# **Discorso**

## Introduction

Il nostro progetto si occupa dell’analisi dei livelli di glucosio per migliorare la gestione del diabete. Utilizziamo Python per elaborare e analizzare dati glicemici registrati negli ultimi 90 giorni, dal 13 febbraio 2024 al 12 maggio 2024. Il nostro obiettivo è identificare e modellare intervalli di tempo associati a condizioni glicemiche diverse: normali, alte, estremamente alte, basse e estremamente basse.

Attraverso la pulizia e preparazione dei dati, e l’uso di ISEQL (Interval-based Surveillance Event Query Language), possiamo rilevare eventi complessi come cambiamenti rapidi nei livelli di glucosio e anomalie prolungate. Analizziamo sia eventi semplici come “Time Swing” e anomalie di lunga durata, sia eventi aggregati come anomalie frequenti e cambiamenti rapidi ricorrenti.

Questa analisi ci permette di scoprire pattern significativi nei dati, migliorando così la gestione e il monitoraggio del diabete, e contribuendo a migliori esiti per i pazienti.

## State of art

Il diabete rappresenta una sfida sanitaria globale e l’intelligenza artificiale (AI) sta rivoluzionando la gestione della malattia. L’AI, grazie alla sua capacità di analizzare grandi quantità di dati e identificare modelli complessi, offre miglioramenti significativi nella diagnosi, nel trattamento personalizzato e nella gestione del diabete.

Dexcom G7 è un dispositivo avanzato di monitoraggio continuo del glucosio (CGM) che fornisce aggiornamenti ogni 5 minuti, consentendo un monitoraggio dettagliato delle fluttuazioni glicemiche e una visualizzazione delle tendenze nel tempo. Questo strumento, insieme a Dexcom Clarity, aiuta a identificare rapidamente problemi come l’iperglicemia prolungata o le variazioni rapide tra ipoglicemia e iperglicemia.

DiaHealth è un’app mobile innovativa che integra AI per migliorare la gestione quotidiana del diabete. Offre monitoraggio della glicemia, piani personalizzati per dieta e esercizio, registrazione dei dati sanitari, suggerimenti intelligenti e risorse educative per una gestione più efficace della malattia.

Feedforward Neural Networks (FNNs) sono utilizzate per prevedere i livelli di glucosio basandosi su dati storici dei CGM come il Dexcom G7. Questi modelli mostrano alta precisione nella previsione dei livelli futuri di glucosio, riducendo significativamente gli episodi di iperglicemia e ipoglicemia attraverso una gestione proattiva delle fluttuazioni glicemiche.

In sintesi, l’uso di tecnologie avanzate e AI rappresenta una grande opportunità per migliorare la gestione e il controllo del diabete.

## Overview and Formalization

Il sistema proposto per il monitoraggio dei livelli di glucosio si compone di tre livelli:

1. Data Crawler: Estrae dati da un sensore di monitoraggio della glicemia, come il Dexcom, che fornisce misurazioni ogni 5 minuti. Questo livello gestisce la raccolta e l’elaborazione dei dati con timestamp.

2. Interval Action Detector: Trasforma i dati grezzi in eventi semplici, rendendoli indipendenti dal dominio applicativo. Questo livello produce annotazioni di medio livello relative a intervalli di letture della glicemia, semplificando la fase di rilevamento degli eventi ad alto livello.

3. High-Level Event Detector: Permette agli utenti di costruire eventi complessi a partire dagli eventi di medio livello. Fornisce anche un’interfaccia grafica per definire nuovi modelli di eventi. Questo livello identifica la presenza di eventi complessi in base ai modelli forniti.

Vantaggi del Sistema

• Generalizzabile a domini eterogenei.

• Flessibile nella definizione di nuovi modelli di eventi grazie a un’interfaccia grafica avanzata.

• Adattabile ai nuovi eventi di basso livello e facilmente integrabile nei livelli superiori.

• Efficiente nel rilevare eventi di interesse.

• Compatibile con approcci di machine learning per apprendere e definire modelli di eventi.

• Migliora significativamente l’analisi dei livelli di glucosio.

• Introduce nuovi tipi di eventi ad alto livello, come “Time Swing”, che forniscono una comprensione più approfondita dei comportamenti della glicemia.

Data Crawler

Il Data Crawler associa eventi a livelli di glucosio basati su soglie specifiche, come “Estremamente Alto”, “Alto”, “Normale”, “Basso” e “Estremamente Basso”. Ogni evento è etichettato con un timestamp e il livello di glucosio.

Interval Action Detector

Questo livello organizza i dati in intervalli temporali e utilizza un algoritmo per selezionare il sottoinsieme massimo di intervalli non sovrapposti. Analizza la durata degli eventi per identificare periodi prolungati di anomalie.

High-Level Event Detection

• Eventi Semplici: Include eventi come il “Time Swing”, che identifica cambiamenti rapidi tra iperglicemia e ipoglicemia, e anomalie prolungate.

• Eventi Aggregati: Include metriche come “Anomalie di Glucosio Troppo Frequenti”, che contano la frequenza di anomalie glicemiche in un periodo specifico, e “Time Swing con Anomalie di Glucosio Troppo Lunghe”, che identificano le fluttuazioni significative con durate anomale nei periodi circostanti.

Questo sistema offre un’analisi dettagliata e avanzata dei livelli di glucosio, aiutando nella gestione e nel monitoraggio della glicemia con un’accuratezza migliorata.

## ISEQL

ISEQL (Interval-based Surveillance Event Query Language) è un linguaggio avanzato per la gestione e l’analisi dei dati temporali, particolarmente utile nel monitoraggio continuo della glicemia. Offre strumenti potenti per identificare e quantificare episodi di iperglicemia o ipoglicemia, generare report dettagliati sui modelli di glucosio e condurre analisi temporali complesse.

Principali caratteristiche:

1. Relazioni Temporali: ISEQL consente di gestire intervalli di tempo associati a eventi, permettendo di analizzare la durata e la frequenza degli eventi glicemici.

2. Vincoli di Cardinalità: Permettono di filtrare i risultati delle query in base alla frequenza degli eventi. Ad esempio, è possibile limitare i risultati a quelli in cui un determinato intervallo appare un numero specifico di volte.

3. Operatore DURING JOIN: Utilizzato per verificare se un intervallo temporale è completamente contenuto in un altro. È utile per identificare eventi specifici all’interno di periodi più ampi e per analizzare modelli di eventi glicemici.

4. Operatore BEFORE: Permette di determinare se un intervallo avviene completamente prima di un altro intervallo, senza sovrapposizioni temporali. Questo aiuta a comprendere le sequenze di eventi, come transizioni rapide tra stati glicemici.

ISEQL integra relazioni temporali di Allen per una modellazione più efficiente e consente analisi più approfondite nel monitoraggio dei livelli di glucosio, migliorando la capacità di identificare e interpretare eventi significativi.

## Modelling High-Level Event with ISEQL

Il modellamento degli eventi di alto livello nel monitoraggio continuo della glicemia è fondamentale per la gestione del diabete e l’individuazione di situazioni critiche. ISEQL consente un’analisi temporale dettagliata per identificare e caratterizzare tali eventi.

Gli eventi di alto livello possono essere suddivisi in due categorie principali: eventi semplici e eventi aggregati.

Eventi Semplici

• Definizione: Rappresentano unità fondamentali di analisi e si basano su attributi temporali specifici.

• Rilevazione: Utilizzando operatori come \texttt{BEFORE}, si identificano le variazioni rapide nei livelli di glucosio, come i \textit{Time Swings}, che indicano oscillazioni veloci tra stati iperglicemici e ipoglicemici.

• Anomalie Glucose Prolungate: Rilevano periodi di glucosio fuori dai normali intervalli di riferimento. La durata di queste anomalie viene calcolata per valutare l’efficacia del controllo glicemico.

Eventi Aggregati

• Definizione: Combinano più eventi per analizzare schemi e tendenze più ampie.

• Eventi di Glucose Troppo Frequenti: Monitorano la frequenza degli eventi di glucosio fuori norma in periodi specifici, come le giornate. L’analisi include il conteggio di eventi elevati e bassi in base a soglie definite.

• Time Swings Troppo Frequenti: Analizzano la frequenza delle oscillazioni rapide tra livelli glicemici alti e bassi in un intervallo giornaliero.

• Time Swing con Anomalie Glucose Prolungate: Identificano oscillazioni rapide che si sovrappongono a periodi prolungati di anomalie glicemiche, fornendo ulteriori dettagli sui modelli di cambiamento e durata.

In sintesi, ISEQL supporta l’analisi approfondita delle fluttuazioni glicemiche e delle anomalie, aiutando nella gestione e ottimizzazione del trattamento del diabete.

## System architecture and Diagrams

L’architettura del sistema è progettata per essere efficiente, scalabile e adattabile, integrando Laravel, Flask e MySQL. Ecco un riassunto dei componenti e della loro interazione:

Tecnologie Utilizzate

1. Laravel: Framework completo per lo sviluppo e la manutenzione dell’applicazione web.

2. Flask: Micro-framework per gestire compiti web leggeri e l’elaborazione dei dati in tempo reale.

3. MySQL: Sistema di gestione di database relazionali per la memorizzazione e gestione dei dati.

Diagrammi UML

1. Diagramma Entità-Relazione (ER):

• Illustra la struttura dei dati, inclusi entità come Utenti, Ruoli e Pazienti, e le loro relazioni.

• Mostra come Laravel ORM e MySQL gestiscono e interagiscono con i dati.

2. Diagrammi di Sequenza:

• Descrivono il flusso delle operazioni per vari casi d’uso, come la visualizzazione dei dettagli di un paziente.

• Mostrano come Flask gestisce le richieste e Laravel gestisce le interazioni con l’utente.

3. Diagramma dei Componenti:

• Fornisce una vista ad alto livello della struttura del sistema, evidenziando i principali componenti come Laravel, Flask e MySQL e le loro interazioni.

• Include il Blocco Controller (per l’autenticazione e la gestione degli utenti e dei pazienti), e il Blocco Dominio (per l’analisi dei dati e l’elaborazione tramite API).

Dettagli del Sistema

• Flask: Utilizzato per gestire compiti web leggeri e le richieste in tempo reale, con un design minimalista che facilita l’integrazione con altri componenti.

• Laravel: Framework principale per la costruzione e manutenzione dell’applicazione web, offre strumenti e librerie per lo sviluppo rapido e sicuro.

• MySQL: Gestisce i dati critici del sito web, inclusi credenziali degli utenti e dati dei pazienti. PhpMyAdmin semplifica la gestione del database, le operazioni di backup e il recupero dei dati.

Questo setup architettonico garantisce un’efficace memorizzazione e recupero dei dati del glucosio per l’analisi e la visualizzazione all’interno dell’applicazione web.

## Implementation

Il progetto utilizza Python e la libreria Pandas per analizzare dati di glucosio raccolti in un file CSV degli ultimi 90 giorni. La struttura del progetto è suddivisa in vari file:

• interval\_action\_detector.py: Contiene la classe IntervalActionDetector per l’analisi dei dati e l’identificazione degli intervalli di glucosio in base a soglie predefinite.

• interval.py: Definisce la classe Interval, che rappresenta un intervallo di tempo associato a eventi di glucosio.

• iseql.py: Include la classe ISEQL, utilizzata per analisi avanzate come anomalie di glucosio e variazioni temporali.

• data\_processing\_logic.py: Implementa un’applicazione Flask che fornisce un’API per elaborare e analizzare i dati del glucosio.

• analysis.py: Contiene strumenti per valutare le prestazioni e la scalabilità della pipeline di analisi.

Processo di Analisi

1. Estrazione dei Dati: Caricamento dei dati dal CSV con Pandas e selezione delle colonne rilevanti per l’analisi.

2. IntervalActionDetector: Crea intervalli di tempo e categorizza i livelli di glucosio in base a soglie predefinite.

3. Classe Interval: Rappresenta gli intervalli di tempo e gli eventi di glucosio associati.

4. Classe ISEQL: Gestisce e analizza gli intervalli di tempo per rilevare anomalie e variazioni significative.

Integrazione con Flask e Laravel

Il file data\_processing\_logic.py utilizza Flask per gestire i file CSV e restituire i risultati in formato JSON. Laravel gestisce la parte web dell’applicazione, comprese autenticazione, gestione utenti e interazione con il database MySQL.

Funzionalità del Sito Web

• Login: Autenticazione degli utenti con opzioni per il recupero password.

• Gestione Utenti: Ruoli Admin e Operator con accesso e privilegi diversi.

• Dashboard: Panoramica delle statistiche e delle metriche principali.

• Gestione Profilo e Operatori: Aggiornamento delle informazioni personali e gestione degli operatori.

• Gestione Pazienti: Aggiunta e visualizzazione dei dati dei pazienti, inclusa l’analisi dei file CSV.

Limitazioni: Attualmente, è consentito un solo file CSV per paziente e non ci sono rappresentazioni grafiche dei dati. Il sito accetta solo file CSV esportati da Dexcom.

## Result and Analysis

In questa sezione vengono presentati i risultati dell’analisi dei dati di glucosio, utilizzando le funzioni e le classi implementate nel file analysis.py. Abbiamo esaminato i dati glicemici identificando livelli di glucosio estremamente alti, alti, bassi e estremamente bassi, basandoci su soglie predefinite e segmentando i dati in intervalli di tempo per un’analisi dettagliata.

Statistiche Generali

• Conteggi Totali:

• Estremamente Alto: 20

• Alto: 185

• Basso: 109

• Estremamente Basso: 2

• Normale: 273

• Durate Totali:

• Estremamente Alto: 08:20

• Alto: 84:30

• Basso: 26:33

• Estremamente Basso: 00:00

• Normale: 667:44 (84.83% del tempo totale)

Eventi Ad Alto Livello

• Eventi di Swing di Tempo Significativo:

• Totale di 39 Swing di Tempo significativi rilevati, indicando frequenti fluttuazioni tra livelli di glucosio alto e basso.

Eventi Aggregati Ad Alto Livello

• Anomalie di Glucosio Troppo Frequenti:

• Il 23 febbraio 2024 ha registrato 3 eventi di glucosio alto, 13 eventi di glucosio basso, 0 eventi estremamente alti e 1 evento estremamente basso, con un totale di 17 anomalie.

• Swing di Tempo Troppo Frequenti:

• 7 giorni con swing di tempo troppo frequenti, pari al 17.95% degli swing di tempo totali.

• Anomalie di Glucosio Troppo Lunghe:

• 1.06% per intervalli di glucosio estremamente alto

• 10.74% per intervalli di glucosio alto

• 3.37% per intervalli di glucosio basso

• 0.00% per intervalli di glucosio estremamente basso

• Swing di Tempo con Anomalie di Glucosio Troppo Lunghe:

• 11 swing di tempo con anomalie di glucosio troppo lunghe, rappresentando il 28.21% di tutti gli swing di tempo rilevati.

Metriche di Valutazione

• Tempi di Esecuzione:

• La tabella mostra i tempi di esecuzione per diverse dimensioni del dataset, con metodi come find\_time\_swings e find\_too\_frequent\_glucose\_anomalies che mostrano tempi di esecuzione molto brevi.

• Tempi di Esecuzione Medi:

• offline\_interval\_action\_detection: 0.1808 secondi

• find\_time\_swings: 0.00011 secondi

• find\_too\_frequent\_glucose\_anomalies: 0.00020 secondi

• Tassi di Crescita Medi:

• offline\_interval\_action\_detection: 0.1267

• find\_time\_swings: 0.2431

• find\_too\_frequent\_glucose\_anomalies: 0.1968

Considerazioni Finali

• Efficienza Generale: La maggior parte dei metodi ha tempi di esecuzione molto brevi, nell’ordine dei millisecondi, con un impatto minimo dalle dimensioni del dataset.

• Scalabilità del Metodo Principale: offline\_interval\_action\_detection mostra una scalabilità moderata con un tempo di esecuzione medio di 0.1808 secondi e un tasso di crescita di 0.1267.

• Altri Metodi: Metodi come find\_too\_long\_glucose\_anomalies e find\_too\_frequent\_glucose\_anomalies hanno una crescita trascurabile nei tempi di esecuzione.

• Tendenze di Crescita: I tassi di crescita sono più alti per metodi come find\_too\_frequent\_time\_swings, ma complessivamente i tempi di esecuzione aumentano moderatamente con le dimensioni del dataset.

In sintesi, il sistema dimostra una buona efficienza e scalabilità accettabile. Il metodo offline\_interval\_action\_detection necessita di ulteriori ottimizzazioni, mentre altri metodi gestiscono bene l’aumento delle dimensioni dei dati.

## Conclusion

L’analisi dei dati di glucosio utilizzando le funzioni e le classi implementate ha fornito approfondimenti precisi sui cambiamenti dei livelli di glucosio nel tempo, l’identificazione di anomalie significative nella durata e nella frequenza degli eventi glicemici, e il riconoscimento di importanti Swing di Tempo. Questi risultati sono cruciali per migliorare la gestione del diabete, permettendo interventi tempestivi e personalizzazione del trattamento basata su dati specifici.

Lavori Futuri

1. Miglioramento dell’Analisi degli Eventi:

• Rafforzare l’analisi degli eventi ad alto livello identificati nell’implementazione attuale.

• Ricercare e studiare ulteriori eventi significativi.

2. Rimozione delle Limitazioni Esistenti:

• Gestione di più file CSV per paziente.

• Integrazione di rappresentazioni grafiche per un’analisi più completa.

3. Sviluppo di una Versione Mobile del Sito Web:

• Aumentare l’accessibilità per gli utenti in movimento.

• Monitoraggio e aggiornamenti dei dati in tempo reale.

• Interfaccia più user-friendly per la gestione dei record dei pazienti e l’analisi dei dati di glucosio.

Questi miglioramenti mirano a potenziare l’utilità e l’efficacia del sito web nella gestione del diabete e nella cura dei pazienti.