



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΛΩΣΗΣ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

Ανάπτυξη διαδικτυακά προσβάσιμης Εφαρμογής για την διαχείριση του Σακχαρώδους Διαβήτη Τύπου 2

Διπλωματική Εργασία

Πολίτης Ι. Ηλίας

Επιβλέπουσα: Κωνσταντίνα Νικήτα
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2022



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΣΗΣ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

Ανάπτυξη διαδικτυακά προσβάσιμης Εφαρμογής για την διαχείριση του Σακχαρώδους Διαβήτη Τύπου 2

Διπλωματική Εργασία

Πολίτης Ι. Ηλίας

Επιβλέπουσα: Κωνσταντίνα Νικήτα
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 29η Ιουνίου 2022:

..... Κωνσταντίνα Νικήτα Καθηγήτρια Ε.Μ.Π. Γιώργος Στάμου Καθηγητής Ε.Μ.Π. Ανδρέας-Γεώργιος Σταφυλοπάτης Καθηγητής Ε.Μ.Π.
---	--	---

Αθήνα, Ιούνιος 2022

.....
Πολίτης Ι. Ηλίας

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

Copyright ©Πολίτης Ι. Ηλίας , 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 τον 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.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η σχεδίαση και η ανάπτυξη υπολογιστικού συστήματος υποστήριξης κλινικών αποφάσεων για την διαχείριση του Σακχαρώδους Διαβήτη Τύπου 2 (ΣΔΤ2). Το σύστημα απευθύνεται σε ειδικούς επαγγελματίες υγείας που παρακολουθούν άτομα με ΣΔΤ2. Ο καθορισμός των λειτουργικών προδιαγραφών πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με τους επαγγελματίες υγείας ώστε να εξασφαλίζεται η χρηστικότητα του. Το σύστημα υλοποιήθηκε ως διαδικτυακή εφαρμογή για λόγους εύκολης προσβασιμότητας. Παρέχει δυνατότητες εισαγωγής πληροφοριών σχετικών με κλινικά, δημογραφικά, σωματομετρικά, ιατρικού ιστορικού, θεραπείας και εργαστηριακά δεδομένα προσφέροντας ταυτόχρονα εργαλεία απεικόνισης των δεδομένων τόσο σε επίπεδο πληθυσμού ασθενών όσο και σε επίπεδο ασθενούς. Επιπλέον, διαθέτει εργαλεία βασικής στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων και προηγμένα φίλτρα για τον εντοπισμό ασθενών που πληρούν συγκεκριμένα κριτήρια. Ο επαγγελματίας υγείας έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει φόρμες με συγκεκριμένες ερωτήσεις για την συλλογή επιπλέον δεδομένων. Παράλληλα, έχουν αναπτυχθεί μηχανισμοί διασύνδεσης του συστήματος με ερμηνεύσιμα μοντέλα εκτίμησης του κινδύνου εμφάνισης επιπλοκών του ΣΔΤ2. Για την ανάπτυξη του συστήματος επιλέχθηκαν κάποιες από τις επικρατέστερες τεχνολογίες και γλώσσες προγραμματισμού. Συγκεκριμένα, το διαχειριστικό περιβάλλον (frontend) βασίστηκε στο framework ReactJS της javascript συμπεριλαμβανομένης της επέκτασης React-Redux για την διαχείριση των δεδομένων. Το ενδιάμεσο πρόγραμμα (backend) είναι υπεύθυνο για την εξυπηρέτηση των αιτημάτων του frontend από και προς την βάση δεδομένων. Για το backend χρησιμοποιήθηκε το framework Django της Python ενώ η διασύνδεση με τα ερμηνεύσιμα μοντέλα εκτίμησης του κινδύνου εμφάνισης επιπλοκών βασίστηκε στην γλώσσα προγραμματισμού Python. Η επικοινωνία μεταξύ όλων των επιμέρους συστημάτων της εφαρμογής πραγματοποιείται σύμφωνα με την αρχιτεκτονική RESTful API. Επιπλέον εφαρμόστηκε η τεχνολογία Docker, η οποία καθιστά δυνατή την ανάπτυξη της εφαρμογής σε οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα τύπου Unix ή Windows, ανεξαρτήτως από την κατάσταση και τους περιορισμούς του, εκτελώντας σε όλες τις περιπτώσεις, την ίδια συγκεκριμένη διαδικασία. Τέλος, για την βάση αποθήκευσης των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η PostgreSQL, ωστόσο υποστηρίζεται οποιαδήποτε βάση τύπου SQL.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2, ευφυή συστήματα κλινικών αποφάσεων, αμφιβληστροειδοπάθεια, μοντέλο εκτίμησης πιθανότητας κινδύνου εμφάνισης, καρδιαγγειακή νόσος, ενδιάμεσο πρόγραμμα, διαχειριστικό περιβάλλον ειδικού επαγγελματία υγείας, ηλεκτρονικός φάκελος ασθενούς

ABSTRACT

The present thesis aims at the design and development of a computational clinical decision support system for the management of Diabetes Mellitus Type 2 (DMT2). The system targets healthcare professionals who monitor patients with T2DM. The user requirements collection and system's functional specifications has been conducted in close collaboration with the health professionals in order to ensure its usefulness and usability. It has been implemented as a web application facilitating easy accessibility while enabling the entering of clinical, demographic, somatometric, medical history, treatment, and laboratory data and providing data visualization tools at an individual and population level. In addition, it incorporates basic statistical data analysis tools and advanced filters to identify patients who meet specific criteria. The healthcare professional also has the ability to create customized forms involving specific questions facilitating thus the collection of more data. The system includes mechanisms to integrate complications risk prediction models that are based on Artificial Intelligence. The implementation of the system is based on some of the most prevalent technologies and programming languages. In particular, Javascript's ReactJS framework has been used for the management environment (frontend) along with the React-Redux extension for data management. The backend is responsible for serving frontend requests to and from the database. Python's Django framework has been used for the backend. The Python programming language has also been applied to interface with the risk prediction models. The RESTful API architecture has been utilized as a communication framework among all the components. Docker technology has also been deployed, in order to achieve interoperability. Finally, the database is based on PostgreSQL, yet any SQL database can be supported.

KEYWORDS

Diabetes Mellitus type 2, intelligent clinical decision systems, retinopathy, occurrence risk assessment model, cardiovascular disease, healthcare professional management environment, electronic patient record

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κ. Νικήτα Κωνσταντίνα, για την ευκαιρία που μου προσέφερε, να συνεργαστώ με την ίδια και την ομάδα του εργαστηρίου της και την δυνατότητα να προσφέρω και γω σε έναν τόσο σημαντικό τομέα για τον άνθρωπο, τον τομέα της υγείας.

Επίσης θέλω να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην κ. Ζαρκογιάννη Κωνσταντία, που ήταν δίπλα μου καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής και που χωρίς τις συμβουλές και την καθοδήγηση της, δεν θα μπορούσα να πετύχω ένα αποτέλεσμα που θα μου έδινε τόση χαρά.

Οφείλω ένα ευχαριστώ στην κυρία Θανοπούλου Αναστασία, διαβητολόγο ιατρό του Ιπποκράτειου Νοσοκομείου, που με την εμπειρία της και την αγάπη της γι αυτό που κάνει, μας εφοδίασε με όλες τις απαραίτητες γνώσεις, ώστε το αποτέλεσμα να ικανοποιεί τις ανάγκες που έχει ένας ιατρός σήμερα και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην πραγματική ζωή.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές που είχα ανά τα χρόνια, για τα εφόδια που μου προσέφεραν, τα οποία θα έχω μαζί μου καθ' όλη την διάρκεια της ζωής μου. Τους συμφοιτητές μου, για τις αναμνήσεις, που θα έχω για πάντα στην καρδιά μου. Την οικογένειά μου, που θα έχω για πάντα δίπλα μου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- 1.1. Κίνητρο Διπλωματικής
- 1.2. Αντικείμενο Διπλωματικής
- 1.3. Οργάνωση Κειμένου

2. ΣΑΚΧΑΡΩΔΗΣ ΔΙΑΒΗΤΗΣ (ΣΔ)

- 2.1. Μεταβολισμός Γλυκόζης
- 2.2. Τύποι
 - 2.2.1. ΣΔ Τύπου 1
 - 2.2.2. ΣΔ Τύπου 2
 - 2.2.3. Διαβήτης Κύησης
- 2.3. Στατιστικά
- 2.4. Επιπλοκές
 - 2.4.1. Οξείες
 - 2.4.2. Μακροπρόθεσμες
- 2.5. Γλυκαιμικός Έλεγχος

3. Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών για την Διαχείριση του Σακχαρώδους Διαβήτη τύπου 2

- 3.1. Μοντέλα Εκτίμησης Κινδύνου Εμφάνισης ΣΔ
- 3.2. Μοντέλα Πρόβλεψης Επιπλοκών ΣΔ
- 3.3. Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης ΣΔ

4. Ανάπτυξη Διαδικτυακής Εφαρμογής Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων για την Διαχείριση του Σακχαρώδους Διαβήτη τύπου 2

- 4.1. Συλλογή Προδιαγραφών
 - 4.1.1. Λειτουργικές Προδιαγραφές
 - 4.1.2. Τεχνικές Προδιαγραφές
- 4.2. Διασύνδεση με Ερμηνεύσιμο Μοντέλο Εκτίμησης Πιθανότητας Κινδύνου Εμφάνισης Καρδιαγγειακής Νόσου

5. Παρουσίαση της εφαρμογής

- 5.1. Αρχιτεκτονική της Εφαρμογής
 - 5.1.1. Λειτουργικό Μέρος

5.1.1.1. Διαχειριστικό Περιβάλλον Ιατρού (frontend)

5.1.1.2. Ενδιάμεσο Πρόγραμμα (backend)

5.1.1.3. Βάση Δεδομένων

5.1.2. Τεχνικό Μέρος

5.2. Περιήγηση στο Διαχειριστικό Περιβάλλον Ιατρού

6. Μελλοντική Ανάπτυξη

6.1. Διασύνδεση Εφαρμογής με ‘Real Time Data Feed’

6.2. Διασύνδεση Εφαρμογής με Ευφυή Συστήματα Ιατρικών Αποφάσεων

1. Εισαγωγή

Οι ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις στα ασύρματα δίαχτυτα περιβάλλοντα που περιλαμβάνουν βιοαισθητήρες, IoT διατάξεις και εφαρμογές κινητού καθιστούν εφικτή την συλλογή πληθώρας δεδομένων υγείας. Επιπλέον οι Ηλεκτρονικοί Ιατρικοί Φάκελοι παρέχουν πληροφορίες που συνθέτουν το κλινικό προφίλ. Η επίβλεψη και ικανότητα εκπόνησης συμπερασμάτων σε τόσο μεγάλο όγκο δεδομένων απαιτεί και αυτή εξελιγμένες μεθόδους ώστε να υλοποιείται με όσον το δυνατόν αποτελεσματικότερο τρόπο. Η αποθήκευση αυτών των δεδομένων σε γραφική ύλη, δεν μπορεί να αξιοποιήσει πλήρως όλες τις μεθόδους εξαγωγής συμπερασμάτων που είναι ικανές να εξάγουν εξατομικευμένα συμπεράσματα από πολύ μεγάλο όγκο δεδομένων και ως εκ τούτου να βοηθηθούν ακόμα περισσότερες ανθρώπινες ζωές. Απαιτείται λοιπόν η συγκεντρωτική αποθήκευση αυτών των δεδομένων, ώστε να επιτευχθεί η άμεση και έγκαιρη πρόσβαση τόσο από Ιατρούς, όσο και από υπολογιστικά συστήματα ανάλυσης δεδομένων.

1.1. Κίνητρο Διπλωματικής

Κίνητρο αυτής της διπλωματικής είναι η συλλογή, αποθήκευση και διαχείριση δεδομένων ατόμων με Σακχαρώδη Διαβήτη Τύπου 2 (ΣΔΤ2), με σκοπό να λαμβάνονται έγκαιρα αποφάσεις για την περίθαλψη του ασθενούς και πιο στοχευμένα αξιοποιώντας τις δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης. Η ανάγκη του ιατρού να έχει καθολική εικόνα επί του συνόλου των ασθενών του, θέτει επιπλέον τον στόχο της αξιοποίησης των δεδομένων για την εξαγωγή χρήσιμων στατιστικών, που απεικονίζονται είτε σε μορφή πινάκων, είτε σε μορφή γραφημάτων.

1.2. Αντικείμενο Διπλωματικής

Στο πλαίσιο της διπλωματικής αναπτύχθηκε μια διαδικτυακή πλατφόρμα, στην οποία πραγματοποιείται η αποθήκευση δεδομένων ΣΔΤ2 και παρέχεται άμεση πρόσβαση σε Ιατρούς ώστε να επιβλέπουν τα δεδομένα των ασθενών τους. Ο ιατρός έχει την δυνατότητα να παρακολουθήσει την πορεία της υγείας ενός ασθενούς στον χρόνο, μέσα από γραφικές παραστάσεις των κλινικών, εργαστηριακών και άλλων δεδομένων του. Επιπλέον, η απεικόνιση των δεδομένων του συνόλου των ασθενών σε γραφήματα και πίνακες και η δυνατότητα φιλτραρίσματος αυτών, επιτρέπει στον ιατρό να βγάλει γενικότερα συμπεράσματα, όπως συμπεράσματα που αφορούν στην αποτελεσματικότητα μια αγωγής που ακολουθεί συγκεκριμένο υποσύνολο των ασθενών του. Αυτή η πλατφόρμα συνδέθηκε με ένα μοντέλο εκτίμησης πιθανότητας εμφάνισης καρδιαγγειακής νόσου (ΜΕΠΕΚΝ) σε άτομα με ΣΔΤ2. Το μοντέλο έχει άμεση πρόσβαση στα αποθηκευμένα δεδομένα, όταν το επιθυμεί ο ασθενής και ο ιατρός. Επίσης, παράγει γραφήματα τα οποία προσδιορίζουν πως κάθε χαρακτηριστικό του ασθενούς συνέβαλε στον υπολογισμό της συγκεκριμένης πιθανότητας. Ο ιατρός, συμβουλευόμενος τα αποτελέσματα του μοντέλου, μπορεί να καταλήξει σε μία πιο στοχευμένη αγωγή για τον ασθενή. Οι τεχνολογίες και οι αρχιτεκτονικές που χρησιμοποιήθηκαν, από την αποθήκευση των δεδομένων μέχρι την επικοινωνία μεταξύ των μερών που απαρτίζουν την πλατφόρμα, παρέχουν την δυνατότητα

διασύνδεσης της μελλοντικά και με άλλα συστήματα τέτοιου τύπου, ακόμα και την επέκτασή της σε άλλους κλάδους της Ιατρικής.

1.3. Οργάνωση Κειμένου

Η οργάνωση του κειμένου περιλαμβάνει 6 κεφάλαια.

Στο **2ο κεφάλαιο** αναδεικνύεται η σημασία της σωστής εκτέλεσης της διαδικασίας του μεταβολισμού γλυκόζης (ΜΓ) στον ανθρώπινο οργανισμό και πως ο σακχαρώδης διαβήτης (ΣΔ) την επηρεάζει. Πιο συγκεκριμένα αναλύεται με ποιον τρόπο επηρεάζεται ο ΜΓ από τον εκάστοτε τύπο ΣΔ, τότε συνήθως εμφανίζεται κάθε τύπος και σε ποιες κατηγορίες ατόμων. Επιπλέον, παραθέτονται στατιστικά της 9ης έκδοσης του “IDF Diabetes Atlas”, για εκτιμήσεις που αφορούν τον ΣΔ σε παγκόσμιο επίπεδο και προβλέψεις για την εξάπλωσή του για τα έτη 2030 και 2045. Ακολούθως, αναφέρονται οι επιπλοκές που προκαλεί ο ΣΔ, οι οποίες χωρίζονται σε οξείες και μακροπρόθεσμες και ποια είναι τα αίτια που οδηγούν στην εμφάνιση κάθε μίας. Τέλος, παρουσιάζεται πως ο γλυκαιμικός έλεγχος συμβάλει στην πρόληψη αυτών των επιπλοκών, με ποιες μεθόδους και τεχνικές πραγματοποιείται και η σημασία της δευτερογενούς πρόληψης.

Στο **3ο κεφάλαιο** παρουσιάζονται εμπορικά διαθέσιμα συστήματα που παρέχουν δυνατότητες πρόβλεψης εμφάνισης είτε ΣΔ, είτε των επιπλοκών αυτού για άτομα που ήδη πάσχουν. Γίνεται λοιπόν εμφανής η δυνατότητα συμβολής των συστημάτων αυτών σε ότι αφορά στην πρόληψη του ΣΔ. Τέλος παρουσιάζονται ολοκληρωμένα συστήματα που σκοπό έχουν την βελτιστοποίηση της διαχείρισης του ΣΔ. Κάποιες από τις δυνατότητες που παρέχουν στον ασθενή και το επιτυγχάνουν αυτό είναι η καταγραφή των καθημερινών μετρήσεων του που αφορούν τον ΣΔ, η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης παρέχοντας προτάσεις για δίαιτες κατάλληλες για τον ίδιο που έχουν περισσότερες πιθανότητες να τις ακολουθήσει, αφού έχουν ληφθεί υπόψιν οι προσωπικές του προτιμήσεις. Επιπλέον, η παρέχουν πρόσβαση σε βάσεις από ερωτήσεις και απαντήσεις που αφορούν τον ΣΔ, με σκοπό την ενημέρωσή του, κ.α.

Στο **4ο κεφάλαιο** παρουσιάζονται οι τεχνικές και λειτουργικές προδιαγραφές της διαδικτυακής πλατφόρμας που τέθηκαν κατόπιν συνεντεύξεων με διαβητολόγο ιατρό του Ιπποκράτειου Νοσοκομείου, ώστε οι δυνατότητες που προσφέρει να ικανοποιούν όσο το δυνατόν περισσότερο τον τελικό χρήστη, τον ιατρό. Ακολούθως, παρουσιάζεται ο τρόπος διασύνδεσης της εφαρμογής με ερμηνεύσιμο μοντέλο πρόβλεψης του κινδύνου εμφάνισης καρδιαγγειακής νόσου.

Στο **5ο κεφάλαιο** παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του διαχειριστικού περιβάλλοντος και της διασύνδεσης της πλατφόρμας με το μοντέλο πρόβλεψης κινδύνου εμφάνισης καρδιαγγειακής νόσου. Ακολούθως, πραγματοποιείται εκτενής αναφορά στις τεχνολογίες και γλώσσες προγραμματισμού που επιλέχθηκαν και για στα πλεονεκτήματά τους, με βάση

τα οποία έγινε η επιλογή. Τέλος, παραθέτονται στιγμιότυπα κάθε σελίδας της διαδικτυακής πλατφόρμας και οι λειτουργίες τους και τρόπος χρήσης αυτών.

Τέλος στο **6ο κεφάλαιο** παρουσιάζουμε δυνατές επεκτάσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν στην δημιουργηθείσα πλατφόρμα, τόσο στις λειτουργίες της όσο και στην διασύνδεσή της με άλλα συστήματα διαχείρισης ΣΔ.

2. ΣΑΚΧΑΡΩΔΗΣ ΔΙΑΒΗΤΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η ο Μεταβολισμός Γλυκόζης (ΜΓ) και πως επηρεάζεται από τον Σακχαρώδη Διαβήτη (ΣΔ). Στη συνέχεια αναπτύσσονται οι τρεις διαφορετικοί τύποι ΣΔ. Τέλος, παρουσιάζονται στατιστικά, οι επιπλοκές στην υγεία και πως ο γλυκαιμικός έλεγχος είναι σημαντικός για την πρόληψη των επιπλοκών.

2.1. Μεταβολισμός Γλυκόζης

Για να λειτουργεί σωστά ένας ανθρώπινος οργανισμός, πρέπει να προσλαμβάνει όση ενέργεια καταναλώνει. Λόγω της φυσιολογίας του ανθρώπινου οργανισμού, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας το προσλαμβάνει από την διάσπαση της γλυκόζης, κατά την οποία παράγονται χημικές ενώσεις, με δεσμούς υψηλής χημικής ενέργειας. Για την απορρόφηση της γλυκόζης, από τα κύτταρα στα οποία αποθηκεύεται και ύστερα διασπάται, είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας ορμόνης στο αίμα, της ινσουλίνης. Η ινσουλίνη δρα πάνω σε υποδοχείς των κυττάρων αυτών και έτσι ενεργοποιεί την δυνατότητα τους να απορροφούν γλυκόζη. Η ινσουλίνη παράγεται στο πάγκρεας, από τα β-κύτταρα και στην φυσιολογική λειτουργία η παραγόμενη ποσότητα εξαρτάται από την ποσότητα γλυκόζης στο αίμα. Ο ΣΔ χαρακτηρίζεται από υψηλά επίπεδα γλυκόζης στο αίμα, είτε λόγω μειωμένης έκκρισης ινσουλίνης ή μειωμένης ευαισθησίας των κυττάρων στην ινσουλίνη.

2.2. Τύποι

2.2.1. ΣΔ Τύπου 1 (ΣΔΤ1)

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, τα λευκά αιμοσφαίρια καταστρέφουν τα β-κύτταρα του παγκρέατος τα οποία εκκρίνουν την ινσουλίνη. Η παραγωγή ινσουλίνης από τον οργανισμό είναι ελάχιστη ή ανύπαρκτη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, τα κύτταρα να μην απορροφούν την απαραίτητη γλυκόζη και παράλληλα τα επίπεδα της γλυκόζης στο αίμα, να είναι αυξημένα. Πρόκειται λοιπόν για ένα αυτοάνοσο νόσημα, το οποίο έχει γενετική προδιάθεση και εμφανίζεται συνήθως σε παιδιά, μπορεί όμως να εμφανιστεί και μετά την ενηλικίωση. Ο ΣΔΤ1 αφορά το 5-10 % των συνολικών περιπτώσεων σακχαρώδους διαβήτη,

αποτελώντας μια χρόνια μεταβολική διαταραχή με επιπτώσεις στον μεταβολισμό των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών και των λιπιδίων. Τα παιδιά με ΣΔ1 συνήθως εμφανίζουν συμπτώματα όπως υπερβολική έκκριση ούρων, δίψα, συνεχή πείνα με απώλεια βάρους (κλασσική τριάδα συμπτωμάτων: πολουρία, πολυδιψία, πολυφαγία), ενώ το ένα τρίτο περίπου των περιπτώσεων εμφανίζει διαβητική κετοξέωση. Τα συμπτώματα διαφοροποιούνται όταν η νόσος εμφανίζεται στην ενήλικη ζωή. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει συγκεκριμένη θεραπεία για την ίαση της νόσου. Η αντιμετώπιση του ΣΔ1 γίνεται με την εφόρου ζωής εξωγενή χορήγηση ινσουλίνης. Ο ΣΔΤ1 ονομάζεται επίσης “ινσουλινοεξαρτώμενος διαβήτης” ή “νεανικός διαβήτης”.

2.2.2. ΣΔ Τύπου 2 (ΣΔΤ2)

Τα χαρακτηριστικά κάποιου που νοσεί από ΣΔΤ2 είναι η μειωμένη έκκριση ινσουλίνης και η μειωμένη ευαισθησία των υποδοχέων των κυττάρων, στους οποίους δρα η ινσουλίνη. Στα αρχικά στάδια της νόσου παρατηρούνται αυξημένα επίπεδα ινσουλίνης στο αίμα, διότι κυρίαρχη διαταραχή είναι αυτή της ελαττωμένης ευαισθησίας. Τα συμπτώματα που μπορεί να εμφανίσει το άτομο με ΣΔΤ2, σχετίζονται κυρίως με τα αυξημένα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα (υπεργλυκαιμία), και περιλαμβάνουν τα κλασικά συμπτώματα της πολυφαγίας και της πολυδιψίας, ξηροστομία, κνησμό, αυξημένη συχνότητα λοιμώξεων ή μυκητιάσεων. Ωστόσο, ο διαβήτης τύπου 2 συχνά διαδράμει ασυμπτωματικά για αρκετά χρόνια, καθώς η υπεργλυκαιμία αυξάνεται σταδιακά και μπορεί να μην είναι τόσο σοβαρή ώστε να εκδηλωθούν τα αντίστοιχα συμπτώματα. Η διάγνωση του ΣΔΤ2, καθώς και των πιο πρώιμων διαταραχών (προδιαβήτης), γίνεται με την εύρεση αυξημένης τιμής γλυκόζης στο αίμα. Είναι ο βασικός τύπος ΣΔ που συναντάται σε ενήλικες και έχει προδιαθεσικούς παράγοντες την παχυσαρκία, την ηλικία και το οικογενειακό ιστορικό. Πολλοί ασθενείς με ΣΔΤ2 έχουν συνυπάρχουσες ασθένειες, όπως καρδιακή νόσο και υπέρταση ή δυσλιπιδαιμία, δηλαδή μη φυσιολογικούς τύπους ή επίπεδα λιπιδίων, όπως υψηλά τριγλυκερίδια, χαμηλή HDL χοληστερόλη και αυξημένη LDL χοληστερόλη. Αυτός ο τύπος ΣΔ αφορά περίπου το 90-95% των ασθενών με ΣΔ και παλαιότερα αναφερόταν ως “μη ινσουλινοεξαρτώμενος” ΣΔ ή ΣΔ των ενηλίκων.

2.2.3. ΣΔ Κύησης

Τα χαρακτηριστικά αυτού του τύπου είναι ίδια με του ΣΔΤ2, δηλαδή μειωμένη έκκριση ινσουλίνης και ελαττωμένη ευαισθησία των κυττάρων στην απορρόφησή της. Η διαφορά είναι ότι εμφανίζεται πρώτη φορά κατά την διάρκεια της κύησης και το 30-40%^[1] των γυναικών που νοσούν, θα νοσήσουν αργότερα και από ΣΔΤ2. Και σε αυτόν τον τύπο η παχυσαρκία είναι προδιαθεσικός παράγοντας.

2.3. Στατιστικά

2.3.1. Δημογραφικές κατανομές ΣΔ

Οι παρακάτω εκτιμήσεις είναι από την ένατη έκδοση του “IDF Diabetes Atlas” και αφορούν 211 χώρες και περιοχές, που είναι χωρισμένες σε 7 “IDF Regions”: Αφρική (AFR), Ευρώπη (EUR), Βόρεια Αμερική και Καραϊβική (NAC), Νότια και Κεντρική Αμερική (SACA), Νοτιοανατολική Ασία (SEA) και Δυτικός Ειρηνικός (WP).

Γενική εικόνα

Σύμφωνα με το International Diabetes Federation (IDF), εκτιμάται ότι 463 εκατομμύρια (9,3% του παγκόσμιου πληθυσμού αυτής της ηλικιακής κατηγορίας) άνθρωποι ηλικίας 20-79 ετών ζούσαν με διαβήτη το έτος 2019. Αυτός ο αριθμός προβλέπεται ότι θα αυξηθεί στα 578 εκατομμύρια (10,2%) το έτος 2030 και στα 700(10,9%) το έτος 2045. Για τους έφηβους και τα παιδιά (ηλικίες κάτω των 20), εκτιμάται ότι το 2019 είχαν ΣΔΤ1 1,1 εκατομμύρια, ενώ είναι αδύνατο να εκτιμηθεί πόσοι είχαν ΣΔΤ2. Το ίδιο έτος, οι συνολικοί θάνατοι από ΣΔ ή από επιπλοκή του ήταν 4,2 εκατομμύρια. Μεγάλο αντίκτυπο προκαλεί και στην οικονομία ο ΣΔ, αφού τα παγκόσμια ετήσια έξοδα ανέρχονται στα 760 δισεκατομμύρια αμερικάνικα δολάρια, ενώ προβλέπεται ότι θα αυξηθούν στα 825 δις. για το έτος 2030 και στα 845 δις. για το 2045.

At a glance	2019	2030	2045
Total world population	7.7 billion	8.6 billion	9.5 billion
Adult population (20–79 years)	5.0 billion	5.7 billion	6.4 billion
Diabetes (20–79 years)			
Global Prevalence	9.3%	10.2%	10.9%
Number of people with diabetes	463.0 million	578.4 million	700.2 million
Number of deaths due to diabetes	4.2 million	-	-
Total health expenditures for diabetes ⁱ	USD 760.3 billion	USD 824.7 billion	USD 845.0 billion
Hyperglycaemia in pregnancy (20–49 years)			
Proportion of live births affected	15.8%	14.0% ⁱⁱ	13.3% ⁱⁱ
Number of live births affected	20.4 million	18.3 million	18.0 million
Impaired glucose tolerance (20–79 years)			
Global prevalence	7.5%	8.0%	8.6%
Number of people with impaired glucose tolerance	373.9 million	453.8 million	548.4 million
Type 1 diabetes (0–19 years)			
Number of children and adolescents with type 1 diabetes	1,110,100	-	-
Number of newly diagnosed cases each year	128,900	-	-

i Health expenditures for people with diabetes are assumed to be on average two-fold higher than people without diabetes.

ii Age-adjusted prevalence.

Σχήμα 2.1 : Παγκόσμιες εκτιμήσεις και προβλέψεις για την εξάπλωση του ΣΔ

ΣΔ και κλίμακα εισοδήματος

Οι μεγαλύτερες αυξήσεις σε νοσούντες τα επόμενα χρόνια προβλέπεται ότι θα γίνουν σε χώρες που θα μεταφερθούν στην κλίμακα εισοδήματος, από χαμηλό εισόδημα σε

μέσο εισόδημα ανά κάτοικο. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η συσχέτιση εισοδήματος-ΣΔ για το έτος 2019 και οι προβλέψεις για το 2030 και 2045.

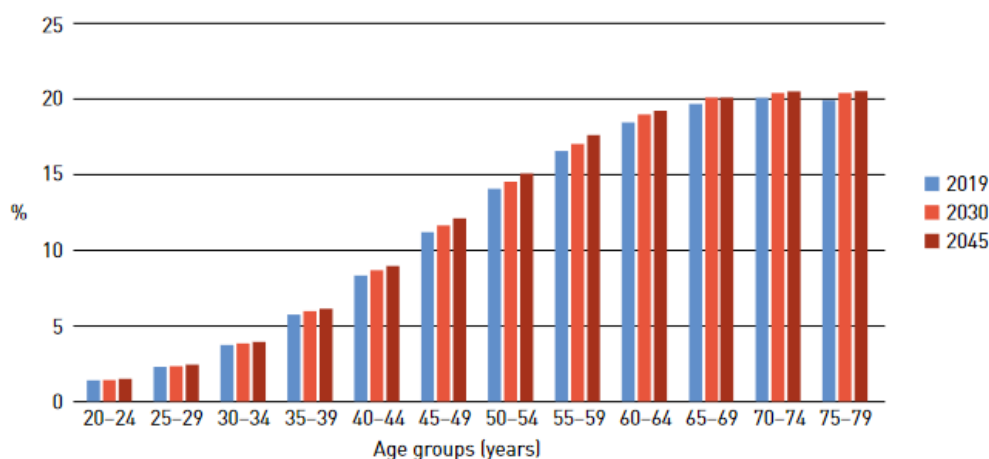
World Bank income classification	2019		2030		2045	
	Prevalence of diabetes (%)	Number of people with diabetes (millions)	Prevalence of diabetes (%)	Number of people with diabetes (millions)	Prevalence of diabetes (%)	Number of people with diabetes (millions)
High-income countries	10.4 (8.6–13.3) ⁱ	95.2 (78.7–120.9)	11.4 (9.4–14.3)	107.0 (88.3–134.4)	11.9 (9.8–14.8)	112.4 (92.2–139.2)
Middle-income countries	9.5 (7.6–12.3)	353.3 (280.1–455.3)	10.7 (8.4–13.7)	449.6 (353.0–576.7)	11.8 (9.0–15.0)	551.2 (422.7–705.2)
Low-income countries	4.0 (2.8–6.7)	14.5 (10.0–24.3)	4.3 (3.0–7.1)	21.9 (15.2–36.4)	4.7 (3.3–7.8)	36.5 (25.8–60.2)

ⁱ 95% confidence intervals are reported in brackets.

Σχήμα 2.2 : Αριθμός ενηλίκων (20–79 ετών) με διαβήτη, με βάση την ταξινόμηση εισοδήματος της Παγκόσμιας Τράπεζας το 2019, 2030, 2045

Ηλικιακή κατανομή

Οι εκτιμήσεις για το 2019 δείχνουν πως το ποσοστό των διαβητικών αυξάνεται όσο αυξάνεται η ηλικία. Το ίδιο προβλέπεται πως θα ισχύει και στο μέλλον. Το 2019 για τις ηλικίες 20-24, το ποσοστό διαβητικών είναι 1,4% ενώ για τις ηλικίες 75-79 είναι 19,9%, το οποίο προβλέπεται ότι θα ανέλθει στο 20,4% και 20,5% για τα έτη 2030 και 2045, αντίστοιχα. Η ηλικιακή κατανομή για το 2019 και οι προβλέψεις για το 2030 και 2045 παρουσιάζονται αναλυτικά στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 2.3 : Επιπολασμός του διαβήτη ανά ηλικιακή ομάδα σε ενήλικες (20–79 ετών) το 2019, 2030, 2045

Κατανομή στα φύλα

Το εκτιμώμενο ποσοστό ΣΔ στις γυναίκες ηλικίας 20-79 είναι 9% και είναι ελάχιστα χαμηλότερο από αυτό των ανδρών ίδιας ηλικίας που φτάνει το 9,6%, για το 2019. Αυτό σημαίνει ότι υπήρχαν περίπου 17,2 εκατομμύρια περισσότεροι άνδρες από ότι γυναίκες που ζούσαν με διαβήτη αυτήν την χρονιά. Το ποσοστό αναμένεται να αυξηθεί και για τα δύο φύλα στα επόμενα χρόνια.

	2019		2030		2045	
	Number of people with diabetes (millions)	Prevalence (%)	Number of people with diabetes (millions)	Prevalence (%)	Number of people with diabetes (millions)	Prevalence (%)
Men	240.1	9.6	296.7	10.4	357.7	11.1
Women	222.9	9.0	281.8	10.0	342.5	10.8

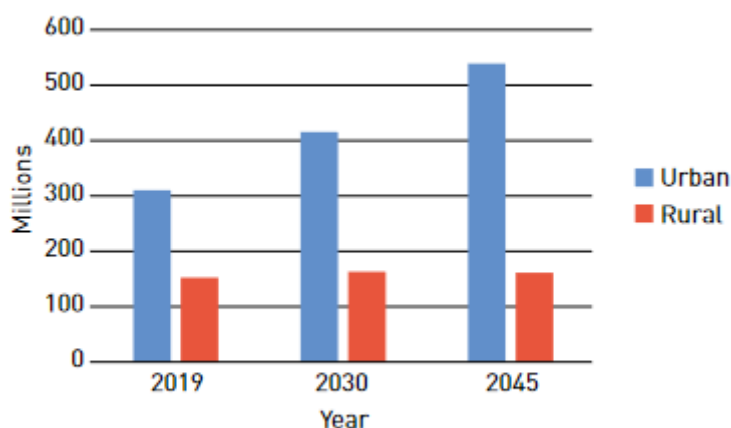
Σχήμα 2.4 : Αριθμός ανδρών και γυναικών (20–79 ετών) με διαβήτη το 2019, 2030, 2045

Αστική και αγροτική κατανομή

Το 2019, οι περισσότεροι άνθρωποι με ΣΔ ζούσαν σε αστική περιοχή και ο αριθμός τους εκτιμήθηκε ότι ήταν 310,3 εκατομμύρια, έναντι του αριθμού όσων ζούσαν σε αγροτική περιοχή, που ήταν 152,6 εκατομμύρια. Προκύπτει λοιπόν ότι το 10,8% των ανθρώπων που ζουν σε αστική περιοχή πάσχει από ΣΔ, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για αυτούς που ζουν σε αγροτική περιοχή είναι 7,2%. Ο αριθμός των ανθρώπων με διαβήτη που ζουν σε αστική περιοχή αναμένεται να φτάσει τα 415,4 εκατομμύρια το 2030 και τα 538,8 εκατομμύρια το 2045. Αυτό μεταφράζεται σε 11,9% ποσοστό ανθρώπων με διαβήτη που ζουν σε αστική περιοχή για το 2030 και 12,5% για το 2045.

2.3.2. Οικονομικός αντίκτυπος του ΣΔ

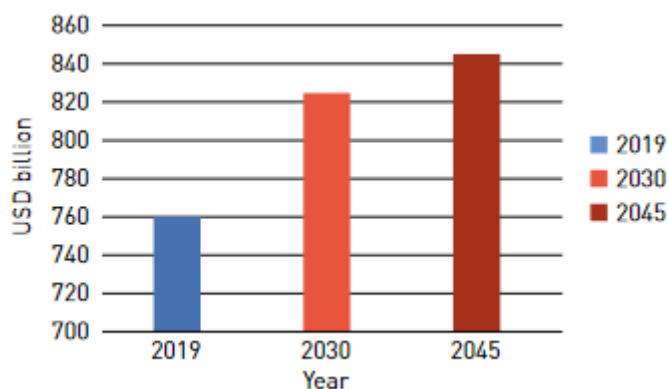
Εκτός από τον αντίκτυπο που έχει ο ΣΔ στην ανθρώπινη υγεία, που χαρακτηρίζεται από χαμηλή ποιότητα ζωής και πρόωρη θνησιμότητα, έχει επίσης μεγάλο οικονομικό αντίκτυπο σε επίπεδο χώρας αλλά και σε ατομικό επίπεδο, διότι πολλές φορές είναι αναγκαίο να βάλουν χρήματα ‘από την τσέπη τους’ οι άνθρωποι που νοσούν.



Σχήμα 2.5 : Αριθμός ατόμων με διαβήτη (20–79 ετών) σε αστικές και αγροτικές περιοχές το 2019, το 2030 και το 2045

Άμεσα κόστη ΣΔ

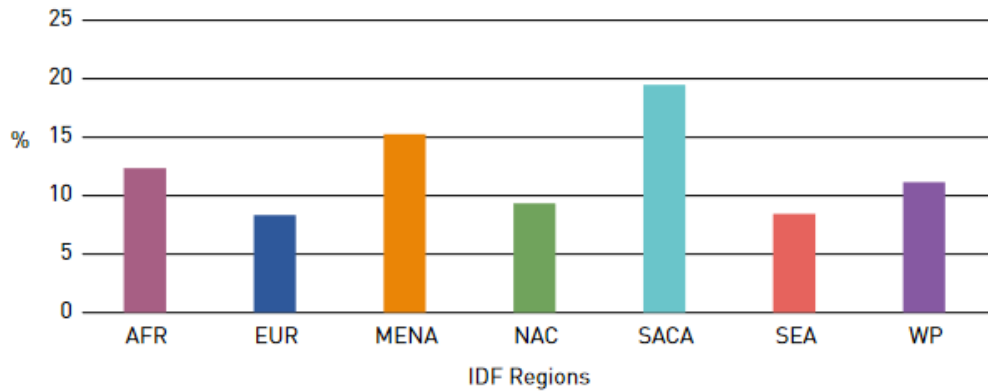
Ως άμεσα κόστη ορίζονται οι δαπάνες που καταβάλλονται στο σύστημα υγείας, για την καταπολέμηση του διαβήτη, από οποιαδήποτε πηγή, είτε από τον ίδιο τον ασθενή, είτε από ιδιωτική ή δημόσια χορήγηση, είτε από την κυβέρνηση. Το 2007 αυτή η δαπάνη υπολογίστηκε ότι ήταν 232 δισεκατομμύρια αμερικάνικα δολάρια (USD), για τους ανθρώπους ηλικιών 20-79. Το ποσό αυτό αυξήθηκε στα 727 δισεκατομμύρια USD για το έτος 2017, ενώ για το 2019 εκτιμήθηκε αύξηση του ποσού κατά 4,5% σε σχέση με το 2017, δηλαδή ανήλθε στα 760 δισεκατομμύρια USD. Ο οικονομικός αντίκτυπος του ΣΔ αναμένεται να συνεχίσει την αυξητική του πορεία. Μια συντηρητική πρόβλεψη, που δεν λαμβάνει υπόψιν την αύξηση του ποσοστού των ανθρώπων με ΣΔ αλλά ούτε και την αύξηση του μέσου κόστους ανά διαβητικό, παρά μόνο τις δημογραφικές αλλαγές, είναι ότι το 2030 τα άμεσα κόστη θα φτάσουν τα 825 δις USD και το 2045 τα 845 δις. Οι αυξήσεις αυτές σε σχέση με το 2019 είναι 8,6% και 11,2%, αντίστοιχα.



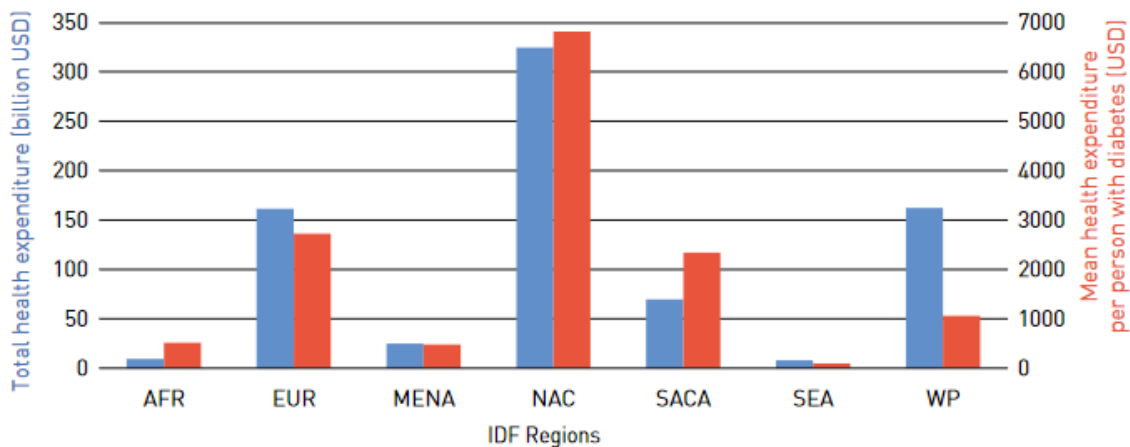
Σχήμα 2.6 : Συνολικές δαπάνες υγείας που σχετίζονται με το διαβήτη για ενήλικες (20-79 ετών) με διαβήτη το 2019, το 2030 και το 2045

Περιφερειακή κατανομή του κόστους

Η ΝΑC έχει τα υψηλότερα συνολικά έξοδα για θέματα υγείας που αφορούν τον ΣΔ. Το ποσό αυτό ανέρχεται στα 324,5 δισεκατομμύρια USD για το έτος 2019, που ανταποκρίνεται σε ποσοστό 42,7% των συνολικών εξόδων που αφορούν τον ΣΔ παγκοσμίως. Δεύτερη στα υψηλότερα κόστη είναι η WP με 162,2 δις USD και τρίτη η EUR με κόστη 161,4 δις, που αντιστοιχούν σε ποσοστά 21,3% και 21,2% των παγκόσμιων εξόδων. Παρόλο που στις υπόλοιπες περιοχές ζει το 41,8% των ανθρώπων με ΣΔ, τα συνολικά ετήσια έξοδά τους ανέρχονται σε ποσοστό 14,8% επί των παγκόσμιων εξόδων. Ο οικονομικός αντίκτυπος του ΣΔ μπορεί να παρατηρηθεί και σε επίπεδο συνολικού προϋπολογισμού υγείας ανά περιοχή. Η χώρα που απαρτίζουν την SACA καταβάλουν κατά μέσο όρο το μεγαλύτερο ποσοστό του προϋπολογισμού για την υγεία σε θέματα που αφορούν τον ΣΔ, σε σχέση με τα ποσοστά που καταβάλλουν οι άλλες περιοχές. Αυτό ανέρχεται στο 19,4% του συνολικού ποσού που καταβάλλεται για την υγεία. Δεύτερη έρχεται η περιοχή MENA με ποσοστό 15,2%, ενώ το χαμηλότερο ποσοστό καταβάλλεται από την EUR.



Σχήμα 2.6 : Συνολικές δαπάνες υγείας (δισεκατομμύρια USD) για τον διαβήτη και μέση δαπάνη για την υγεία (USD) ανά ενήλικα με διαβήτη (20-79 ετών) το 2019 ανά περιοχή IDF



Σχήμα 2.7 : Ποσοστό των δαπανών για την υγεία που δαπανήθηκαν για τον διαβήτη (20-79 ετών) το 2019 ανά περιοχή IDF

2.4. Επιπλοκές

2.4.1. Οξείες

Τρεις είναι οι βασικές οξείες επιπλοκές του ΣΔ.

Μία από αυτές είναι η **Διαβητική Κετοξέωση (ΔΚΟ)** η οποία παρατηρείται κυρίως σε ασθενείς με **ΣΔΤ1**, προέρχεται από πολύ υψηλά επίπεδα γλυκόζης στο αίμα, που αίτιό τους είναι η πλήρης έλλειψη ινσουλίνης. Αν διαγνωστεί, ο ασθενής πρέπει να διακομιστεί επειγόντως στο νοσοκομείο, διότι μπορεί να πέσει ακόμα και σε κόμα. Το 15-25% των διαγνώσεων **ΣΔΤ1** σε παιδιά, πραγματοποιείται μετά από επεισόδιο **ΔΚΟ**. Για παιδιά ηλικίας κάτω των 2 ετών, το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 70%. Άλλα αίτια εκτός της έλλειψης ινσουλίνης, είναι η αύξηση των ορμονών του stress και η αυξημένη τέλεση των διαδικασιών της νεογλυκογένεσης και λιπόλυσης. Αυτές οι διαδικασίες σκοπό έχουν την αύξηση της γλυκόζης στο αίμα και κατά την **ΔΚΟ** ενεργοποιούνται εσφαλμένα λόγω της έλλειψης γλυκόζης στα κύτταρα.

Οξεία επιπλοκή είναι και η **Υπεροσμωτική Υπεργλυκαιμική Κατάσταση (ΥΥΚ)**, η οποία παρατηρείται κυρίως σε ασθενείς με **ΣΔΤ2** που συνήθως είναι μεγάλης ηλικίας. Η εξέλιξή της μπορεί να πραγματοποιηθεί σε διάστημα πολλών ημερών ή και εβδομάδων και ένα από τα αποτελέσματά της είναι η αφυδάτωση. Η αφυδάτωση προκαλείται από την συχνή διούρηση τους ασθενούς, που σκοπό έχει την μείωση της γλυκόζης στο αίμα. Και στην συγκεκριμένη επιπλοκή υπάρχει η πιθανότητα ο ασθενής να πέσει σε κώμα, γι αυτό είναι εξίσου επείγον να μεταφερθεί σε νοσοκομείο.

Τρίτη είναι η **Υπογλυκαιμία**, δεν είναι άμεση επιπλοκή του **ΣΔ** αλλά της αντιμετώπισης του. Η επιπλέον ινσουλίνη που μπορεί να χορηγηθεί στον ασθενή μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την υπεραπορρόφηση γλυκόζης των κυττάρων από το αίμα και αν δεν αντιμετωπιστεί, είναι πιθανό ο ασθενής να χάσει τις αισθήσεις του.

2.4.2. Μακροπρόθεσμες

Βασική μακροπρόθεσμη επιπλοκή είναι η **διαβητική αγγειακή νόσος (ΠΑΝ)**. Στην συγκεκριμένη νόσο, τα μικρά αγγεία που τροφοδοτούν τους ιστούς, αλλοιώνονται. Τα διαρκώς αυξημένα ποσοστά γλυκόζης στο αίμα έχουν σαν αποτέλεσμα την σκλήρυνση του τοιχώματος τους και την στένωσή τους. Αυτό επιφέρει την κακή τροφοδότηση των απαραίτητων συστατικών προς τα κύτταρα. Η μακροχρόνια υψηλή αρτηριακή πίεση, το κάπνισμα, η αποχή από την άσκηση, το υπερβολικό σωματικό βάρος και η διατροφή με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά, είναι παράγοντες που αυξάνουν τον κίνδυνο ανάπτυξης **ΠΑΝ**. Η **ΠΑΝ** είναι το αίτιο για πολλές από τις επόμενες επιπλοκές.

Οι παραπάνω βλάβες στα τριχοειδή αγγεία του αμφιβληστροειδούς, οδηγούν στην ανάπτυξη **διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθεια (ΔΑ)** και στην σταδιακή φθορά του αμφιβληστροειδούς. Στα πρώτα στάδια της νόσου, ο ασθενής δεν βιώνει κάποια δυσλειτουργία στην όρασή του. Επίσης η νόσος αυτή, σε πολλές περιπτώσεις, προϋπάρχει της διάγνωσης του **ΣΔ**. Για τους δύο αυτούς λόγους, άτομα με και χωρίς διαγνωσμένο διαβήτη, πρέπει να περνάνε από κλινικό έλεγχο **ΔΑ** τακτικά. Για άτομα με διαγνωσμένο **ΣΔ**, η συχνότητα πρέπει να είναι μια φορά τον χρόνο. Τον έλεγχο αυτόν, καθιστούν απαραίτητο τα μη αναστρέψιμα στάδια που μπορεί να φτάσει η όραση ατόμου με **ΔΑ** και η πιθανότητα ακόμα και τύφλωσης.

Η **ΠΑΝ** έχει ως αποτέλεσμα την σταδιακή καταστροφή των νεύρων των άκρων (συχνότερα των κάτω) και την εμφάνιση **περιφερικής νευροπάθειας (ΠΝ)**. Συμπτώματα αυτής είναι διαταραχές αισθητικότητας σε αυτά τα μέρη του σώματος, όπως μυρμήγκιασμα, διαταραχή της αφής, της αίσθησης της θερμοκρασίας και των δονήσεων και της λειτουργίας των αντανεκλαστικών. Επίσης κάποιες φορές, η μειωμένη αίσθηση του πόνου, έχει ως συνέπεια την καθυστερημένη αναγνώριση τραυματισμών των άκρων με αποτέλεσμα την εμφάνιση έλκους.

Ο συνδυασμός **ΠΝ** και **ΠΑΝ**, έχει ως αποτέλεσμα την καθυστερημένη διάγνωση τραυματισμών (λόγω **ΠΝ**) και στην συνέχεια την αδυναμία ταχείας επούλωσης αυτών, λόγω της κακής κυκλοφορίας του αίματος που οφείλεται στην **ΠΑΝ**. Αυτό παρατηρείται συχνά στα κάτω άκρα και πιο συγκεκριμένα από τον αστράγαλο και κάτω. Οι βλάβες που μπορεί να επέλθουν περιλαμβάνονται στον όρο **διαβητικό πόδι (ΔΠ)**. Η μη επαρκής πρόληψη και

θεραπεία μπορεί να επιφέρει ακρωτηριασμό. Πρόληψη συνήθως επιτυγχάνεται με καθημερινή φροντίδα και ξεκούραση των κάτω άκρων και με την χρήση ειδικών πάτων και παπουτσιών. Ενδεικτικές θεραπείες είναι ο τακτικός χειρουργικός καθαρισμός από ειδικό και η χρήση αντιβιοτικών.

Τα υψηλά επίπεδα σακχάρου στο αίμα, προκαλούν μια ασβεστοποίηση των μεγάλων νεφρικών αγγείων, καταστρέφοντας επίσης και τα μικρά αγγεία αναπτύσσοντας σταδιακά **διαβητική νεφροπάθεια (ΔΝ)** στο 30-40% των διαβητικών. Η διαβητική νεφροπάθεια αναπτύσσεται μετά από μια μακρά περίοδο λανθάνουσας κατάστασης - μέσος όρος 10 έως 15 ετών από τη διάγνωση του διαβήτη μέχρι το σχηματισμό της νεφρικής νόσου. Τα συμπτώματα δεν εμφανίζονται έως ότου είναι πλέον αργά να αναστραφεί η πορεία της. Για τον λόγο αυτό είναι σημαντικό να γίνεται κάθε χρόνο ειδική εξέταση ούρων στα άτομα που νοσούν από ΣΔ.

Πέρα από τα μικρά αγγεία, αθηροσκλήρυνση μπορεί να επέλθει και σε αρτηρίες μεσαίου και μεγάλου μεγέθους, η νόσος αυτή ονομάζεται **διαβητική μακροαγγειοπάθεια (ΔΜ)**, όταν ο ασθενής νοσεί από ΣΔ. Η μακροαγγειοπάθεια εμφανίζεται και στον πληθυσμό που δεν νοσεί από ΣΔ αλλά η πιθανότητα είναι 10-15 φορές μικρότερη και η ηλικία εμφάνισης 5-10 έτη μικρότερη. Η ΔΜ είναι η αιτία περίπου του 80% των θανάτων ατόμων με ΣΔ και εκδηλώνεται συνήθως με προσβολή των στεφανιαίων αρτηριών, που έχει ως αποτέλεσμα **στεφανιαία νόσο** και έμφραγμα του μυοκαρδίου, σκλήρυνση των αγγείων του εγκεφάλου με αποτέλεσμα την εμφάνιση αγγειακών **εγκεφαλικών επεισοδίων** και προσβολή των μεγάλων αγγείων των άκρων που οδηγεί στην εμφάνιση **περιφερικής αρτηριοπάθειας**.

2.5. Γλυκαιμικός Έλεγχος

Όλες οι παραπάνω επιπλοκές προέρχονται από την παρουσία της γλυκόζης, εκτός φυσιολογικών ορίων, στο αίμα. Με την κατάλληλη, ανά περίπτωση, χορήγηση ινσουλίνης, είναι δυνατό η γλυκόζη να διατηρείται εντός φυσιολογικών τιμών και ως αποτέλεσμα να προληφθούν όλες οι επιπλοκές. Η κατάλληλη ποσότητα χορήγησης ινσουλίνης, εξαρτάται από τις τιμές της γλυκόζης στο αίμα γι αυτό και είναι απαραίτητος ο γλυκαιμικός έλεγχος. Οι τιμές αυτές μπορεί να αλλάξουν απότομα και πολλές φορές μέσα στη μέρα, άρα ο έλεγχος της γλυκόζης πρέπει να πραγματοποιείται συχνά κατά την διάρκειά της. Διάφορες τεχνολογίες έχουν αναπτυχθεί για την επίτευξη του γλυκαιμικού ελέγχου. Οι επικρατέστερες είναι οι συμβατικές διατάξεις μέτρησης γλυκόζης (finger-sticks) και οι Διατάξεις Συνεχούς Μέτρησης Γλυκόζης.

2.5.1. Συμβατικές Διατάξεις Μέτρησης Γλυκόζης (ΣΔΜΓ)

Πρώτα λαμβάνεται μικρή ποσότητα αίματος από την άκρη του δαχτύλου με κάποιας μορφής βελόνας. Το δείγμα αυτό τοποθετείται σε δοκιμαστική ταινία η οποία με την σειρά της εισέρχεται στην συσκευή που πραγματοποιεί την μέτρηση. Η μέτρηση επιτυγχάνεται

είτε μετρώντας την ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος που μπορεί να περάσει από το δείγμα, είτε μετρώντας την ποσότητα ανακλώμενης ακτινοβολίας από το δείγμα. Οι συσκευές αυτές απαρτίζονται συνήθως από οθόνη για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων και μνήμη για αποθήκευση προηγούμενων μετρήσεων. Κάποιες έχουν την δυνατότητα να συνδέονται σε υπολογιστή, για την εξαγωγή και καταγραφή των μετρήσεών τους. Πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι η γρήγορη, αξιόπιστη και εύκολη διαδικασία μέτρησης. Μειονεκτήματά της θεωρούνται ο πόνος που προκαλεί, η αυξημένη εμπλοκή του χρήστη με την διαδικασία και το περιορισμένο πλήθος μετρήσεων που πραγματοποιούνται μέσα στη μέρα.

2.5.2. Διατάξεις Συνεχούς Μέτρησης

Τα μειονεκτήματα των ΣΔΜΓ έρχονται να τα καλύψουν οι διατάξεις συνεχούς μέτρησης γλυκόζης (ΔΣΜΓ). Συνήθως πραγματοποιούν μέτρηση της γλυκόζης ανά πέντε λεπτά και αποτελούνται κυρίως από:

1. Έναν αισθητήρα γλυκόζης, ο οποίος τοποθετείται κάτω από το δέρμα και χρησιμοποιείται για λίγες μέρες.
2. Από έναν μη εμφυτεύσιμο πομπό, που συνδέεται με τον αισθητήρα
3. Έναν ηλεκτρονικό δέκτη ο οποίος δέχεται την πληροφορία από τον πομπό και την απεικονίζει σε πραγματικό χρόνο.

Οι ΔΣΜΓ διακρίνονται σε επεμβατικές ή μη επεμβατικές. Οι αισθητήρες των επεμβατικών ΔΣΜΓ τοποθετούνται στον υποδόριο χώρο του ατόμου και παρέχουν ακριβείς μετρήσεις για τα επίπεδα γλυκόζης, πραγματοποιώντας μετρήσεις στα υγρά των διάμεσων ιστών. Οι μη επεμβατικές ΔΣΜΓ συνήθως χρησιμοποιούν οπτικούς ή δερματικούς αισθητήρες για την μέτρηση της γλυκόζης και η πληροφορία που παρέχουν δεν είναι το ίδιο αξιόπιστη με εκείνη των επεμβατικών. Οι ΔΜΣΓ χωρίζονται επίσης σε κατηγορίες με βάση την βιοχημική μέθοδο που εφαρμόζουν για την μέτρηση των επιπέδων γλυκόζης.

3. Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών για την Διαχείριση του ΣΔΤ2

3.1. Μοντέλα Εκτίμησης του Κινδύνου Εμφάνισης ΣΔ

Χρησιμοποιώντας μεθόδους μηχανικής μάθησης έχουν αναπτυχθεί μοντέλα εκτίμησης της πιθανότητας εμφάνισης ΣΔΤ2 (ΕΠΣΔΤ2). Αυτά τα μοντέλα λαμβάνουν ως είσοδο διάφορα χαρακτηριστικά όπως **βάρους, οικογενειακό ιστορικό ΣΔ, κετονικά σώματα**, από ένα μεγάλο δείγμα ατόμων για να εκπαιδεύσουν το μοντέλο. Δίνοντας ως είσοδο στο μοντέλο, αφού εκπαιδευτεί, αυτά τα χαρακτηριστικά ενός οποιουδήποτε ατόμου, εξάγει την πιθανότητα αυτό το άτομο να αναπτύξει ΣΔΤ2.

Την περίοδο Ιουλίου 2015 – Σεπτεμβρίου 2017, πραγματοποιήθηκε στην περιοχή Χενάν της Κίνας, η καταγραφή και μελέτη δημογραφικών, σωματικών, εργαστηριακών και

κλινικών χαρακτηριστικών 39.259 ατόμων ηλικίας 18-79 ετών. Στον πίνακα (Σχήμα 3.1) παρουσιάζονται τα γενικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού.

Μεταβλητή	Σύνολο (n = 36652)	Όχι ΣΔΤ2 (ni = 33296)	ΣΔΤ2 (n2 = 3356)	P-Value
Ηλικία (χρόνια)	55.60 ± 12.17	55.11 ± 12.32	60.51 ± 9.20	<0.001
Ανδρες, n (%)	14375(39.22)	13114(39.39)	1261(37.54)	0.040
Εκπαίδευση, n (%)				<0.001
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση	16432(44.83)	14567(43.75)	1865(55.57)	
Δευτεροβάθμια εκπαίδευση Α	14614(39.87)	13507(40.57)	1107(32.99)	
Δευτεροβάθμια εκπαίδευση Β	5606(15.30)	5222(15.68)	384(11.44)	
Μαγry, n (%)				0.027
Παντρεμένοι/Συγκατοίκουν	32927(89.84)	29949(89.95)	29877(88.74)	
Διαζευγμένοι/Χήροι/Ανύπαντροι	3725(10.16)	3347(10.05)	378(11.26)	
Μέσο Μηνιαίο Ατομικό Εισόδημα, n (%)				<0.001
<1000	25111(68.51)	22709(68.20)	2402(71.57)	
1000-	8833(24.10)	8083(24.28)	750(22.35)	
2000	2708(7.39)	2504(7.52)	204(6.08)	
Δίαιτα υψηλή σε λιπαρά, (75 g/day)	7088(19.34)	6544(19.65)	544(16.21)	<0.001
Γλυκιά Γεύση, n (%)				<0.001
Όχι	15872(43.30)	13495(40.53)	2377(70.83)	
Ήπια	14217(38.79)	13500(40.55)	717(21.36)	
Μέτρια	5720(15.61)	5494(16.50)	226(6.73)	
Έντονη	843(2.30)	807(2.42)	36(1.07)	
Περιφέρεια Μέσης(cm)	84.13 ± 10.33	83.62 ± 10.22	89.32 ± 10.01	<0.001
Δείκτης Μάζας Σώματος(kg/m2)	24.85 ± 3.53	24.72 ± 3.49	26.20 ± 3.62	<0.001
Αναλογία Μέσης/Ισγίου	0.89 ± 0.07	0.88 ± 0.07	0.93 ± 0.07	<0.001
Pulse pressure (mm Hg)	48.25 ± 13.08	47.72 ± 12.85	53.45 ± 14.22	<0.001
Καρδιακοί Παλμοί (beats/min)	75.72 ± 11.12	75.34 ± 10.94	79.54 ± 12.13	<0.001
Ολική Χοληστερόλη (mmol/l)	4.75 ± 0.97	4.72 ± 0.95	5.01 ± 1.11	<0.001
Τριγλυκερίδια (mmol/l)	1.68 ± 1.12	1.64 ± 1.07	2.13 ± 1.44	<0.001
HDL Χοληστερόλη (mmol/l)	1.32 ± 0.33	1.33 ± 0.33	1.23 ± 0.32	<0.001
LDL Χοληστερόλη (mmol/l)	2.87 ± 0.81	2.85 ± 0.80	3.06 ± 0.93	<0.001
Ινσουλίνη (ug/l)	10.85 ± 5.30	10.69 ± 5.04	12.51 ± 7.19	<0.001
Κρεατινίνη (umol/L)	62.07 ± 14.00	62.31 ± 13.75	59.61 ± 16.08	<0.001
Ουρικό Οξύ (umol/L)	286.50 ± 79.29	287.77 ± 79.19	273.87 ± 79.22	<0.001
Πρωτεΐνη Ουρίας, n (%)	1087(2.97)	797(2.39)	290(8.64)	<0.001
Γλυκόζη Ουρίας, n (%)	915(2.50)	125(0.38)	790(23.54)	<0.001
Υπέρταση, n (%)	11943(32.58)	10225(30.71)	1718(51.19)	<0.001
Στεφανιαία Καρδιακή Νόσος, n (%)	1620(4.42)	1368(4.11)	252(7.51)	<0.001
Μητέρα με ΣΔΤ2, n (%)	1070(2.92)	813(2.44)	257(7.66)	<0.001
Πατέρας με ΣΔΤ2, n (%)	532(1.45)	432(1.30)	100(1.45)	<0.001

Σχήμα 3.1 : Γενικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού που πήρε μέρος στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το 2015 έως το 2017 στην Χενάν της Κίνας

Χρησιμοποιώντας τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού, εκπαιδεύτηκαν 6 διαφορετικά μοντέλα πρόβλεψης πιθανότητας εμφάνισης ΣΔΤ2. Για την εκπαίδευση κάθε μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν αντίστοιχα οι εξής αλγόριθμοι : logistic regression (LR), classification and regression tree (CART), gradient boosting machine (GBM), artificial neural network (ANN), Random forest (RF), Support vector machine (SVM). Πραγματοποιήθηκε επίσης ο υπολογισμός των σημαντικότερων μεταβλητών από τις οποίες εξαρτάται η ΕΠΣΔΤ2 για κάθε αλγόριθμο, με την γλυκόζη ουρίας να καταλαμβάνει την πρώτη θέση σε όλους. Η κατάταξη ανά αλγόριθμο των 10 σημαντικότερων μεταβλητών παρουσιάζεται στον πίνακα (Σχήμα 3.2).

Κατάταξη	Αλγόριθμοι Μηχανικής Μάθησης LR	CART	GBM	ANN	RF	SVM
1	Γλυκόζη Ουρίας	Γλυκόζη Ουρίας	Γλυκόζη Ουρίας	Γλυκόζη Ουρίας	Γλυκόζη Ουρίας	Γλυκόζη Ουρίας
2	Ιστορικό ΣΔ Μητρός	Γλυκιά Γεύση	Γλυκιά Γεύση	Ιστορικό ΣΔ Μητρός	Γλυκιά Γεύση	Πρωτεϊνουρία
3	Πρωτεϊνουρία	Πικρή Γεύση	Αναλογία Μέσης/Ισχίου	Πρωτεϊνουρία	Αναλογία Μέσης/Ισχίου	Ιστορικό ΣΔ Μητρός
4	Ιστορικό ΣΔ Πατρός	Αναλογία Μέσης/Ισχίου	Υπέρταση	Ουροποιητικό Αίμα	Ηλικία	Ιστορικό ΣΔ Πατρός
5	Urine Ketone bodies	Ηλικία	Περισσότερα Φρούτα/Λαχανικά	Γλυκιά Γεύση	Κρεατίνη	Urine Ketone bodies
6	Υπέρταση	Ιστορικό ΣΔ Μητρός	Ηλικία	Ιστορικό ΣΔ Πατρός	Ουρικό Οξύ	Υπέρταση
7	Στεφανιαία Καρδιακή Νόσος	Αναλογία Μέσης/Υψους	Urinary Vitamin C	Urine Ketone bodies	Καρδιακοί Πल्αμοί	Στεφανιαία Καρδιακή Νόσος
8	LDL Χοληστερόλη	Ινσουλίνη	PH Ούρων	Φύλο	Ινσουλίνη	LDL Χοληστερόλη
9	PH Ούρων	Καρδιακή Πίεση	Πικρή Γεύση	Συστολική Πίεση	Τριγλυκερίδια	PH Ούρων
10	Ουρικό Νάτριο	Καρδιακοί Πल्αμοί	Ιστορικό ΣΔ Μητρός	Υπέρταση	Αναλογία Μέσης/Υψους	Παρουσία νιτρωδών στα ούρα

Σχήμα 3.2 : Κατάταξη των 10 σημαντικότερων μεταβλητών ανά αλγόριθμο εκπαίδευσης του μοντέλου

Τα μοντέλα μπορούν να εκτιμήσουν την πιθανότητα εμφάνισης ΣΔΤ2 με ή χωρίς τις εργαστηριακές εξετάσεις ως είσοδο• δηλαδή μόνο με τις υπόλοιπες, κλινικές, δημογραφικές κλπ. Στην περίπτωση χρήσης των εργαστηριακών εξετάσεων, όλα τα μοντέλα πέτυχαν ακρίβεια άνω του 80%, με το GBM να καταλαμβάνει την πρώτη θέση (ποσοστό 87.2%). Στον πίνακα (Σχήμα 3.3) φαίνονται αναλυτικά τα ποσοστά επιτυχίας ως προς την ακρίβεια (στήλη AUC), για κάθε αλγόριθμο ξεχωριστά. Χρησιμοποιώντας λοιπόν αυτά τα μοντέλα είναι δυνατό να εντοπίζονται 8 άτομα για κάθε 10 που πρόκειται να εμφανίσουν ΣΔΤ2, με απώτερο σκοπό την καθυστέρηση της νόσου ή ακόμα και την αποφυγή της με την χρήση προληπτικής αγωγής.

Εργαστηριακές Μετρήσεις	Μοντέλο	AUC	Ακρίβεια(%)	Ευαισθησία(%)	Ειδικότητα(%)	PPV(%)	NPV(%)	AUPR
Ναι	LR	0.841 (0825-858)	75.23	78.49	74.91	23.37	97.28	0.493
	CART	0.811 (0.793-0.829)	80.06	66.97	81.33	25.91	96.19	0.433
	GBM	0.872 (0.858- 0.886)	81.20	76.04	81.71	28.83	97.22	0.546
	ANN	0.858 (0.842-0.873)	74.01	80.95	73.34	22.83	97.53	0.520
	RF	0.868 (0854-0.883)	85.95	79.57	78.14	26.19	97.52	0.538
	SVM	0.835 (0.818-0.851)	76.42	74.65	76.59	23.71	96.88	0.49
Όχι	LR	0.804 (0.787-0.821)	75.06	72.35	75.33	22.23	96.55	0.313
	CART	0.767 (0.749-0.784)	62.79	79.26	61.18	16.60	96.80	0.235
	GBM	0.817 (0.801-0.833)	70.28	78.96	69.43	20.11	97.13	0.345
	ANN	0.808 (0.791-0.825)	70.52	78.03	69.79	20.11	97.02	0.328
	RF	0.803 (0786-0.820)	70.77	75.58	70.3	19.87	96.73	0.327
	SVM	0.800 (0.783-0.818)	76.46	70.51	77.04	23.03	96.40	0.316

Σχήμα 3.3 : Ποσοστά ακρίβειας εκτίμησης πιθανότητας εμφάνισης ΣΔΤ2 ανά μοντέλο

3.2. Μοντέλα Πρόβλεψης Επιπλοκών του ΣΔ

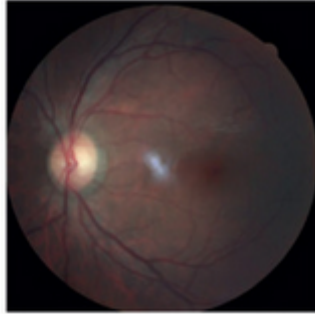
Έχουν αναπτυχθεί μοντέλα για την πρόβλεψη πιθανότητας επιπλοκών του ΣΔ, για άτομα που ήδη νοσούν. Τα μοντέλα αυτά, χρησιμοποιώντας μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης, είναι ικανά να προβλέψουν επιπλοκές όπως αμφιβληστροειδοπάθεια και καρδιαγγειοπάθεια (CVD) για ασθενείς με ΣΔ. Ακολουθώς αναφέρονται κάποια από τα πρόσφατα μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί.

Μελέτη πιθανότητας εμφάνισης καρδιαγγειοπάθειας με μοντέλο βασισμένο στον αλγόριθμο ‘random forest’, στην ανατολική Κίνα:

Σε αυτήν την έρευνα επιλέχθηκαν στην Ανατολική Κίνα το 2014 29930 άτομα με αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης CVD από τον συνολικό αριθμό 101056 ατόμων. Πραγματοποιήθηκε συστηματική παρακολούθηση με την χρήση ηλεκτρονικού συστήματος καταγραφής δεδομένων των ασθενών. Με την ανάλυση λογιστικής παλινδρόμησης βγήκε το συμπέρασμα ότι περίπου 30 δείκτες σχετίζονται με την ανάπτυξη CVD, όπως το φύλο, η ηλικία, το οικογενειακό εισόδημα, το κάπνισμα, το ποτό και η περιφέρεια μέσης. Για το μοντέλο χρησιμοποιήθηκε η τεχνική Μηχανικής Μάθησης (MM) Random Forest (RM). Η αποτελεσματικότητα του μοντέλου στο να προβλέπει την πιθανότητα εμφάνισης CVD στα επόμενα τρία χρόνια ήταν 78.71%.

Προβλέποντας το ρίσκο ανάπτυξης διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας χρησιμοποιώντας ‘deep learning’:

Το μοντέλο αυτό έχει σκοπό την πρόβλεψη αμφιβληστροειδοπάθειας στα επόμενα 2 χρόνια. Τα δεδομένα που συμπεριλήφθηκαν ήταν από τις βάσεις Google Scholar, PubMed, Scopus, MEDLINE και Web of Science μέχρι τις 15 Ιουνίου 2020. Χρησιμοποιήθηκε η MM Deep-Learning. Σαν είσοδο το μοντέλο δέχεται μια έγχρωμη φωτογραφία του θόλου του ματιού, ανάλυσης 587 x 587 pixel και η έξοδός του είναι 1 ή 0, για το αν πρόκειται ο ασθενής να εμφανίσει ή όχι αμφιβληστροειδοπάθεια τα επόμενα δύο χρόνια.



Σχήμα 3.4 : Έγχρωμη φωτογραφία του θόλου του ματιού, ανάλυσης 587 x 587

Για την εκπαίδευση του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν 575431 μάτια και για την επικύρωση των αποτελεσμάτων 7976 από αυτά και 4762 που δεν ανήκαν στο αρχικό σύνολο εκπαίδευσης. Τα αποτελέσματα της έρευνας για τα δύο σύνολα επικύρωσης και σε σχέση με τους παράγοντες κινδύνου παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Σχήμα 3.5).

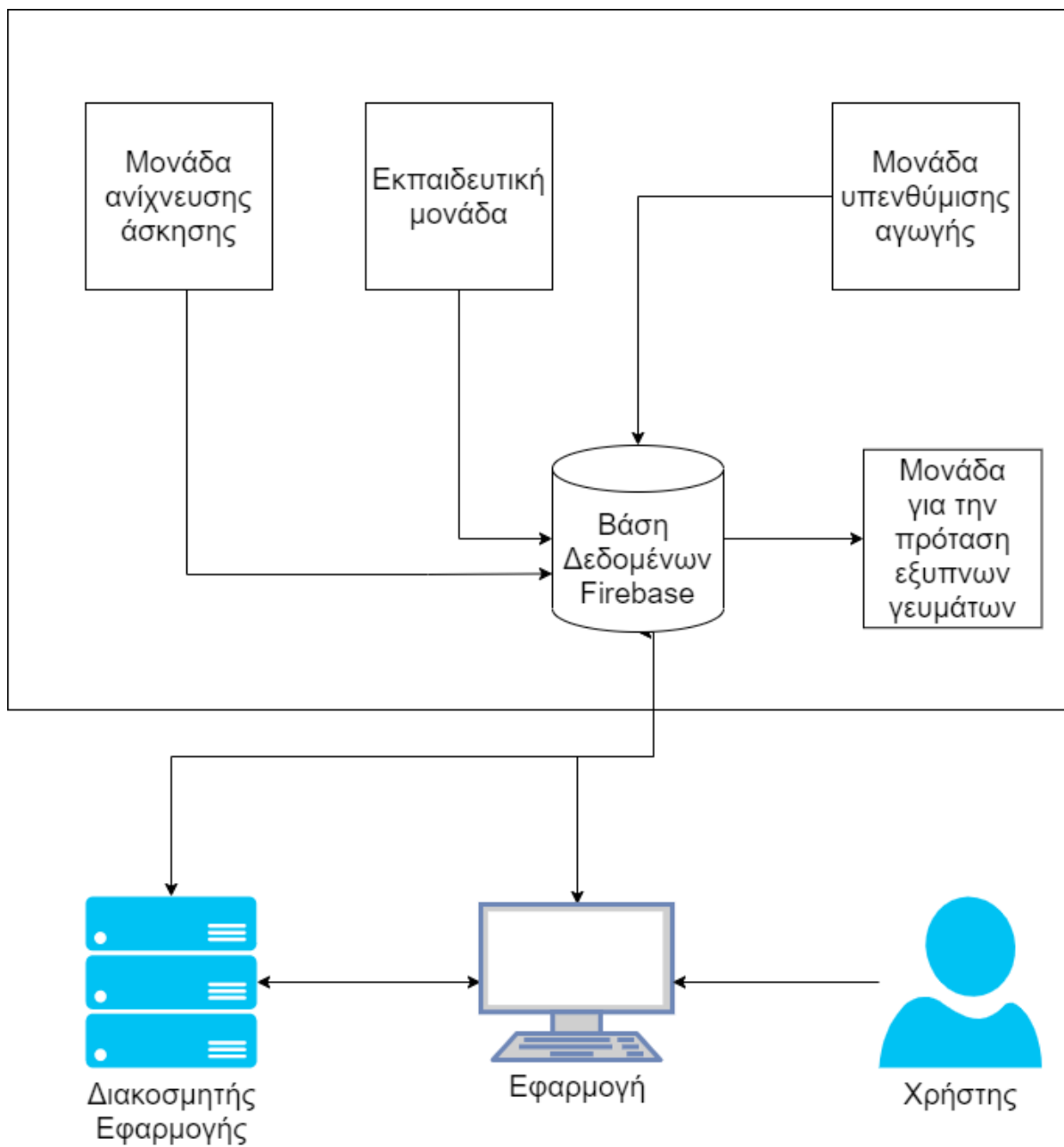
	Οφθαλμοί με Διαθέσιμα δεδομένα του Παράγοντα Κινδύνου	Οφθαλμοί με Διαβητική Αμφιβληστροειδοπάθεια εντός 2 ετών	Μόνο το AUC από τους Παράγοντες Κινδύνου(95% CI)	CFP AUC ενός πεδίου(95% CI)		CFP AUC Τριών πεδίων(95% CI)	
				Μόνο DLS	Παράγοντες Κινδύνου και DLS	Μόνο DLS	Παράγοντες Κινδύνου και DLS
Εσωτερικό σύνολο δεδομένων επικύρωσης							
γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη	2534	458(18%)	0.68 (0.65-0.71)	0.78 (0.75-0.80)	0.79 (0.77-0.82)	0.79 (0.76-0.81)	0.81 (0.78-0.83)
χρόνια με διαβήτη	3223	615(19%)	0.64 (0.61-0.66)	0.77 (0.75-0.79)	0.78 (0.76-0.80)	0.79 (0.76-0.81)	0.80 (0.77-0.82)
διαβητικός έλεγχος (αναφορά απο Τον ασθενή)	1589	274(17%)	0.64 (0.61-0.66)	0.77 (0.73-0.80)	0.78 (0.76-0.81)	0.79 (0.76-0.82)	0.80 (0.77-0.84)
Χρήση Ινσουλίνης	3678	685(19%)	0.59 (0.58-0.61)	0.78 (0.76-0.80)	0.78 (0.76-0.80)	0.79 (0.77-0.81)	0.80 (0.78-0.82)
γλυκοζυλιωμένη Αιμοσφαιρίνη, χρόνια με διαβήτη, διαβητικός έλεγχος (αναφορά απο Τον ασθενή), Χρήση Ινσουλίνης	1257	221(18%)	0.72 (0.68-0.76)	0.77 (0.73-0.81)	0.79 (0.75-0.82)	0.79 (0.75-0.82)	0.81 (0.77-0.84)
Εξωτερικό σύνολο δεδομένων επικύρωσης							
	1788	268(15%)	0.62 (0.58-0.66)	0.70 (0.67-0.74)	0.71 (0.68-0.75)

Σχήμα 3.5 : Τα αποτελέσματα της έρευνας για τα δύο σύνολα επικύρωσης και σε σχέση με τους παράγοντες κινδύνου

3.3. Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης ΣΔ

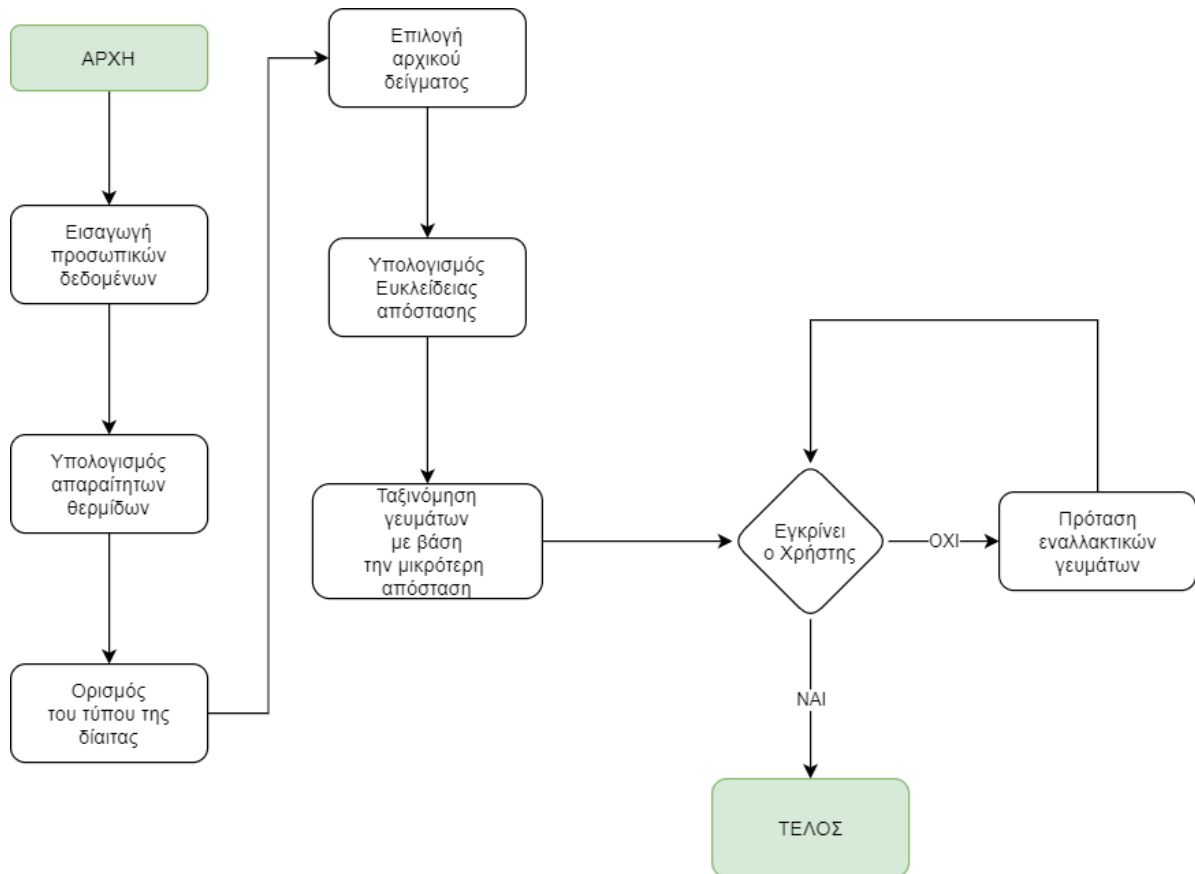
Χρησιμοποιώντας τις τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών, έχουν αναπτυχθεί διάφορα ολοκληρωμένα συστήματα που στόχο έχουν την αποτελεσματική διαχείριση του ΣΔ. Τα συστήματα αυτά μπορούν να αυξήσουν την αποδοτικότητα των επιμέρους τεχνικών που χρησιμοποιούνται ήδη για την αντιμετώπιση του ΣΔ, όπως την συχνή καταγραφή μετρήσεων του σακχάρου στο αίμα, τη σωστή επιλογή γευμάτων, την τακτική άσκηση, την σωστή πληροφόρηση, την εξαγωγή σωστών συμπερασμάτων για την κατάσταση κάποιου ασθενούς, την εξέταση και άλλα.

Το σύστημα που δημιουργήθηκε στο πλαίσιο της εργασίας “Design and Development of Diabetes Management System Using Machine Learning” του Robert A. Sowah , χρησιμοποιεί τέσσερις βασικές λογικές μονάδες που βοηθούν στην διαχείριση του ΣΔ. Αυτές οι λογικές μονάδες είναι υπεύθυνες αντίστοιχα για την καταγραφή της άσκησης, την εκπαίδευση του ασθενούς, την υπενθύμιση όσον αφορά την φαρμακευτική αγωγή του και την πρόταση γευμάτων.



Σχήμα 3.6 : Η αρχιτεκτονική του συστήματος όπως παρουσιάζεται στην εργασία

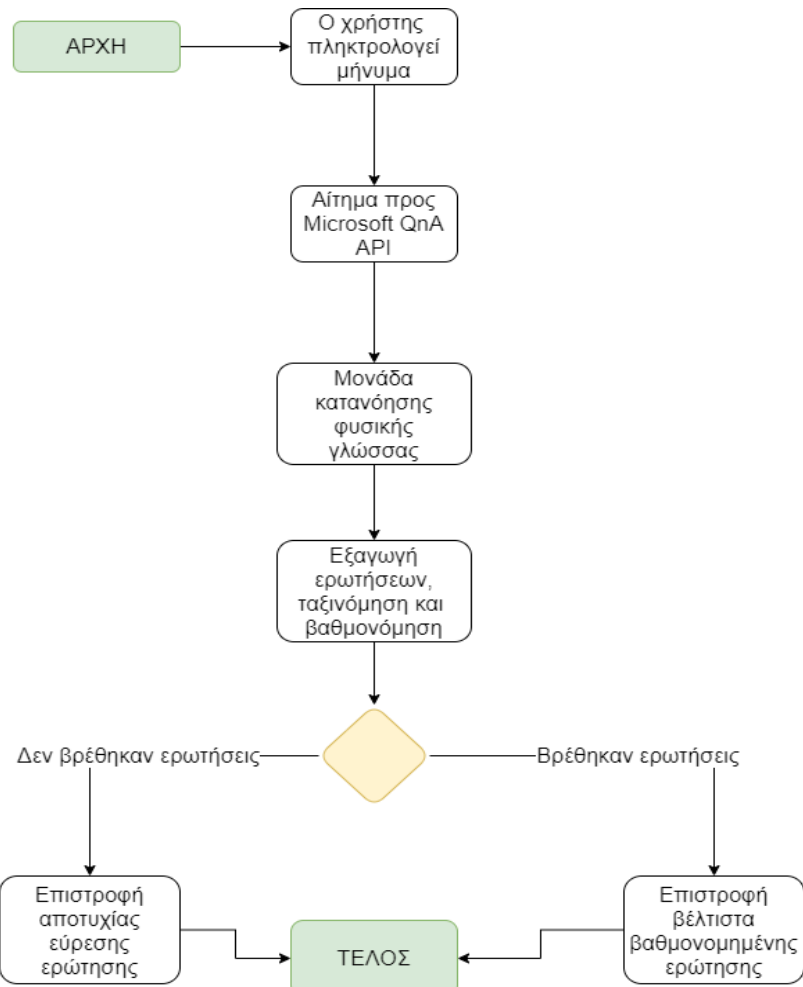
Η λογική μονάδα που είναι υπεύθυνη για την πρόταση γευμάτων, χρησιμοποιεί νευρωνικό μοντέλο το οποίο έχει εκπαιδευτεί με τον αλγόριθμο K-Nearest Neighbour σε βάσεις δεδομένων με μακροστοιχεία τροφίμων . Δέχεται ως είσοδο τα απαραίτητα προσωπικά δεδομένα του χρήστη, υπολογίζει τις ανάγκες του σε θερμίδες με βάση την εξίσωση του Harris Benedict και προτείνει κάποιο γεύμα.



Σχήμα 3.7 : Διάγραμμα ροής του συστήματος πρότασης γεύματος

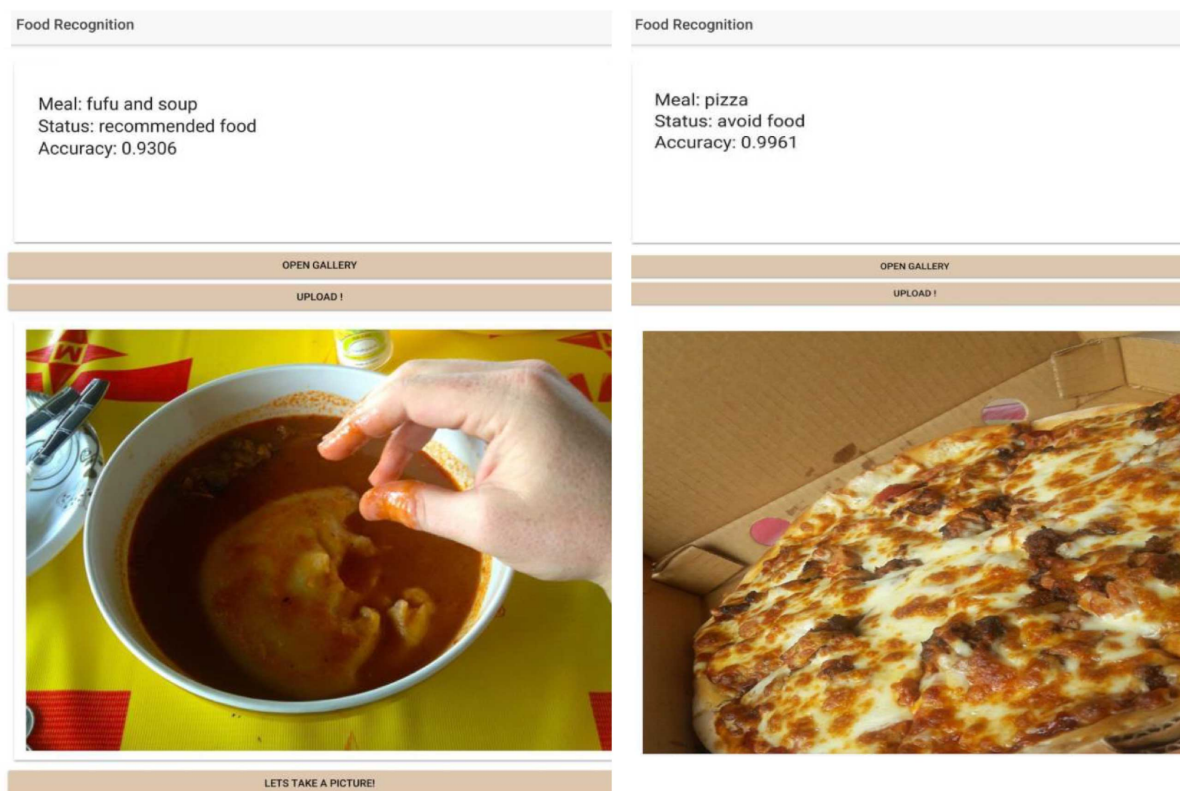
Η μονάδα που είναι υπεύθυνη για την εκπαίδευση του ασθενούς απαρτίζεται από δύο μέρη, ένα 'bot' ερωτήσεων και απαντήσεων και ένα νευρωνικό μοντέλο που αναγνωρίζει το γεύμα από στιγμιότυπα και ενημερώνει τον χρήστη για το αν προτείνεται ή όχι προς κατανάλωση.

Το bot χρησιμοποιεί την υπηρεσία Microsoft QnA που επεξεργάζεται φυσική γλώσσα και αντιστοιχεί την ερώτηση του χρήστη όσο το δυνατόν καλύτερα με ερωτήσεις που έχει στην βάση γνώσης του και ελέγχει αν υπάρχουν απαντήσεις για τις συγκεκριμένες ερωτήσεις, τις οποίες και επιστρέφει στον χρήστη. Αυτή η βάση γνώσης έχει εκπαιδευτεί πάνω σε συχνές ερωτήσεις για τον ΣΔ από διαδικτυακές κοινότητες και ειδικών του ΣΔ.



Σχήμα 3.8 : Διάγραμμα ροής του QnA chatbot

Το νευρωνικό μοντέλο αναγνώρισης και σύστασης ή μη του γεύματος (Σχήμα 3.8) του χρήστη δημιουργήθηκε με την βιβλιοθήκη Tensorflow και χρησιμοποιήθηκε η βάση φωτογραφιών ImageNet της Google, για την εκπαίδευση του.



Σχήμα 3.8 : Παραδείγματα αποκρίσεων του νευρωνικού.

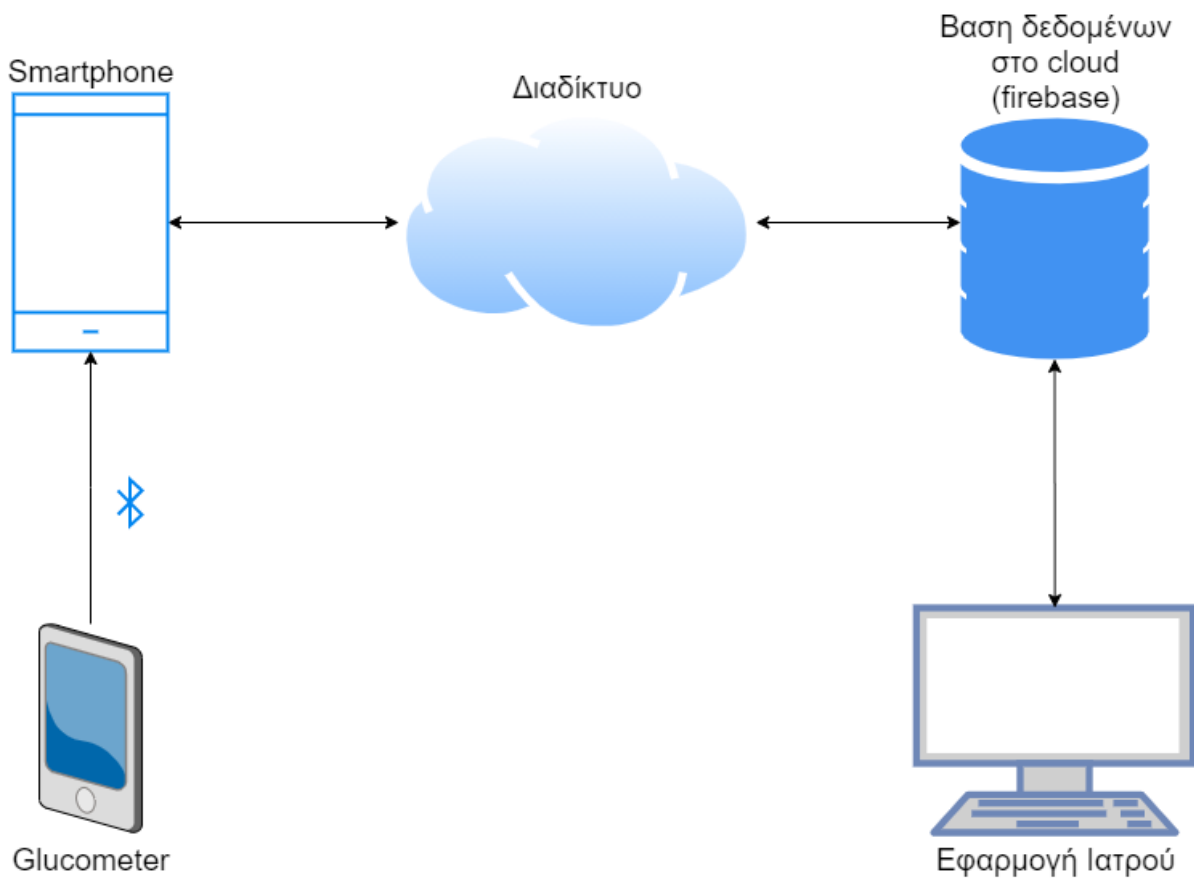
Η λογική μονάδα που είναι υπεύθυνη για την καταγραφή της δραστηριότητας του χρήστη έχει επίσης στόχο να τους ενθαρρύνει να ασκηθούν. Αποθηκεύει τις διαδρομές του χρήστη σε βάση δεδομένων firebase σε μορφή geolocations. Χρησιμοποιώντας τα Google maps παρέχει στον χρήστη γραφική απεικόνιση των διαδρομών του.

Για να αποφευχθεί να αμεληθεί η φαρμακευτική αγωγή, έχει δημιουργηθεί και η λογική μονάδα υπενθύμισης της φαρμακευτικής αγωγής στον χρήστη. Η οποία τρέχει στην συσκευή του χρήστη και χρησιμοποιώντας Ionic notifications του στέλνει ειδοποιήσεις τις ώρες που έχει ορίσει ότι πρέπει να λάβει την αγωγή του. Η εφαρμογή αυτή δίνει επίσης την δυνατότητα στον χρήστη να καταγράψει τις μετρήσεις γλυκόζης του αίματος. Επιπλέον παράγει pdf με αυτές τις καταγραφές τις οποίες παρουσιάζει χρησιμοποιώντας 'high charts'.

Glucorio

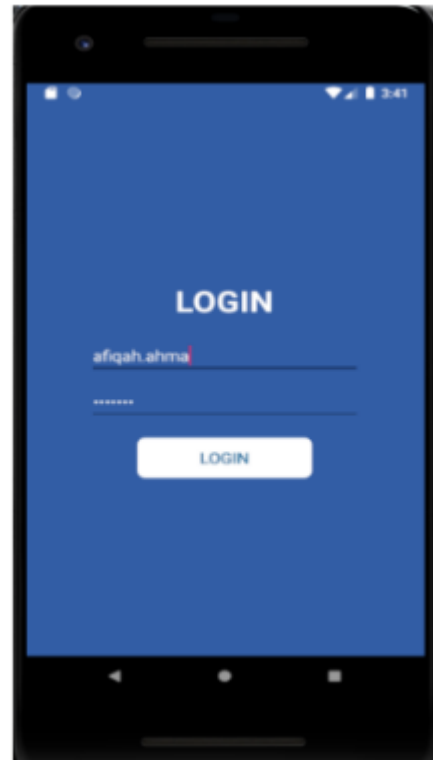
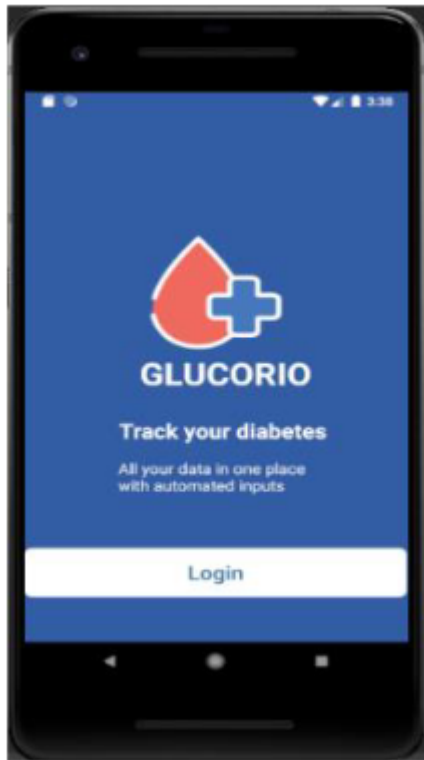
Το Glucorio είναι μια εφαρμογή για κινητά, η οποία δημιουργήθηκε με σκοπό να γίνει εύκολη η καταγραφή των καθημερινών μετρήσεων σακχάρου που πραγματοποιούν οι ασθενείς με ΣΔ. Αυτό το επιτυγχάνει παρέχοντας ασύρματη σύνδεση με ένα συγκεκριμένο μηχάνημα μέτρησης της γλυκόζης στο αίμα, το Accu-Chek. Ο μετρητής γλυκόζης Accu-Chek στέλνει αυτόματα τις μετρήσεις στην εφαρμογή του χρήστη, αν έχει επιτευχθεί

σύνδεση με αυτήν. Η εφαρμογή στην συνέχεια στέλνει τα δεδομένα σε μία βάση δεδομένων μέσω διαδικτύου. Παρέχεται έτσι πρόσβαση όχι μόνο στον χρήστη αλλά και σε επιλεγμένους από αυτόν, ιατρούς. Ένα απλοποιημένο σχήμα της αρχιτεκτονικής της εφαρμογής παρουσιάζεται παρακάτω (Σχήμα 3.9).



Σχήμα 3.9 : Αρχιτεκτονική του συστήματος Glucorio

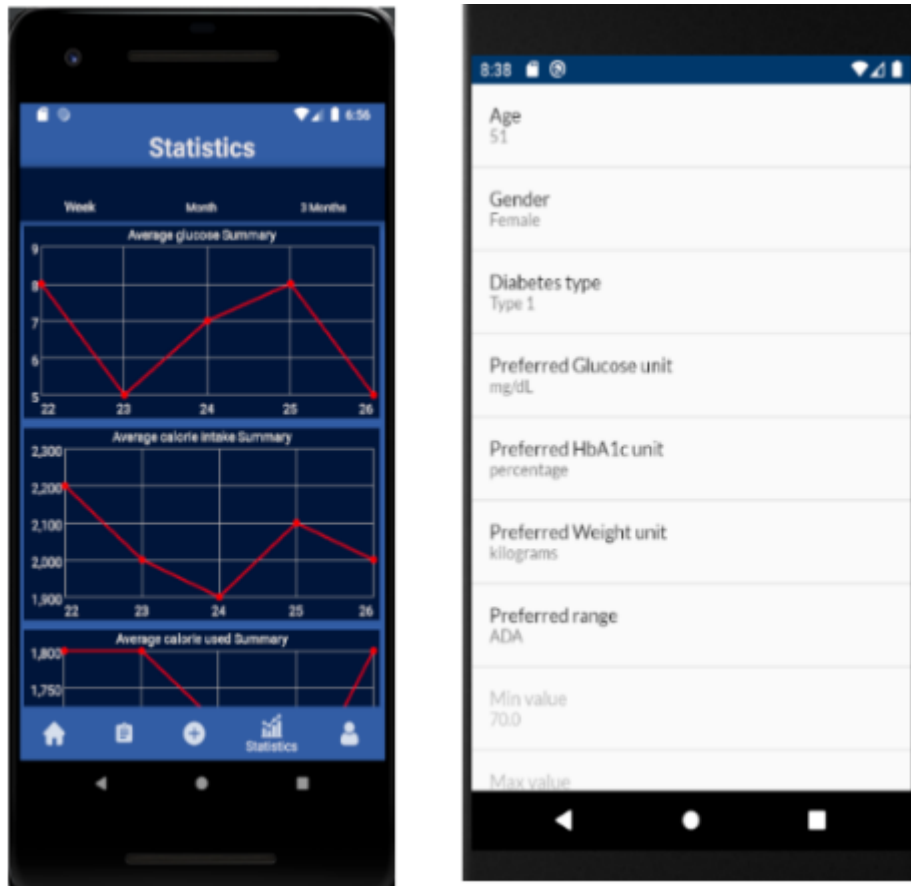
Ο χρήστης χρησιμοποιώντας την εφαρμογή, μπορεί να ανατρέξει σε οποιαδήποτε μέτρηση έχει πραγματοποιήσει, μπορεί επίσης να δει ένα γενικότερο σχήμα και να συγκρίνει πιο εύκολα τις διάφορες τιμές, χρησιμοποιώντας την καρτέλα των γραφημάτων που προσφέρει η εφαρμογή. Χειροκίνητα επίσης μπορούν να περαστούν και άλλες μετρήσεις για άλλες εξετάσεις, που αφορούν τον ασθενή. Οι γιατροί έχουν και αυτοί την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή και με την συγκατάθεση των ασθενών τους, να παρακολουθήσουν το ιστορικό των μετρήσεών τους ή ακόμα και να συμπληρώσουν οι ίδιοι κλινικά δεδομένα που αφορούν τους ασθενείς τους. Παρουσιάζονται παρακάτω στα σχήματα 3.10,3.11 και 3.12 κάποιες από τις διεπαφές της εφαρμογής.



Σχήμα 3.10 : Κεντρική σελίδα login(αριστερά), Σελίδα login για τον ασθενή(δεξιά)



Σχήμα 3.11 : Κεντρική σελίδα(αρ), Σελίδα νέας εισαγωγής δεδομένων (δεξιά)



Σχήμα 3.12 : Σελίδα γραφημάτων (αριστερά), Σελίδα πληροφοριών ασθενούς (δεξιά)

4. Ανάπτυξη Διαδικτυακής Εφαρμογής Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων για την Διαχείριση του Σακχαρώδους Διαβήτη τύπου 2

Σκοπός μας ήταν η δημιουργία μιας εφαρμογής, που θα διευκολύνει τους διαβητολόγους στην καταγραφή και επισκόπηση των δεδομένων των ασθενών τους. Επιπλέον να τους υποστηρίζει στις κλινικές τους αποφάσεις, παρέχοντάς τους πρόσβαση σε μοντέλο πρόβλεψης πιθανότητας εμφάνισης CVD και σε γραφική αναπαράσταση των δεδομένων των ασθενών.

4.1. Συλλογή Προδιαγραφών

Η συλλογή των προδιαγραφών πραγματοποιήθηκε μέσω της συνεργασίας μας με διαβητολόγο ιατρό του Ιπποκράτειου Νοσοκομείου. Μέσω συνεντεύξεων προέκυψαν οι ακόλουθες λειτουργικές και τεχνικές προδιαγραφές.

4.1.1. Λειτουργικές Προδιαγραφές

1. Δημιουργία λογαριασμού ιατρού και σύνδεση

Ο ιατρός χρησιμοποιώντας το email του και συμπληρώνοντας τα στοιχεία του μπορεί να δημιουργήσει έναν λογαριασμό στην εφαρμογή και στην συνέχεια να συνδεθεί για να χρησιμοποιήσει τις δυνατότητές της.

2. Δημιουργία καρτέλας ασθενούς

Ο ιατρός έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει μια νέα εγγραφή στην εφαρμογή για κάθε ασθενή του, συμπληρώνοντας τα στοιχεία του. Έχει επίσης την δυνατότητα να ανανεώσει στοιχεία, όπως διεύθυνση, τηλέφωνο ασθενούς ή ακόμα και να διαγράψει την καρτέλα του.

3. Επισκόπηση και εύρεση καρτέλας ασθενών

Ο ιατρός έχει πρόσβαση σε πίνακα με όλες τις καρτέλες ασθενών και μπορεί εύκολα να εντοπίσει την καρτέλα που θέλει, κάνοντας αναζήτηση με βάση οποιοδήποτε πεδίο, για παράδειγμα “αριθμός μητρώου”, ή ακόμα και σε πολλαπλά πεδία ταυτόχρονα.

4. Αποθήκευση και δυνατότητα επισκόπησης των δεδομένων των ασθενών

Ο ιατρός μπορεί να αποθηκεύει τα δεδομένα για κάθε επίσκεψη ενός ασθενούς στην καρτέλα του. Αυτά τα δεδομένα απαρτίζονται από κλινικές εξετάσεις, εργαστηριακές εξετάσεις, φόρμες με ερωτήσεις που απαντάει ο ασθενής και ιατρικές αγωγές που ακολουθεί ο ασθενής. Ο ιατρός έχει την δυνατότητα να ανατρέξει σε οποιαδήποτε επίσκεψη, να συμπληρώσει, να ανανεώσει και να διαγράψει δεδομένα.

5. Γραφική επισκόπηση των δεδομένων κάθε ασθενούς

Ο ιατρός έχει την δυνατότητα να παρακολουθήσει την εξέλιξη των τιμών του ασθενούς στον χρόνο και αν είναι εντός ή εκτός φυσιολογικών τιμών, μέσω γραφημάτων.

6. Εκτίμησης πιθανότητας να εμφανίσει κάποιος ασθενής CVD

Ο ιατρός μπορεί να καλέσει μέσα από την καρτέλα του ασθενούς το μοντέλο που προβλέπει την πιθανότητα εμφάνισης CVD με βάση τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου ασθενούς και να δει στην οθόνη του τα αποτελέσματα του μοντέλου.

7. Γραφική επισκόπηση στο σύνολο των ασθενών

Ο ιατρός μπορεί να πάρει πληροφορίες για το σύνολο των ασθενών, μέσω γραφικών παραστάσεων και πινάκων. Πληροφορίες όπως το ποσοστό των ασθενών που είναι καπνιστές, πόσοι ασθενείς είχαν κάποια τιμή εκτός φυσιολογικών τιμών στην τελευταία τους επίσκεψη κ.ά. Επίσης μπορεί να φιλτράρει τον πληθυσμό με βάση αν μια η περισσότερες τιμές είναι εκτός ή εντός ορίων των φυσιολογικών τιμών και να πάρει πληροφορίες μόνο για το συγκεκριμένο υποσύνολο.

8. Δημιουργία φόρμας ερωτήσεων

Ο ιατρός έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει τις φόρμες που χρησιμοποιούνται στην λειτουργική προδιαγραφή 3, προσαρμοσμένες με τις ερωτήσεις που εκείνος επιθυμεί. Μπορεί επίσης να τις ανανεώσει και να τις διαγράψει.

4.1.2. Τεχνικές Προδιαγραφές

1. Έλεγχος ταυτότητας και εξουσιοδότηση

Η ταυτότητα του χρήστη θα πρέπει να πιστοποιείται πριν να του παραχωρηθεί άδεια αποκλειστικά στα δεδομένα στα οποία έχει εξουσιοδότηση.

2. Ασφάλεια δεδομένων

Τα ευαίσθητα δεδομένα, όπως ο κωδικός πρόσβασης του χρήστη, θα πρέπει να αποθηκεύονται κρυπτογραφημένα στην βάση δεδομένων του συστήματος. Επίσης τα δεδομένα που θα μεταφέρονται μέσω διαδικτύου θα πρέπει να είναι κρυπτογραφημένα.

3. Συμβατότητα

Η εφαρμογή θα πρέπει να είναι συμβατή με τα μείζονα λειτουργικά συστήματα προσωπικών υπολογιστών, δηλαδή με Microsoft Windows, Mac OS και Linux.

4. Παραγωγικότητα

Η εφαρμογή θα πρέπει να αυξάνει την παραγωγικότητα του χρήστη με λειτουργίες που θα επιτρέπουν την γρήγορη εισαγωγή και ανανέωση δεδομένων.

5. Σφάλματα Συστήματος

Ο χρήστης θα πρέπει να ενημερώνεται με κατάλληλα μηνύματα όταν κατά την διάρκεια χρήσης της εφαρμογής συμβεί κάποιο σφάλμα συστήματος.

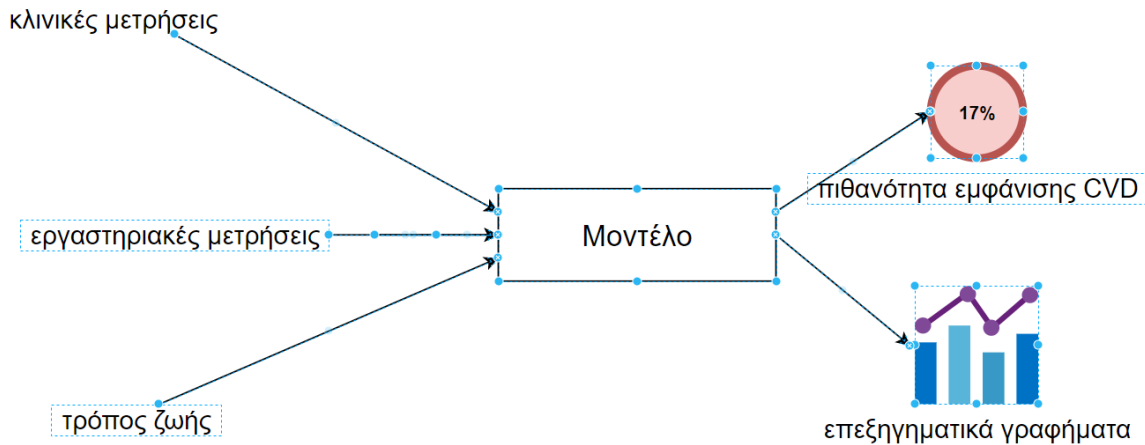
4.2. Διασύνδεση με Ερμηνεύσιμο Μοντέλο Εκτίμησης Πιθανότητας Κινδύνου Εμφάνισης Καρδιοαγγειακής Νόσου (CVD)

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αναπτύχθηκε μηχανισμός διασύνδεσης με μοντέλο πρόβλεψης κινδύνου εμφάνισης CVD για άτομα που πάσχουν από ΣΔΤ2, το οποίο αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της διπλωματικής [18].

4.2.1 Η λειτουργία του μοντέλου

Το μοντέλο δέχεται ως είσοδο εργαστηριακές και κλινικές μετρήσεις του ασθενούς όπως αρτηριακή πίεση και χοληστερόλη HDL και συνήθειες που έχει στον τρόπο ζωής του, όπως το κάπνισμα. Η έξοδος του μοντέλου είναι η πιθανότητα ο ασθενής να εμφανίσει CVD τα επόμενα 5 χρόνια και επίσης διαγράμματα που εξηγούν πως προέκυψε αυτή η

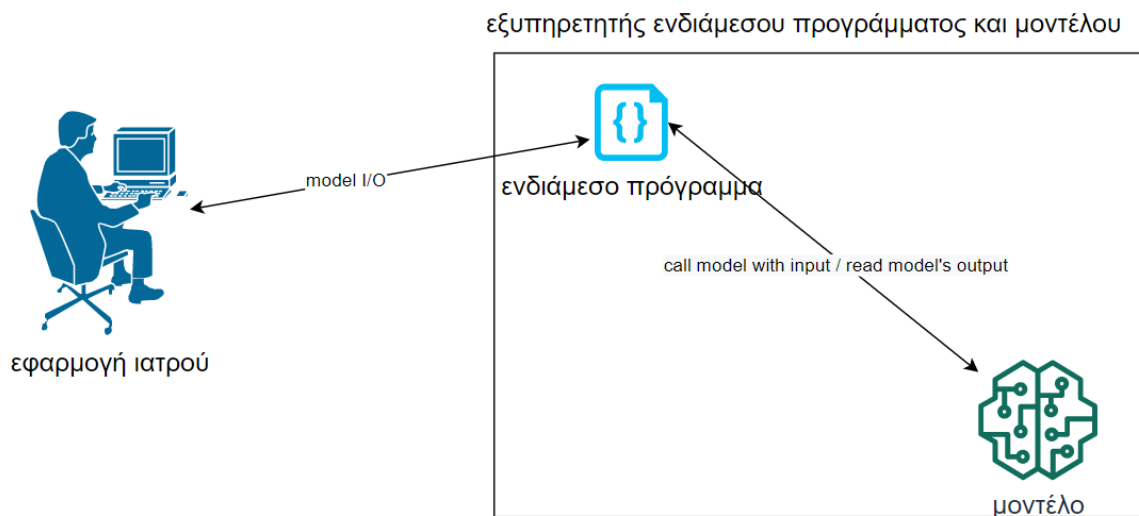
πιθανότητα από το μοντέλο και τι επιρροή είχε η κάθε είσοδος στην εκτίμηση της πιθανότητας για το συγκεκριμένο άτομο.



Σχήμα 4.1 : Είσοδοι και έξοδοι μοντέλου πρόβλεψης πιθανότητας εμφάνισης CVD μέσα στα επόμενα 5 χρόνια

4.2.2 Η διασύνδεση της εφαρμογής με το μοντέλο

Ο κώδικας του μοντέλου μπορεί να βρίσκεται και να εκτελείται από διαφορετικό εξυπηρετητή από ότι ο κώδικας της εφαρμογής. Για παράδειγμα το μοντέλο μπορεί να τρέχει από έναν εξυπηρετητή του BioSim στο E.M.Π ενώ η εφαρμογή από έναν εξυπηρετητή που βρίσκεται στο Νοσοκομείο του οποίου οι γιατροί θα την χρησιμοποιούν. Τα δυο αυτά προγράμματα θα μπορούν να τρέχουν αυτόνομα και να αναβαθμίζονται ξεχωριστά, διατηρώντας πάντα τις αρχές επικοινωνίας μεταξύ αυτών, χωρίς να επηρεάζει το ένα την διαθεσιμότητα και την λοιπή λειτουργικότητα του άλλου. Για τον σκοπό αυτό τέθηκαν οι αρχές επικοινωνίας μεταξύ των προγραμμάτων, η οποία θα πραγματοποιείται μέσω του διαδικτύου. Για την επικοινωνία αυτή δημιουργήθηκε λοιπόν ένα επιπλέον ενδιάμεσο πρόγραμμα, το οποίο θα τρέχει στον ίδιο εξυπηρετητή με το μοντέλο και σκοπό θα έχει να δέχεται 'requests' από την εφαρμογή του γιατρού. Τα 'requests' θα περιέχουν δεδομένα σε μορφή κατάλληλη ώστε να τα δέχεται σαν είσοδο το μοντέλο. Το ενδιάμεσο πρόγραμμα θα καλεί λοιπόν το μοντέλο δίνοντάς του ως είσοδο τα δεδομένα του 'request', στην συνέχεια θα διαβάξει την έξοδο του μοντέλου και θα την επιστρέφει στην εφαρμογή του ιατρού.



Σχήμα 4.2 : Αρχιτεκτονική επικοινωνίας του ιατρού με το μοντέλο πρόβλεψης πιθανότητας εμφάνισης CVD

Τα δεδομένα που θα λαμβάνει το μοντέλο θα είναι ανώνυμα και πέρα από τις μετρήσεις του ασθενούς, δεν θα περιέχουν καμία πληροφορία με την οποία θα μπορεί να γίνει δυνατή η ταυτοποίησή του, όπως αριθμό μητρώου, όνομα και άλλα.

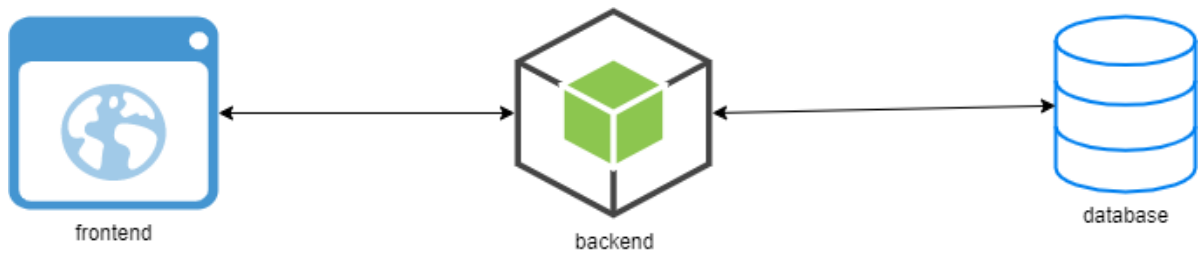
5. Παρουσίαση της εφαρμογής

5.1. Η Αρχιτεκτονική της Εφαρμογής

5.1.1 Λειτουργικό Μέρος

Το λειτουργικό μέρος της εφαρμογής, δηλαδή το μέρος που υλοποιήθηκε με σκοπό να ικανοποιηθούν οι λειτουργικές απαιτήσεις, απαρτίζεται από δύο προγράμματα και μια βάση δεδομένων. Το πρώτο πρόγραμμα είναι το γραφικό διαχειριστικό περιβάλλον του ιατρού (frontend), το οποίο δημιουργήθηκε για να κάνει εύκολη την πρόσβαση, παρακολούθηση και εισαγωγή των δεδομένων για το ιατρό. Αυτό επιτυγχάνεται με γραφικές παραστάσεις απεικόνισης των δεδομένων, πεδία φιλτραρίσματος κ.ά. Το δεύτερο πρόγραμμα λειτουργεί ως 'ενδιάμεσος' ανάμεσα στο frontend και την βάση δεδομένων (backend) . Η χρήση του ενδιάμεσου κρίνεται απαραίτητη σχεδόν σε όλες τις σύγχρονες εφαρμογές, διότι έτσι επιτυγχάνεται η ασφάλεια των δεδομένων και η πιο αποτελεσματική χρησιμοποίηση της βάσης. Βασικές λειτουργίες για τις οποίες είναι υπεύθυνο το backend είναι η ταυτοποίηση του χρήστη, η μεταβίβαση μόνο των επιτρεπτών αιτημάτων του χρήστη προς την βάση και η παροχή των δεδομένων στο frontend. Στην βάση δεδομένων βρίσκεται όλη η πληροφορία που δημιουργεί ένας χρήστης, όπως ο λογαριασμός συνδεσής του με την εφαρμογή και τα δεδομένων των ασθενών. Στο

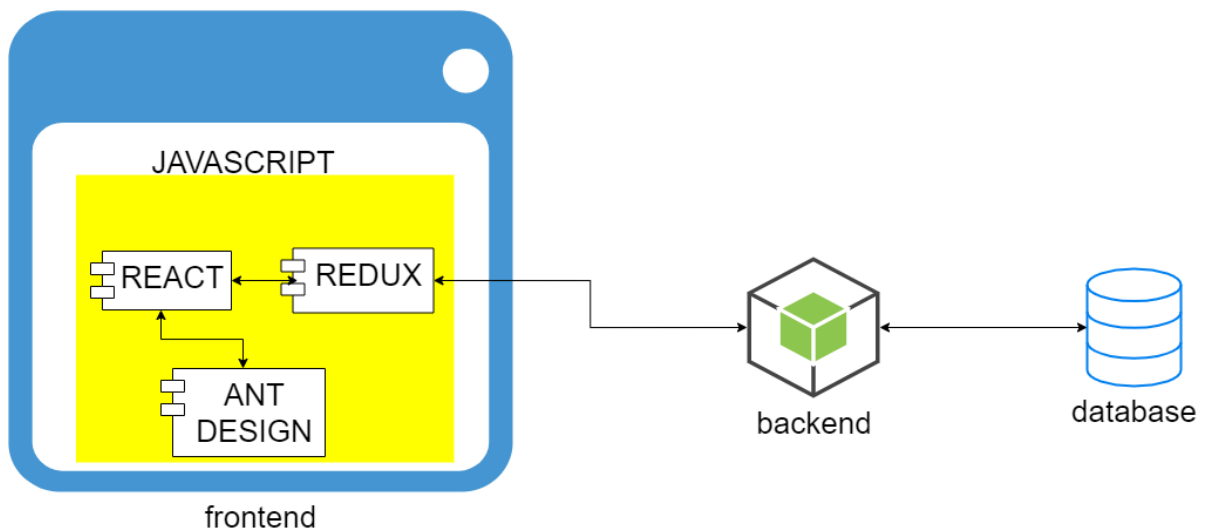
Σχήμα 5.1 φαίνονται γραφικά όσα περιγράφηκαν.



Σχήμα 5.1 : Απλοποιημένη απεικόνιση της αρχιτεκτονικής της εφαρμογής

5.1.1.1 Διαχειριστικό περιβάλλον Ιατρού (frontend)

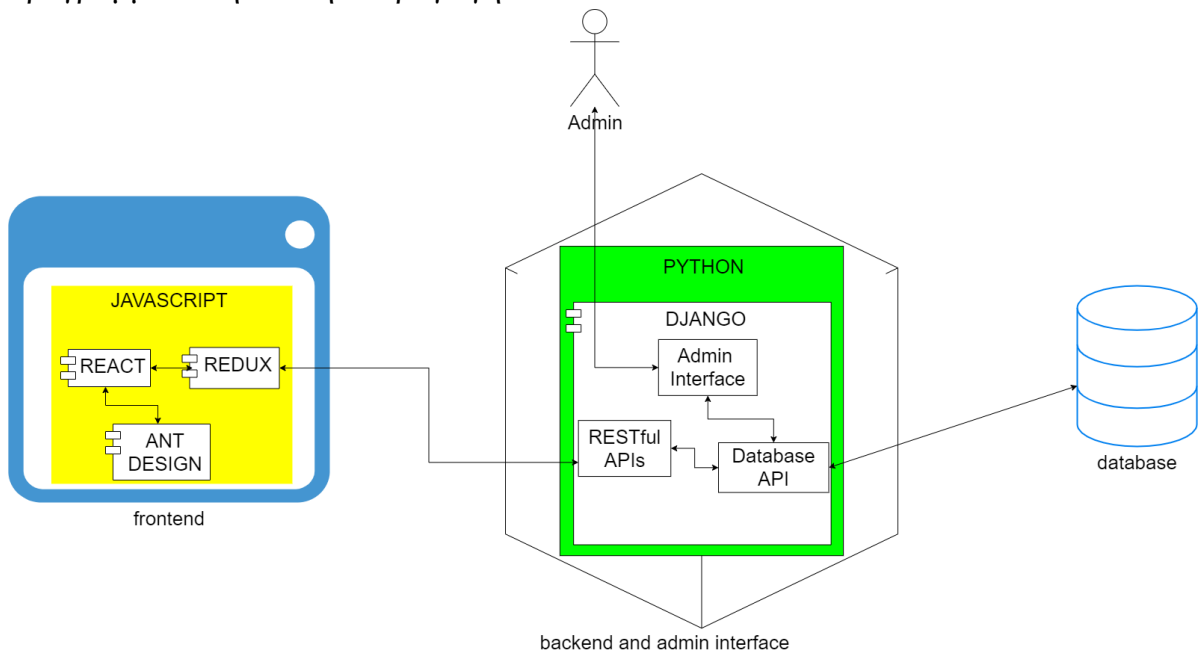
Το frontend είναι υλοποιημένο σε γλώσσα javascript και πιο συγκεκριμένα με το react framework (RF). Αυτό το framework κάνει πιο αποδοτικό τον προγραμματισμό σε javascript, διευκολύνοντας στην επαναχρησιμοποίηση ίδιας λογικής σε διάφορα μέρη της εφαρμογής και κατά την μετάφραση παράγει pure javascript κώδικα. Το RF αφορά περισσότερο το κομμάτι του κώδικα που παράγει το γραφικό περιβάλλον, για την διαχείριση των δεδομένων στο frontend (όπως ταξινόμηση, αποθήκευση, μεταφορά των δεδομένων από παράθυρο σε παράθυρο) έχει χρησιμοποιηθεί το redux framework (RXF). Τέλος, για το γραφιστικό μέρος του frontend έχει χρησιμοποιηθεί η βιβλιοθήκη ant design. Αυτή η βιβλιοθήκη είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση των στοιχείων που βλέπει στην οθόνη του ο χρήστης, δηλαδή για το πως θα φαίνονται και όχι για το που, για το οποίο είναι υπεύθυνο το RF. Το παραπάνω διάγραμμα (Σχήμα 5.1) λοιπόν αναπτύσσεται πιο αναλυτικά στο Σχήμα 5.2.



Σχήμα 5.2 : Λεπτομερής απεικόνιση των μερών που απαρτίζουν frontend της εφαρμογής

5.1.1.2 Ενδιάμεσο πρόγραμμα (backend).

Για το backend έχει χρησιμοποιηθεί η γλώσσα python και πιο συγκεκριμένα το django framework (DF) το οποίο κάνει την επικοινωνία με την βάση ευκολη, μέσω του API που παρέχει. Επίσης δημιουργεί αυτόματα την αρχιτεκτονική της βάσης (πίνακες και τις συσχετίσεις μεταξύ αυτών), μέσω κώδικα που γράφει ο προγραμματιστής για την ορίσει, χωρίς να χρειάζεται να γίνεται κάθε φορά που χρησιμοποιείται νέα βάση (είτε για επέκταση είτε για αντικατάσταση της παλιάς) χειροκίνητα. Η επικοινωνία του frontend με το backend επιτυγχάνεται με RESTful APIs, πάλι υλοποιημένο σε DF. Τέλος με το DF δίνεται η δυνατότητα να υλοποιηθεί διαχειριστικό περιβάλλον για τον κεντρικό διαχειριστή (admin), το οποίο του δίνει την δυνατότητα να διαχειρίζεται την βάση μέσα απο γραφικό περιβάλλον, χωρίς να απαιτείται η γνώση προγραμματισμού. Ένα παράδειγμα χρήσης αυτού του περιβάλλοντος είναι η εισαγωγή νέων φυσιολογικών τιμών για κάποια εργαστηριακή μέτρηση (π.χ. χοληστερίνη), χωρίς την διαμεσολάβηση του προγραμματιστή και την παραγωγή νέου κώδικα.



Σχήμα 5.3 : Λεπτομερής απεικόνιση της αρχιτεκτονικής της εφαρμογής

5.1.1.3 Βάση Δεδομένων

Για βάση δεδομένων έχει χρησιμοποιηθεί η Microsoft SQL, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε SQL βάση.

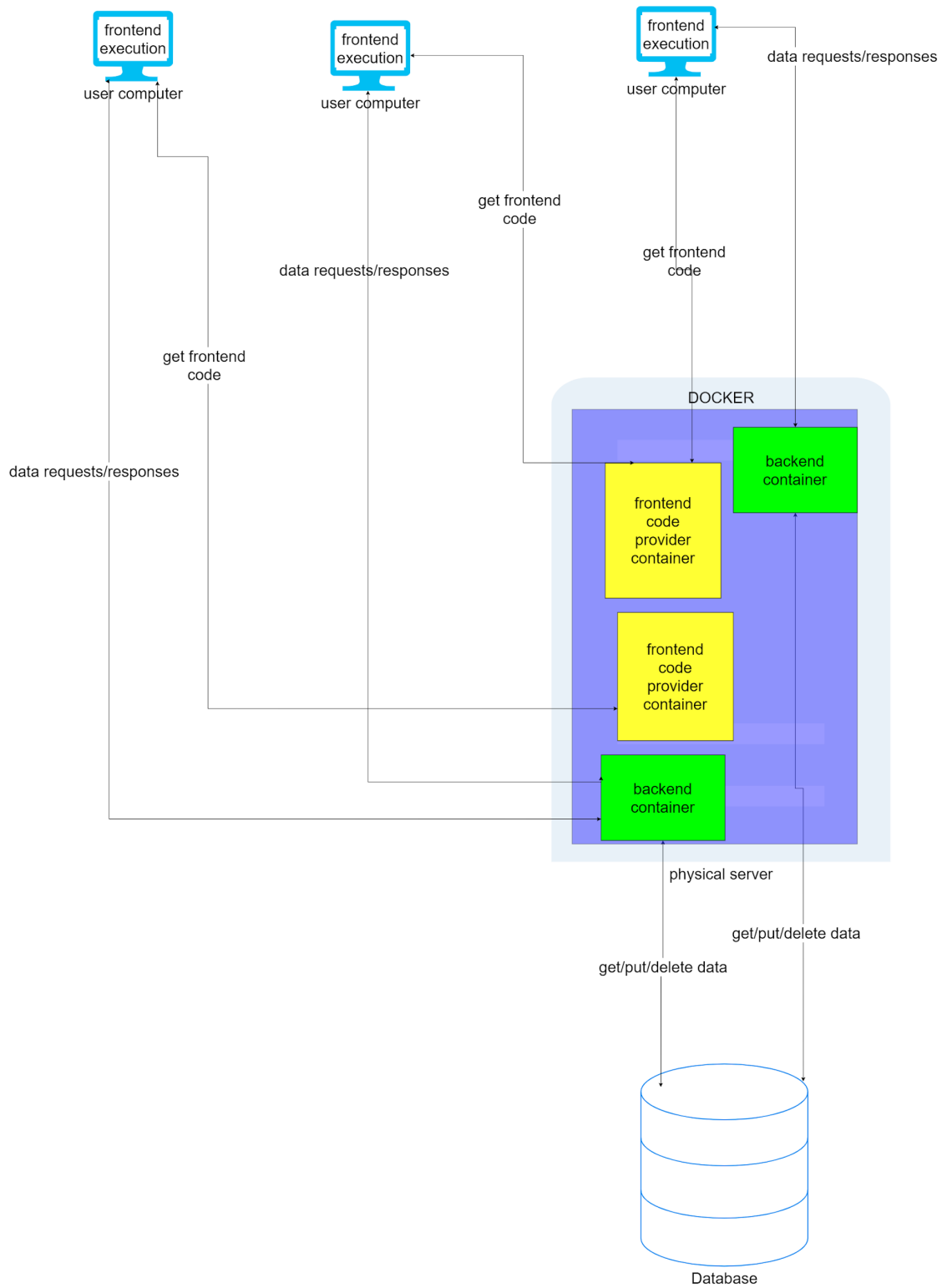
5.1.2 Τεχνικό Μέρος

Η μετάφραση του κώδικα frontend σε javascript και η διάθεσή του γίνεται μέσω του λογισμικού Webpack. Αυτό το λογισμικό μπορεί να παράξει βελτιστοποιημένο κώδικα javascript, κατάλληλο να λειτουργήσει σε περιβάλλον παραγωγής. Χρησιμοποιεί διάφορες

τεχνικές όπως ελαχιστοποίηση κώδικα, διαγραφή επαναλαμβανόμενου κώδικα, σύμπτυξη μεγάλων συμβολοσειρών κ.ά.

Ο κώδικας javascript του frontend εκτελείται στον φυλλομετρητή του χρήστη. Το backend μεταφράζεται με python compiler.

Και στα δύο αυτά προγράμματα έχει χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία Docker. Αυτή η τεχνολογία κάνει δυνατή την εκτέλεση των προγραμμάτων σε οποιονδήποτε υπολογιστή έχει εγκατεστημένο το Docker, χωρίς να χρειάζεται καμία άλλη παραμετροποίηση. Για την επίτευξη αυτού του αποτελέσματος έχουν δημιουργηθεί τα λεγόμενα Dockerfiles και για τα δύο προγράμματα, τα οποία στην ουσία παρέχουν τις οδηγίες στο Docker για το πως θα καταφέρει να εκτελέσει τα προγράμματα. Δίνει επίσης την δυνατότητα να αυξομειώνεται ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων 'resources' των μηχανημάτων στα οποία τρέχουν αυτές οι εφαρμογές ανάλογα με τον όγκο χρησιμοποίησης. Αυτό επιτυγχάνεται με την αυξομείωση των λεγόμενων containers, τα οποία είναι απομονωμένα περιβάλλοντα που τρέχουν ξεχωριστά τον ίδιο κώδικα, σαν μικρά ξεχωριστά virtual machines. Η διανομή της κίνησης των request των χρηστών προς τα containers, επιτυγχάνεται με την build-in λειτουργία του Docker. Λόγω της εύκολης διαχείρισης των resources και της συμβατότητας με οποιοδήποτε μηχάνημα, που προσφέρει η τεχνολογία Docker, καταφέρνουμε να έχουμε αυξημένη κλιμακωσιμότητα.



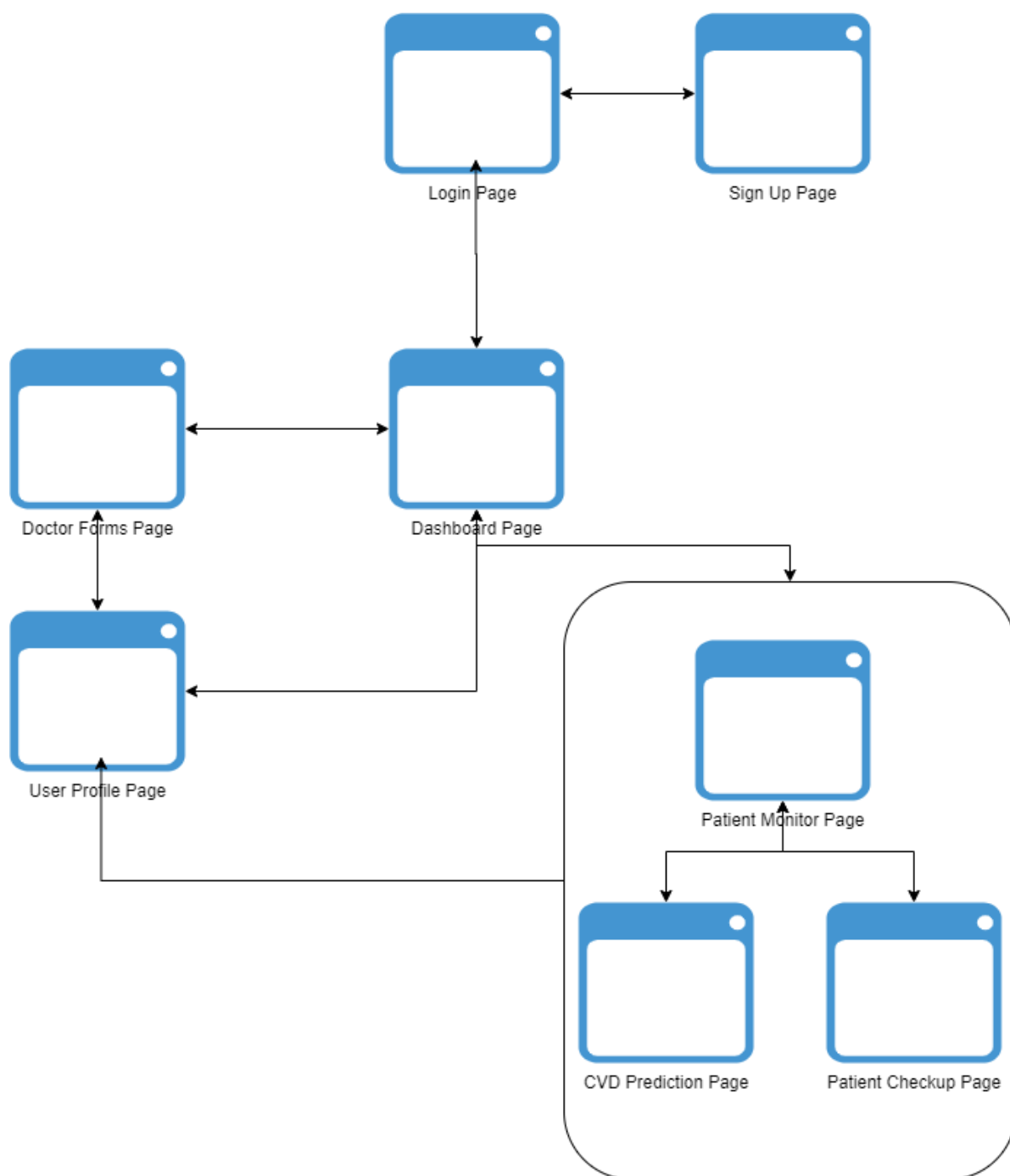
Σχήμα 5.4 : Παράδειγμα τυχαίου πλήθους χρησιμοποιούμενων docker containers, για την αποτελεσματική εξυπηρητή των users.

5.2. Περιήγηση στο Διαχειριστικό περιβάλλον του Ιατρού

Οι σελίδες στις οποίες μπορεί να περιηγηθεί ο Ιατρός είναι οι εξής:

- Σελίδα Σύνδεσης Λογαριασμού (Login Page)
- Σελίδα Δημιουργίας Λογαριασμού (Sign Up Page)
- Κεντρική Σελίδα Επισκόπησης των ασθενών (Dashboard Page)
- Σελίδα Αναλυτικής Επισκόπησης ενός ασθενούς (Patient Monitor Page)
- Σελίδα Εισαγωγής Νέων Δεδομένων για συγκεκριμένο ασθενή (Patient Checkup Page)
- Σελίδα Πρόβλεψης CVD για συγκεκριμένο ασθενή (CVD Prediction Page)
- Σελίδα Δημιουργίας Φόρμας Ερωτήσεων προς απάντηση στις επισκέψεις του ασθενούς (Doctor Forms Page)
- Σελίδα Διαχείρισης του Προφίλ του χρήστη-ιατρού

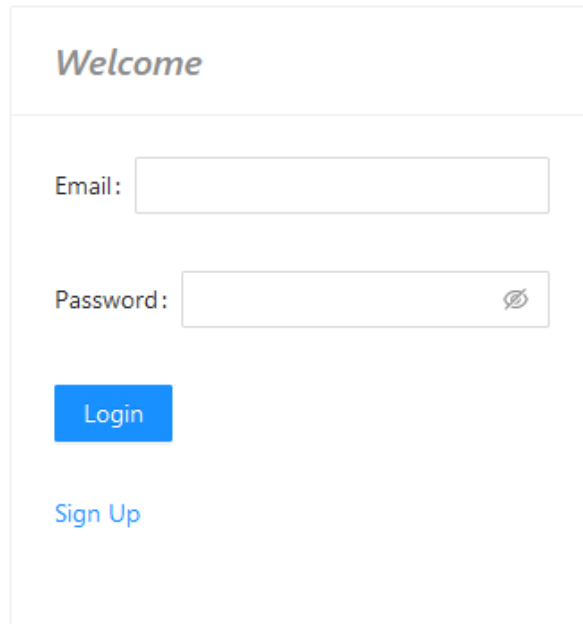
Το μονοπάτι περιήγησης παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 5.5) :



Σχήμα 5.5 : Το μονοπάτι περιήγησης στο διαχειριστικό περιβάλλον του ιατρού

Login Page

Εδώ ο χρήστης έχει την δυνατότητα να συνδεθεί με κάποιον λογαριασμό που έχει ήδη εισάγει στο σύστημα και να μεταβεί στην κεντρική σελίδα παρακολούθησης των ασθενών του, το Dashboard. Αν δεν έχει λογαριασμό, μπορεί να μεταβεί στην σελίδα δημιουργίας νέου λογαριασμού πατώντας το κουμπί 'Sign Up'.



The image shows a login page with a white background and a light gray border. At the top, the word "Welcome" is written in a bold, italicized, dark gray font. Below this, there are two input fields: "Email:" followed by a white text box with a thin gray border, and "Password:" followed by a white text box with a thin gray border and a small eye icon on the right side. Below the password field is a blue button with the word "Login" in white text. At the bottom, the text "Sign Up" is displayed in a blue font.

Σχήμα 5.6 : Σελίδα σύνδεσης στην εφαρμογή (Login Page)

Sign Up Page

Ο χρήστης συμπληρώνει τα στοιχεία του και αφού πιστοποιηθεί ,μέσω email verification, ότι ο λογαριασμός email είναι όντως δικός του, στην συνέχεια έχει την δυνατότητα να συνδεθεί στην εφαρμογή μέσω του Login Page.

Create a doctor account

* Email:

* Password:

* Reenter Password:

Lastname:

Name:

Phone Number:

Work Place:

Address:

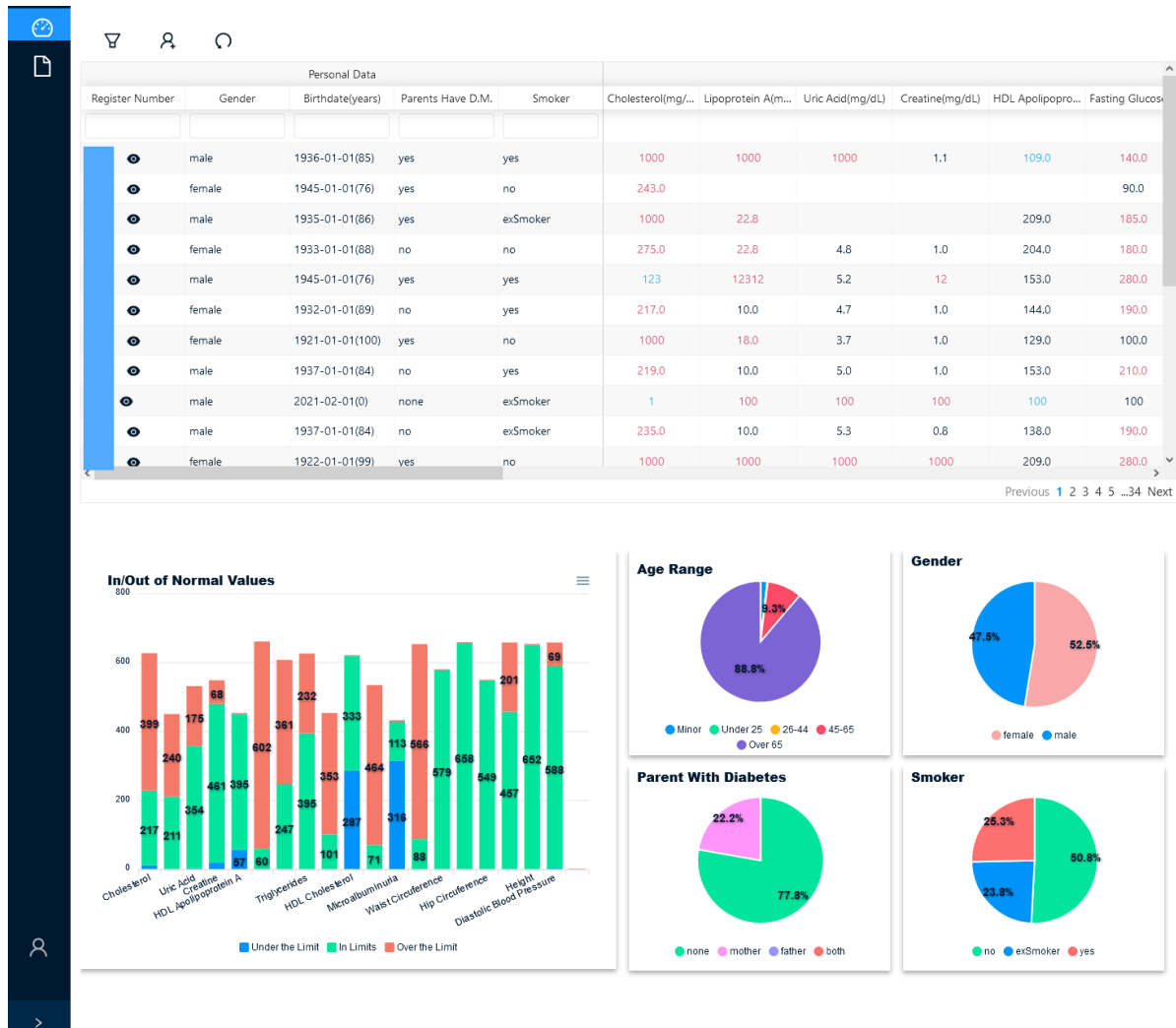
Medical Specialty:

[Already have an account](#)

Σχήμα 5.7 : Σελίδα εγγραφής στην εφαρμογή (Sign Up Page)

Dashboard Page

Σε αυτήν την σελίδα βρίσκεται συμπυγμένη πληροφορία για όλους τους ασθενείς του ιατρού.

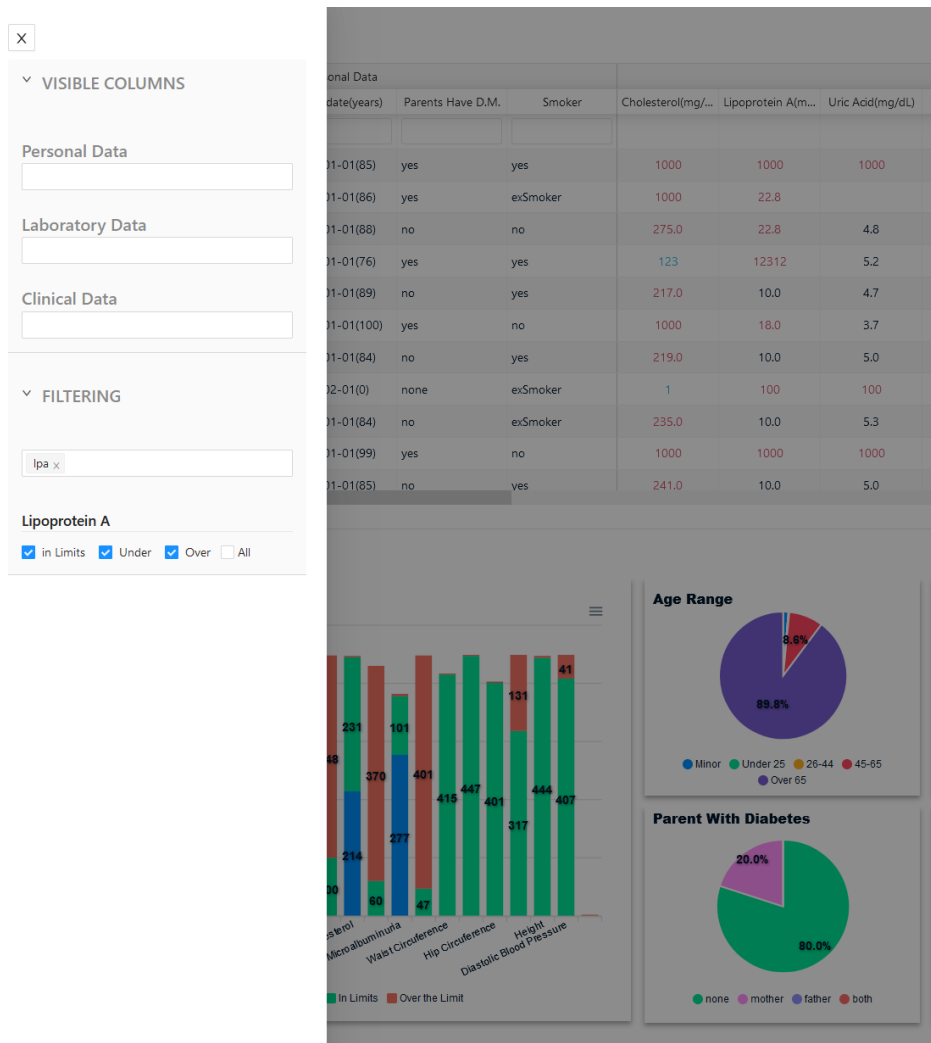


Σχήμα 5.8 : Σελίδα γενικής επισκόπησης των μετρήσεων όλων των ασθενών (Dashboard Page)

Χρησιμοποιώντας τον πίνακα που βρίσκεται στην σελίδα, μπορεί εύκολα να εντοπίσει ασθενείς που τον ενδιαφέρουν, φιλτράροντας με τον αριθμό μητρώου τους, την ηλικία τους κ.α. Τα φίλτρα, που εμφανίζονται προς επεξεργασία πατώντας το πάνω αριστερά κουμπί της οθόνης, δίνουν την δυνατότητα στον ιατρό να φιλτράρει τα αποτελέσματα του πίνακα και των γραφημάτων βάση των τιμών των μετρήσεων των ασθενών.

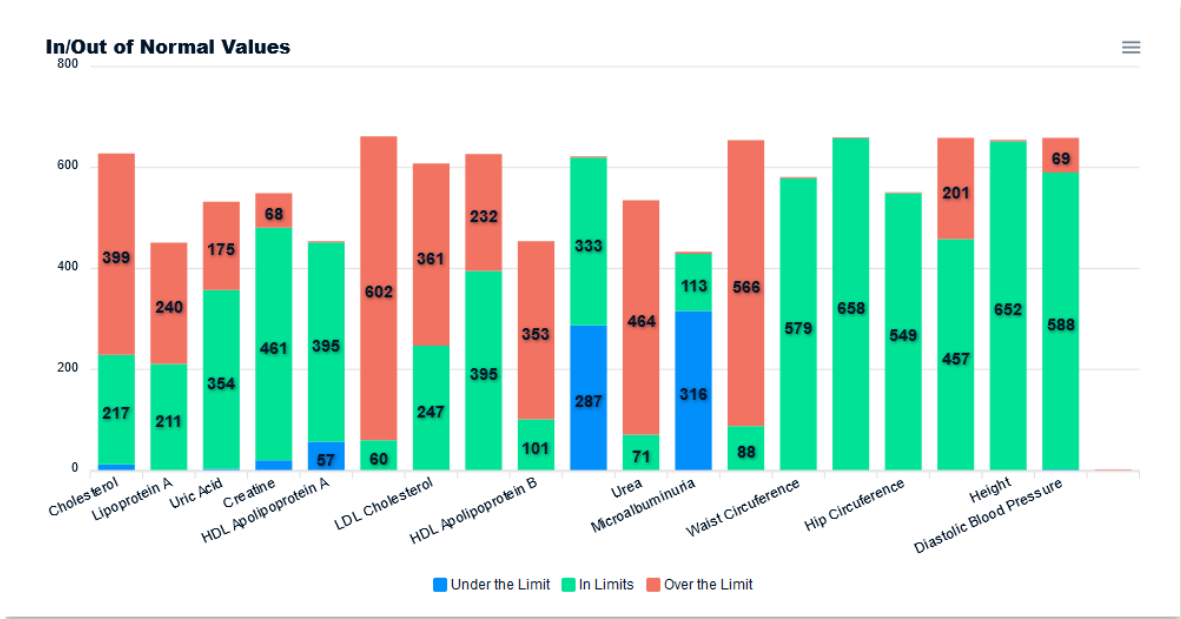
Personal Data					Cholesterol(mg/...	Lipoprotein A(m...	Uric Acid(mg/dL)	Creatine(mg/dL)	HDL Apolipopro...	Fasting Glucos...
Register Number	Gender	Birthdate(years)	Parents Have D.M.	Smoker						
	male	1936-01-01(85)	yes	yes	1000	1000	1000	1.1	109.0	140.0
	female	1945-01-01(76)	yes	no	243.0					90.0
	male	1935-01-01(86)	yes	exSmoker	1000	22.8			209.0	185.0
	female	1933-01-01(88)	no	no	275.0	22.8	4.8	1.0	204.0	180.0
	male	1945-01-01(76)	yes	yes	123	12312	5.2	12	153.0	280.0
	female	1932-01-01(89)	no	yes	217.0	10.0	4.7	1.0	144.0	190.0
	female	1921-01-01(100)	yes	no	1000	18.0	3.7	1.0	129.0	100.0
	male	1937-01-01(84)	no	yes	219.0	10.0	5.0	1.0	153.0	210.0
	male	2021-02-01(0)	none	exSmoker	1	100	100	100	100	100
	male	1937-01-01(84)	no	exSmoker	235.0	10.0	5.3	0.8	138.0	190.0
	female	1922-01-01(99)	yes	no	1000	1000	1000	1000	209.0	280.0

Σχήμα 5.9 : Πίνακας Ασθενών, με δυνατότητα φιλτραρίσματος



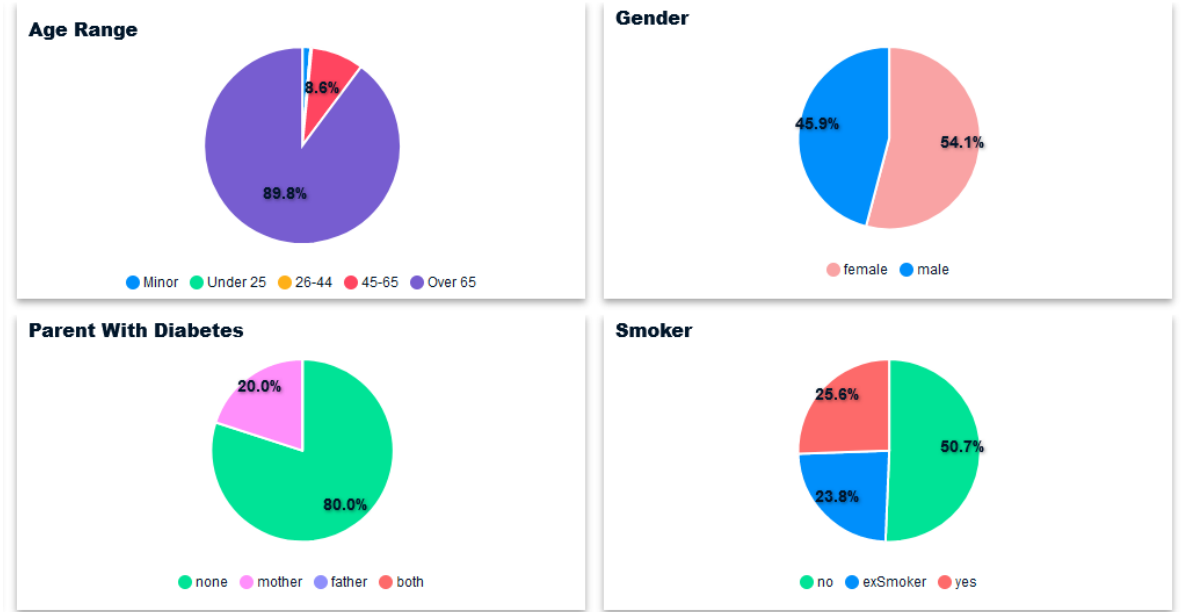
Σχήμα 5.10 : Φίλτρα για τις μετρήσεις των ασθενών

Στο κάτω αριστερά γράφημα της σελίδας (Σχήμα 5.8), παρουσιάζεται ο αριθμός των ασθενών που είναι κάτω, πάνω και μέσα στις φυσιολογικές τιμές ανά εργαστηριακή και κλινική μέτρηση, από αυτούς που δεν έχουν εξαιρεθεί με την χρήση φίλτρων.



Σχήμα 5.11 : Γράφημα αριθμού ασθενών, εντός και εκτός ορίων φυσιολογικών τιμών

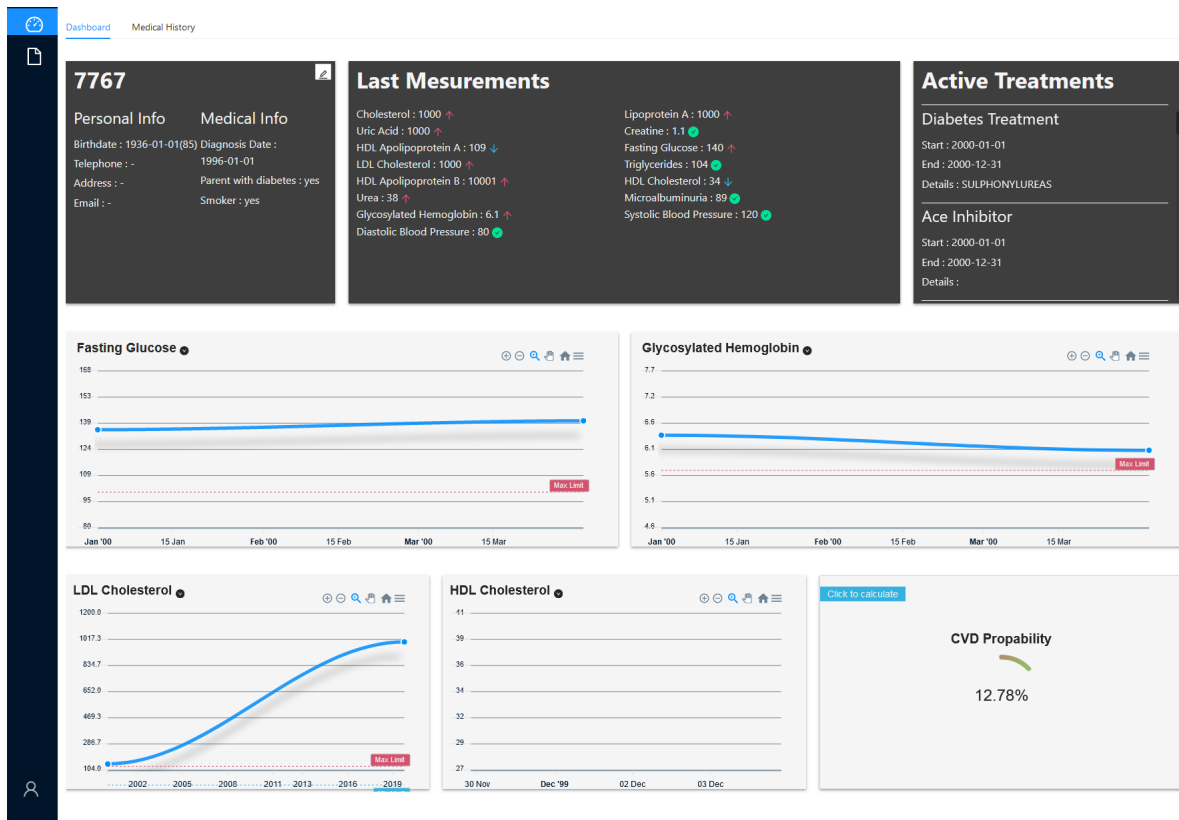
Στα υπόλοιπα γραφήματα παρουσιάζεται η κατανομή των ασθενών, ως προς το φύλο, την ηλικιακή κατηγορία, την σχέση τους με το κάπνισμα και το διαβητικό υπόβαθρο των γονέων του.



Σχήμα 5.12 : Γραφήματα κατανομής ανά ηλικία , φύλο, κληρονομικότητα, συνήθειας καπνίσματος

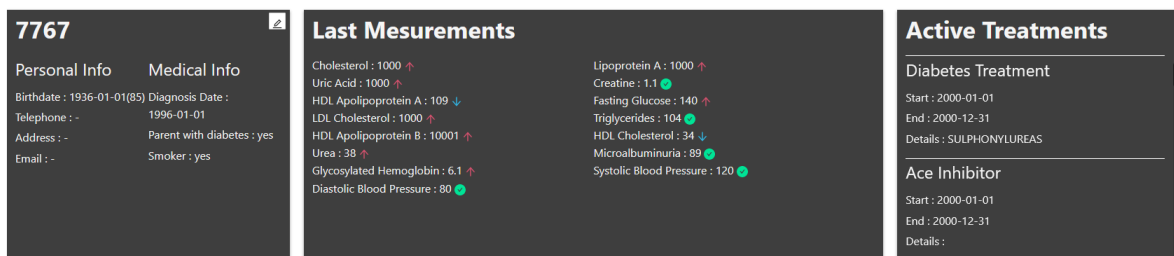
Patient Monitor Page

Επιλέγοντας έναν ασθενή από τον πίνακα, ο ιατρός μπορεί να μεταβεί στην σελίδα που παρέχει πιο αναλυτικές πληροφορίες γι αυτόν. Σε αυτή την σελίδα δεν θα δει μόνο τις τελευταίες του μετρήσεις, αλλά και την εξέλιξη των μετρήσεών του στον χρόνο.



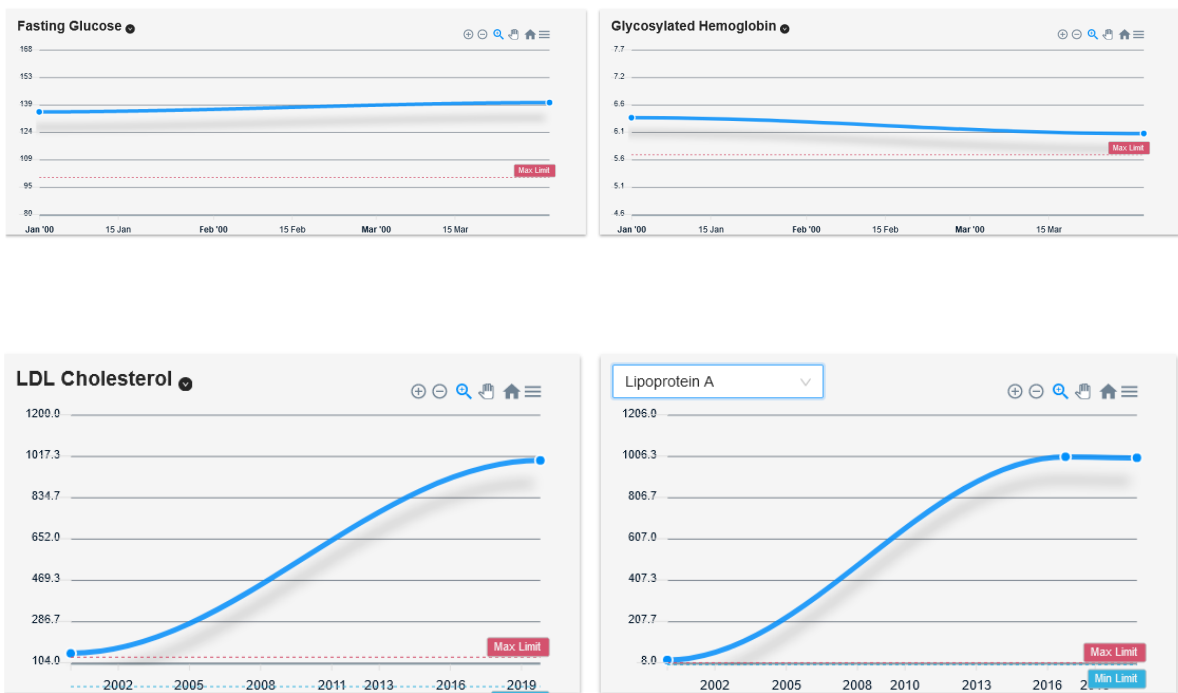
Σχήμα 5.13 : Σελίδα με αναλυτικές πληροφορίες επιλεγμένου ασθενούς

Στις καρτέλες που βρίσκονται στο πάνω μέρος της σελίδας, φαίνονται οι τελευταίες μετρήσεις του ασθενούς, όσα από τα προσωπικά του δεδομένα έχει δώσει την άδεια να παρέχονται στον ιατρό και οι αγωγές που ακολουθεί αυτό το διάστημα.



Σχήμα 5.14 : Καρτέλες με πληροφορίες για τον επιλεγμένο ασθενή

Οι γραφικές από κάτω παρουσιάζουν την διακύμανση των κλινικών και εργαστηριακών μετρήσεων που έχει επιλέξει ο ιατρός να δει, μέσα στον χρόνο.



Σχήμα 5.15 : Γραφικές παραστάσεις εργαστηριακών και κλινικών μετρήσεων ασθενούς

Τέλος στην καρτέλα στο κάτω δεξιά μέρος της οθόνης (Σχήμα 5.13), φαίνεται η πιθανότητα αυτός ο ασθενής να παρουσιάσει CVD στα επόμενα πέντε χρόνια από την ημερομηνία των μετρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτέλεση του μοντέλου.



Σχήμα 5.16 : Καρτέλα υπολογισμού και ένδειξης της πιθανότητας εμφάνισης CVD στα επόμενα 5 χρόνια

Patient Checkup Page

Από την σελίδα Patient Monitor Page, ο ιατρός μπορεί να μεταβεί στην Patient Checkup Page, πατώντας το κουμπί 'history' στο πάνω μέρος της οθόνης.

Σε αυτήν την σελίδα ο ιατρός μπορεί να ανατρέξει σε οποιαδήποτε επίσκεψη του ασθενούς και να δει τις εργαστηριακές και κλινικές μετρήσεις, την αγωγή που του χορηγήθηκε σε αυτήν την επίσκεψη αλλά και τις απαντήσεις που έδωσε στις ερωτήσεις του ιατρού.

The screenshot shows a medical history dashboard. On the left, there is a sidebar with a 'Dashboard' and 'Medical History' tab. Below the tab is a search bar for 'Add new checkup:' with a 'Select date' button. A list of dates is shown, including 01/01/2000, 01/04/2000, 05/10/2016, 06/10/2019, 18/10/2019, 19/10/2019, 22/10/2019, 30/11/2019, and 31/05/2020. The main content area shows the selected date '01/01/2000' and a detailed view of the visit. The detailed view is divided into three sections: 'Laboratory/Clinical Data', 'Answered Forms', and 'Treatments'. The 'Laboratory/Clinical Data' section lists various tests and their results, such as Cholesterol: 123, Lipoprotein A: 23, Uric Acid: 4.6, Creatine: 1.1, HDL Apolipoprotein A: 109, Fasting Glucose: 135, LDL Cholesterol: 147.2, Triglycerides: 104, HDL Apolipoprotein B: 138, HDL Cholesterol: 34, Urea: 38, Microalbuminuria: 89, Glycosylated Hemoglobin: 6.4, Weight: 98, Systolic Blood Pressure: 130, Height: 175, and Diastolic Blood Pressure: 90. The 'Answered Forms' and 'Treatments' sections are currently empty.

Laboratory/Clinical Data

- Cholesterol : 123 ↓
- Lipoprotein A : 23 ↑
- Uric Acid : 4.6 ●
- Creatine : 1.1 ●
- HDL Apolipoprotein A : 109 ↓
- Fasting Glucose : 135 ↑
- LDL Cholesterol : 147.2 ↑
- Triglycerides : 104 ●
- HDL Apolipoprotein B : 138 ↑
- HDL Cholesterol : 34 ↓
- Urea : 38 ↑
- Microalbuminuria : 89 ●
- Glycosylated Hemoglobin : 6.4 ↑
- Weight : 98 ●
- Systolic Blood Pressure : 130 ●
- Height : 175 ●
- Diastolic Blood Pressure : 90 ●

Answered Forms

Treatments

Lipid Lowering
Start : 2000-01-01
End : 2000-12-31
Details : STATINS

Ace Inhibitor
Start : 2000-01-01

Σχήμα 5.17 : Σελίδα με το ιστορικό των μετρήσεων και των συμπληρωμένων φορμών του ασθενούς

Στο αριστερό μέρος της οθόνης φαίνονται όλες οι επισκέψεις του ασθενούς και στην κεντρική καρτέλα φαίνονται όλα τα παραπάνω δεδομένα της επιλεγμένης επίσκεψης. Πατώντας το κουμπί με το μολυβάκι (edit button), ο ιατρός μπορεί να επεξεργαστεί τυχόν λάθη που έχουν γίνει στην εισαγωγή δεδομένων της συγκεκριμένης επίσκεψης. Πατώντας το κουμπί εισαγωγής νέας ημερομηνίας, πάνω αριστερά, ο ιατρός δημιουργεί μια νέα καρτέλα με την επιλεγμένη ημερομηνία και ενεργοποιείται το 'edit button' για την εισαγωγή μετρήσεων για αυτήν την ημερομηνία.

01/01/2000 [↗](#)

Add new checkup:

- 01/01/2000
- 01/04/2000
- 05/10/2016
- 06/10/2019
- 18/10/2019
- 19/10/2019
- 22/10/2019
- 30/11/2019
- 31/05/2020

Laboratory and Clinical data

Cholesterol: mg/dL

Lipoprotein A: mg/dL

Uric Acid: mg/dL

Creatine: mg/dL

HDL Apolipoprotein A: mg/dL

Fasting Glucose: mg/dL

LDL Cholesterol: mg/dL

Triglycerides: mg/dL

HDL Apolipoprotein B: mg/dL

HDL Cholesterol: mg/dL

Urea: mg/dL

Microalbuminuria: mg/L

Glycosylated Hemoglobin: %

Waist Circumference: cm

Σχήμα 5.18 : Σελίδα με το ιστορικό των μετρήσεων και των συμπληρωμένων φορμών του ασθενούς, με ενεργοποιημένη την επεξεργασία (edit)

Εκτός από μετρήσεις ο ιατρός μπορεί να εισάγει νέες αγωγές ή και να αποθηκεύσει τις απαντήσεις του ασθενούς σε ερωτήσεις που του απηύθυνε, στην κατάλληλη φόρμα, πατώντας το κουμπί 'Add form' και συμπληρώνοντας το κείμενο όπου χρειάζεται.

Ace Inhibitor ⊙

start date : 2000-01-01

end date : 2000-12-31

Dosage : Select a preset

Description :

Diabetes Treatment ⊙

start date : 2000-01-01

end date : 2000-12-31

Dosage : Select a preset

Description :

SULPHONYLUREAS

Lipid Lowering ⊙

start date : 2000-01-01

end date : 2000-12-31

Dosage : Select a preset

Σχήμα 5.19 : Εισαγωγή αγωγής

00

Create new form

Form: Φόρμα μετά από Σίτιση

Παρακολουθείται απο Οδοντίατρο ::

Έχει γίνει ο απαιτούμενος προσυμπτωματικός έλεγχος για κακοήθειες(με β

Γενικότερη υγεία (ανά συστήματα ή τοπογραφικά) ::

Save

Select a preset

Σχήμα 5.20 : Συμπλήρωση φόρμας

CVD Prediction Page

Ο ιατρός μπορεί να μεταβεί σε αυτήν την σελίδα από την σελίδα Patient Monitor Page, πατώντας την καρτέλα με το χαρακτηριστικό 'CVD Probabillity', στο κάτω δεξιά μέρος της οθόνης (Σχήμα 5.15).

Σε αυτήν την σελίδα ο ιατρός μπορεί να επιλέξει οποιαδήποτε επίσκεψη του ασθενούς και αν αυτή η επίσκεψη περιέχει όλες τις απαραίτητες μετρήσεις που χρειάζεται το μοντέλο, τότε έχει την δυνατότητα να το καλέσει, πατώντας το κουμπί 'send'.

Το μοντέλο θα επιστρέψει την πιθανότητα που υπολόγισε και επεξηγηματικές γραφικές για το πως υπολογίστηκε, δίνοντας στον ιατρό μια καλύτερη αίσθηση για τον λόγο στον οποίο υπολογίστηκε αυτή η πιθανότητα για τον συγκεκριμένο ασθενή (σχήμα 5.22).

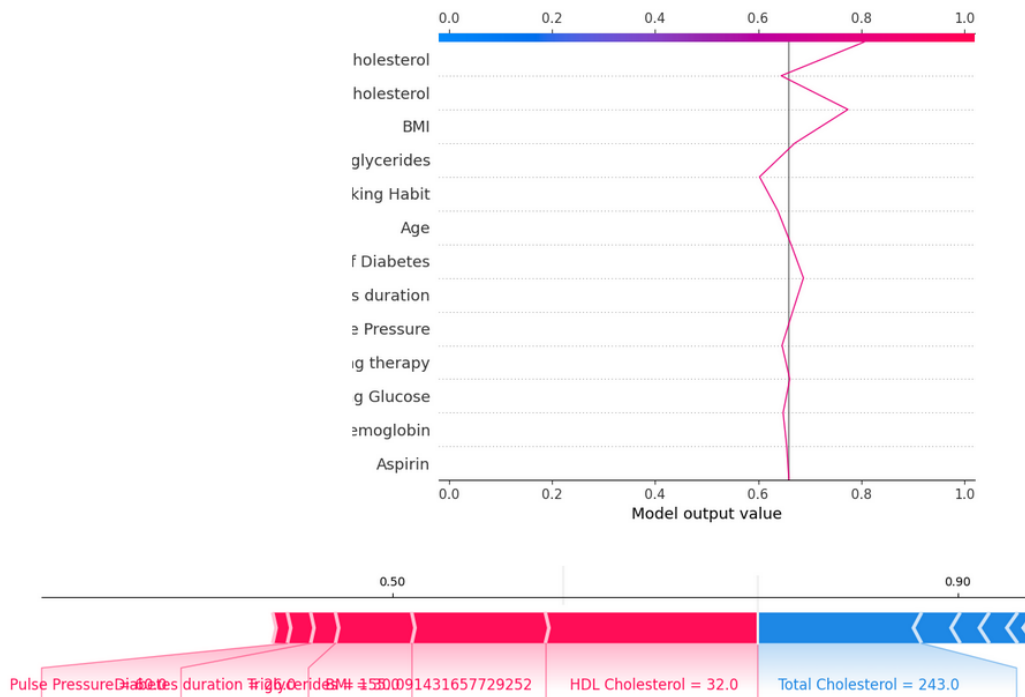


- 01/01/2000
- 01/04/2000
- 05/10/2016
- 06/10/2019
- 18/10/2019
- 19/10/2019
- 22/10/2019
- 30/11/2019
- 31/05/2020

01/01/2000

Glycosylated Hemoglobin :	6.4 %
Fasting Glucose :	135.0 mg/dL
Cholesterol :	123 mg/dL
Triglycerides :	104.0 mg/dL
HDL Cholesterol :	34.0 mg/dL
Weight :	98.0 Kg
Height :	175.0 cm
Systolic Blood Pressure :	130.0 mmHg
Diastolic Blood Pressure :	90.0 mmHg
Lipid Lowering :	STATINS
Aspirin :	Doesn't use
Smoker:	yes

Σχήμα 5.21 : Σελίδα εκτέλεσης του μοντέλου πρόβλεψης πιθανότητας εμφάνισης CVD



Σχήμα 5.22 : Τα γραφήματα που παράγει το μοντέλο και εξηγούν τον υπολογισμό της συγκεκριμένης πιθανότητας

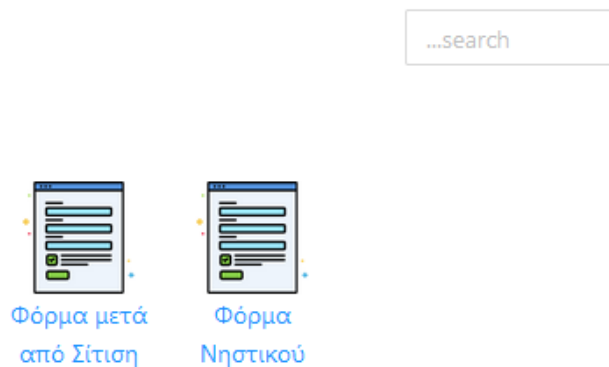
Doctor Forms Page

Σε αυτήν την σελίδα ο ιατρός μπορεί να δημιουργήσει φόρμες ερωτήσεων, οι οποίες μπορούν να απαντηθούν κατά την επίσκεψη ενός ασθενούς. Ο ιατρός μπορεί να ανατρέξει σε παλαιότερες απαντήσεις του ασθενούς οποιαδήποτε στιγμή από το Patient Checkup Page. Η μετάβαση σε αυτήν την σελίδα πραγματοποιείται με το δεύτερο κουμπί της μπάρας στο αριστερό μέρος της οθόνης, από οποιαδήποτε σελίδα.

Πέρα από την δημιουργία νέων φορμών, ο ιατρός μπορεί να δει, να αναζητήσει και να επεξεργαστεί παλαιότερες φόρμες που έχει δημιουργήσει.

Πατώντας το κουμπί 'Create New', δημιουργείται μια νέα φόρμα. Στη νέα φόρμα πρέπει να εισαχθεί ένα όνομα, με το οποίο θα ξεχωρίζει από τις υπόλοιπες μέσα στην εφαρμογή και μια επεξηγηματική περιγραφή. Τέλος πρέπει να συμπληρωθούν οι ερωτήσεις που θα εμπεριέχονται μέσα σε αυτήν την φόρμα.

Forms



Σχήμα 5.23 : Σελίδα με τις φόρμες που έχει δημιουργήσει ο γιατρός

The screenshot shows the form creation interface. It includes the following elements:

- Title:** A text input field containing 'Φόρμα 1'.
- Description:** A text input field containing 'Η φόρμα αυτή...'.
- Questions:** A section with two questions:
 - Question 1:** A text input field containing 'Πώς ονομάζεσαι?' with a 'delete' button below it.
 - Question 2:** A text input field containing '...' with a 'delete' button below it.
- Add Question:** A dashed box at the bottom containing the text 'Add Question'.

Σχήμα 5.24 : Σελίδα επεξεργασίας της φόρμας του ιατρού

User Profile Page

Τελευταία σελίδα της εφαρμογής είναι η σελίδα επεξεργασίας και προβολής του προφίλ του χρήστη-ιατρού. Σε αυτήν την σελίδα υπάρχουν πληροφορίες όπως η ειδικότητα του ιατρού, η διεύθυνση του χώρου εργασίας του κ.α'. Μπορεί επίσης να ανανεώσει τον κωδικό του κατά βούληση. Σε αυτήν την σελίδα ο χρήστης μεταβαίνει πατώντας στο ανθρωπάκι στο κάτω μέρος της μπάρας περιήγησης.

Account Info

Email	doctor@hospital.com
Lastname	Doe
Name	John
Phone Number	-
Work Place	Γ.Ν.Α. Ιπποκράτειο
Address	Βασ. Σοφίας 114, Αθήνα 115 27
Medical Specialty	Διαβητολόγος

[Update](#) [Change Password](#)

Σχήμα 5.25 : Σελίδα επεξεργασίας λογαριασμού του ιατρού

Change Password

✕

* Current Password:

* Password:

* Reenter Password:

Σχήμα 5.26 : Αλλαγή κωδικού του λογαριασμού

6. Μελλοντική Ανάπτυξη

Σε αυτό το κεφάλαιο παραθέτουμε επεκτάσεις που είναι δυνατές να πραγματοποιηθούν στην εφαρμογή που υλοποιήσαμε και μπορούν να συνεισφέρουν στην βελτίωση του συστήματος παροχής ιατρικών υπηρεσιών για την διαχείριση του ΣΔ.

6.1. Διασύνδεση Εφαρμογής με ‘Real Time Data Feed’

Όταν ένας άνθρωπος πάσχει από ΣΔ είναι αναγκασμένος να πραγματοποιεί καθημερινές μετρήσεις των επιπέδων γλυκόζης ώστε να είναι σε θέση να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά τον ΣΔ και τις παρενέργειές του. Έχει υλοποιηθεί ήδη εφαρμογή στο πλαίσιο της διπλωματικής [Διπλωματική Χριστόφορου] η οποία εγκαθίσταται σε smartphone συσκευές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την άμεση καταγραφή των μετρήσεων που κάνει ο ασθενής σε καθημερινή βάση και άλλων, όπως για παράδειγμα της διάθεσής του. Η διασύνδεση της εφαρμογής μας με μια εφαρμογή σαν αυτήν που περιγράψαμε παραπάνω (real time data feed), θα επιτρέψει στους Ιατρούς να έχουν πιο συχνή επίβλεψη της κατάστασης του ασθενούς και όχι μόνο κατά την επίσκεψή του στο ιατρείο. Επίσης επιτρέπει την συλλογή ετερογενών δεδομένων (συμπεριφορικά, κλινικά) για την μετέπειτα εφαρμογή μεθόδων τεχνητής νοημοσύνης.

6.2. Διασύνδεση Εφαρμογής με Ευφυή Συστήματα Ιατρικών Αποφάσεων

Μέχρι στιγμής η εφαρμογή μας είναι συνδεδεμένη με το σύστημα πρόβλεψης πιθανότητας κινδύνου εμφάνισης CVD που έχει υλοποιηθεί στο πλαίσιο της διπλωματικής [18]. Η εφαρμογή διαθέτει την δυνατότητα διασύνδεσης και με άλλα ευφυή συστήματα μέσω πρωτοκόλλων REST API. Θα ήταν λοιπόν χρήσιμο μελλοντικά να διασυνδεθεί και με άλλα ευφυή συστήματα, με σκοπό την πρόβλεψη και πρόληψη ακόμα περισσότερων επιπλοκών του ΣΔ. Το γεγονός ότι η πλατφόρμα είναι διαδικτυακή, την καθιστά διαθέσιμη σε αυξημένο αριθμό χρηστών-ιατρών, υπάρχει λοιπόν η δυνατότητα συλλογής ικανού όγκου δεδομένων για την περαιτέρω εκπαίδευση των ήδη εκπαιδευμένων ευφυών συστημάτων ή και νέων. Αυτή η συλλογή δεδομένων, δεν θα προσβάλει σε καμία περίπτωση τους κανόνες που αφορούν στα προσωπικά δεδομένα των ασθενών, εφόσον τα συστήματα που θα τροφοδοτούνται με αυτά τα δεδομένα, συνήθως δεν χρειάζονται καμία πληροφορία για την ταυτότητα του ασθενούς ώστε να εκπαιδευτούν. Επίσης, δεν είναι απαραίτητη η ταυτοποίησή του ασθενούς κατά την διαδικασία εξαγωγής αποτελεσμάτων, κάτι που τηρείται και στην ήδη υπάρχουσα διασύνδεση με το ευφυές σύστημα για την πρόβλεψη CVD.

Βιβλιογραφία

- [1] S.G. Mougiakakou, K.S. Nikita, M.D. Protonotarios, G.K. Matsopoulos, “Neural Network based Decision Support System for Outpatients Diabetes Management,” *Diabetes, Nutrition and Metabolism*, vol. 11(1), p. 74, 1998
- [2] S. Mougiakakou and K.S. Nikita, “A Neural Network Approach for Insulin Regime and Dose Adjustment in IDDM,” *Diabetes Technology & Therapeutics*, vol. 2, no. 3, pp. 381-389, November 2000
- [3] D. Iliopoulou, K. Giokas, S. Mougiakakou, J. Stoitsis, A. Prentza, K. Nikita, “A Telematic System for Diabetes Management, Reporting and Patient Advice”, *The Journal on Information Technology in Healthcare* 2005, 3(5), pp. 307-313, 2005.
- [4] Mougiakakou, A. Prountzou, K. Zarkogianni, and K.S. Nikita, “Prediction of glucose profile in children with type 1 diabetes mellitus using continuous glucose monitors and insulin pumps”, *Hormone Research* 70: 22-23 Suppl. 1, 2008.
- [5] S. G. Mougiakakou, C. Bartsocas, E. Bozas, N. Chaniotaki, D. Iliopoulou, I. Kouris, S. Pavlopoulos, A. Prountzou, M. Skevofylakas, A. Tsoukalis, K. Varotsis, A. Vazeou, K. Zarkogianni, K. S. Nikita, “SMARTDIAB: A Communication and Information Technology Approach for the Intelligent Monitoring, Management and Follow-up of Type 1 Diabetes Patients”, *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, Special Issue: New and Emerging Trends in Bioinformatics and Bioengineering, 14 (3), pp. 622-633, 2010.
- [6] M. Skevofilakas, K. Zarkogianni, B. G. Karamanos, K. S. Nikita, “A hybrid Decision Support System for the Risk Assessment of retinopathy development as a long term complication of Type 1 Diabetes Mellitus”, *32nd International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, August 31 - September 4, Buenos Aires, Argentina, 2010.
- [7] K. Zarkogianni, A. Vazeou, S.G. Mougiakakou, A. Prountzou, K.S. Nikita, “An insulin infusion advisory system based on autotuning nonlinear model-predictive control”, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 58, no. 9, pp. 2467-77, 2011
- [8] K. Dalakleidi, K. Zarkogianni, V. Karamanos, K.S. Nikita, "A hybrid genetic algorithm for the selection of critical features for cardiovascular complications prognosis in type 2 diabetes patients," 13th IEEE International Conference on BioInformatics and BioEngineering (BIBE 2013), November 11-13, 2013, Chania, Greece.
- [9] K. Zarkogianni, E. Litsa, A. Vazaiou, K.S. Nikita, "Personalized glucose-insulin metabolism model based on self-organizing maps for patients with type 1 diabetes mellitus," 13th IEEE International Conference on BioInformatics and BioEngineering (BIBE 2013), November 11-13, 2013, Chania, Greece.

- [10] K. Zarkogianni, K. Mitsis, M-T.Arredondo, G. Fico, A. Fioravanti, K.S. Nikita, “Neuro-fuzzy based glucose prediction model for patients with Type 1 diabetes mellitus”, IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI), June 1-4, 2014, Valencia, Spain.
- [11] Dagliati, L. Sacchi, M. Bucalo, D. Segagni, K. Zarkogianni, A.M. Milana, J. Cancela, F. Sambo, G. Fico, M.T.M. Barreira, C. Cerra, K.S. Nikita, C. Cobelli, L. Chiovato, M.T. Arredondo, R. Bellazzi, “A data gathering framework to collect Type 2 diabetes patients data”, IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI), June 1-4, 2014, Valencia, Spain.
- [12] K. Zarkogianni, K. Mitsis, E. Litsa, M.T. Arredondo, G. Fico, A. Fioravanti, and K.S. Nikita, “Comparative assessment of glucose prediction models for Patients with Type 1 Diabetes Mellitus applying sensors for glucose and physical activity monitoring”, *Journal of Medical & Biological Engineering & Computing*, vol. 53, no. 12, pp. 1333-1343, 2015.
- [13] K. Zarkogianni, E. Litsa, K. Mitsis, P. Wu, C. Kaddi, C. Cheng, M. Wang, K.S. Nikita, “A Review of Emerging Technologies for the Management of Diabetes Mellitus,” *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 62, no. 12, pp. 2735-2749, 2015.
- [14] K. Dalakleidi, K. Zarkogianni, A. Thanopoulou, K.S. Nikita, “Comparative assessment of statistical and machine learning techniques towards estimating the risk of developing type 2 diabetes and cardiovascular complications”, *Expert Systems*, 2017.
- [15] K. Zarkogianni, M. Athanasiou, A.C. Thanopoulou, K.S. Nikita, “Comparison of machine learning approaches towards assessing the risk of developing Cardiovascular disease as a long-term diabetes complication”, *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, September 2018.
- [16] G. Fico, L. Hernandez, J. Cancela, A. Dagliati, L. Sacchi, A. Martinez-Millana, J. Posada, L. Manero, J. Verdú, A. Facchinetti, M. Ottaviano, K. Zarkogianni, K. S. Nikita, L. Groop, R. Gabriel-Sanchez, L. Chiovato, V. Traver, J. Francisco Merino-Torres, C. Cobelli, R. Bellazzi, M. T. Arredondo, “What do healthcare professionals need to turn risk models for type 2 diabetes into usable computerized clinical decision support systems? Lessons learned from the MOSAIC project”, *BMC medical informatics and decision making*, vol. 19(1), December 2019.
- [17] K. Zarkogianni, K. S. Nikita, “Personal health systems for diabetes management, early diagnosis and prevention”, *Consumer-Driven Technologies in Healthcare: Breakthroughs in Research and Practice*, pp. 191-218, IGI Global, 2019.
- [18] M. Athanasiou, K. Sfrintzeri, A. C. Thanopoulou, K. S. Nikita, "An Explainable XGBoost-Based Approach Towards Assessing the Risk of Cardiovascular Disease in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus," , " 20th IEEE International Conference on BioInformatics and BioEngineering (BIBE 2020), 2020.

- [19] M. Athanasiou, K. Zarkogianni, K. Karytsas and K. S. Nikita, "An LSTM-based Approach Towards Automated Meal Detection from Continuous Glucose Monitoring in Type 1 Diabetes Mellitus," 2021 IEEE 21st International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), pp. 1-5, 2021.
- [20] Athanasiou, M., Zarkogianni, K., Monou, S., Kosteria, I., Vasilakis, I., Kanaka-Gantenbein, C., & Nikita, K. (2021, June). AN INTERPRETABLE LSTM-BASED PREDICTION MODEL FOR ASSESSING THE RISK OF HOSPITALIZATION AND RE-HOSPITALIZATION IN YOUTH WITH TYPE 1 DIABETES MELLITUS. In DIABETES TECHNOLOGY & THERAPEUTICS (Vol. 23, pp. A27-A28). 140 HUGUENOT STREET, 3RD FL, NEW ROCHELLE, NY 10801 USA: MARY ANN LIEBERT, INC.
- [21] Zarkogianni, K., Athanasiou, M., Mitsis, K., Chatzidaki, E., Polychronaki, N., Perakis, K., ... & Nikita, K. (2021, June). A COMPREHENSIVE APPROACH TO EMPOWER SELF-MANAGEMENT OF HEALTH IN CHILDHOOD OBESITY BASED ON GAMIFICATION MECHANISMS AND BIOFEEDBACK. In DIABETES TECHNOLOGY & THERAPEUTICS (Vol. 23, pp. A57-A58). 140 HUGUENOT STREET, 3RD FL, NEW ROCHELLE, NY 10801 USA: MARY ANN LIEBERT, INC.
- [22] Valavanis, I. K., Mougiakakou, S. G., Grimaldi, K. A., & Nikita, K. S. (2010). A multifactorial analysis of obesity as CVD risk factor: use of neural network based methods in a nutrigenetics context. BMC bioinformatics, 11(1), 1-10.