, Hertel J, Wucherer D, Eichler T, Michalowsky B, Dreier-Wolfgramm A, Zwingmann I, Kilimann I, Teipel S, Hoffmann W. Effectiveness and Safety of Dementia Care Management in Primary Care: A Randomized Clinical Trial. JAMA Psychiatry. 2017 Oct 1;74(10):996-1004. doi: 10.1001/jamapsychiatry.2017.2124. PMID: 28746708; PMCID: PMC5710469.

[42] PatientPop Website, Available: <https://www.patientpop.com/>

[43] PatientPop (Survey). Updated patient survey data: How patients feel about healthcare visits in 2021. 2021 Jan 6.

[44] PatientPop App, Available: <https://apps.apple.com/us/app/patientpop/id1548831995/>

[45] Paige Website, Available: <https://paige.ai/>

[46] da Silva LM, Pereira EM, Salles PG, Godrich R, Ceballos R, Kunz JD, Casson A, Viret J, Chandarlapaty S, Ferreira CG, Ferrari B, Rothrock B, Raciti P, Reuter V, Dogdas B, DeMuth G, Sue J, Kanan C, Grady L, Fuchs TJ, Reis-Filho JS. Independent real-world application of a clinical-grade automated prostate cancer detection system. The Journal Of Pathology. 2021 Jun;254(2):147-158. doi: 10.1002/path.5662. Epub 2021 Apr 27. PMID: 33904171; PMCID: PMC8252036.

[47] CINAHL Website, Available: <https://www.ebsco.com/products/research-databases/cinahl-complete>

[48] News API Website, Available: <https://newsapi.org/>

[49] PubMed Website, Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

[50] NCBI E-utilities Website, Available: <https://eutils.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/eutils/>

[51] Red Hat, Inc. Website, Available: <https://www.redhat.com/>

[52] IBM Website, Available: <https://www.ibm.com/>

- [53] Red Hat, Inc. What is a REST API?. 2020 May 8,
Available: <https://www.redhat.com/en/topics/api/what-is-a-rest-api>
- [54] AWS (Amazon Web Services) Website, Available: <https://aws.amazon.com/>
- [55] Amazon Website, Available: <https://www.amazon.com/>
- [56] AWS (Amazon Web Services) – Knowledge Base. What is RESTful API?,
Available: <https://aws.amazon.com/what-is/restful-api/>
- [57] News API – Documentation, Available: <https://newsapi.org/docs/>
- [58] Node.js Website, Available: <https://nodejs.org/>
- [59] National Library of Medicine (NLM). MEDLINE, PubMed, and PMC (PubMed Central):
How are they different?. 2022 Oct 25, Available: <https://www.nlm.nih.gov/bsd/difference.html>
- [60] Sayers E. A General Introduction to the E-utilities. National Library of Medicine (NLM)
Documentation, Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK25497/>
- [61] Sharma S. Benefits and Drawbacks of MVC Architecture,
Available: <https://shreysharma.com/benefits-and-drawbacks-of-mvc-architecture/>
- [62] Jithin. What is MVC? Advantages and Disadvantages of MVC. 2016 Oct 28,
Available: <https://www.interserver.net/tips/kb/mvc-advantages-disadvantages-mvc/>
- [63] Laravel Website, Available: <https://laravel.com/>
- [64] Laravel – Documentation, Available: <https://laravel.com/docs/9.x/>
- [65] Tutorials Point Pvt Ltd. Laravel – Overview. 2016,
Available: https://www.tutorialspoint.com/laravel/laravel_overview.htm
- [66] Node.js – Knowledge Base. What is npm?. 2011 Aug 26,
Available: <https://nodejs.org/en/knowledge/getting-started/npm/what-is-npm/>
- [67] Vue.js Website, Available: <https://vuejs.org/>
- [68] Vue.js – Documentation. Introduction,
Available: <https://vuejs.org/guide/introduction.html>

[69] Πατσέας Γ, Κουτσούρης ΔΔ. Ανάπτυξη Πρωτοπόρου Συστήματος Καταχώρησης Ιατρικών Δεδομένων Με Σκοπό Την Ευκολότερη Αρχαιοθέτησή Τους Και Την Αποτελεσματικότερη Αξιοποίηση Τους Σε Κλινικές Μελέτες, Στο Υπολογιστικό Νέφος. Άρτεμις +. Αθήνα, 2017 Oct, Available: <http://artemis.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/handle/123456789/13664>

[70] MongoDB Website, Available: <https://www.mongodb.com/>