

# Softvér pre DIAbetikov\*

Daniel Brilla

Slovenská technická univerzita v Bratislave  
Fakulta informatiky a informačných technológií  
`xbrillad@stuba.sk`

12. december 2021

## Abstrakt

Diabetes je v dnešnom svete už bežnou chorobou, ktorou trpí čím ďalej, tým viac ľudí. Väčšina diabetikov používa bežne dostupné softvéry, ktoré avšak, podľa mojich názorov nedržia krok s dobou. Ponúkajú len dlhodobé sledovanie si hladiny cukru. V digitálnej dobe, plnej umelej inteligencie vieme, opäť podľa mojich názorov, sa dá posunúť vpred a zjednodušiť každodenný život.

## 1 Úvod

V tejto semestralnej práci sa budem venovať problematike v softvérovom inžinierstve a ako zlepšiť život diabetikom po celom svete. S narastajúcim počtom diabetikov po celom svete prevencia už nepostačuje. Je potrebné spraviť krok vpred a tým je zaoberanie sa otázkou, ako v dnešnom modernom svete zlepšiť každodenný život diabetikov? Táto problematika nemá také ľahké riešenia ako sa zdá. Teória je náročná a riešenia sú v stave testovania.

Na začiatok si povieme čo je diabetes a aké su jeho typy (dva základné). Následne sa pozrieme na niektoré softvérové riešenia ako GIM a alebo Inteligentné riešenie ktoré sú aktuálne testované. Nakoniec si všetko zhrnieme a zhodnotíme z pohľadu diabetika, keďže od roku 2016 aj ja spadám do tejto kategórie.

## 2 Aktuálny softvér pre diabetikov

Keď si človek otvorí na svojom mobilnom zariadení, notebooku alebo počítači prehľad aplikácií pre diabetikov, všetko čo nájde sú promárne aplikácie určené pre sledovanie a analyzovanie už daných hladín cukru v krvi (glykémie). Veľká pomoc pre diabetikov, ktorý si so sebou nie vždy berú svoj diabetický denník. Množstvo týchto aplikácií pracuje a komunikuje aj s RFID senzormi, ktoré, môže mať človek na sebe ak ná inzulínovú pumpu alebo senzor na kontinuálne meranie krvi. Pomocou týchto softvérov si môže diabetik s pumpou, bez toho, aby robil nejaký zásah, alebo vyberal veci navyše, zmerať glykémiu a v prípade vysokej glykémie aj pripichnúť si inzulín.

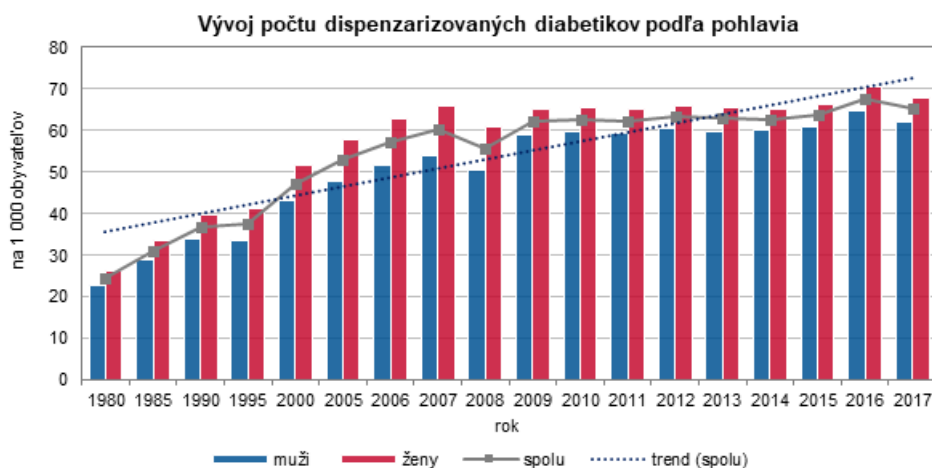
---

\*Semestrálny projekt v predmete Metódy inžinierskej práce, ak. rok 2021/22, vedenie: Vladimír Mlynarovič

Avšak, pri dnešnom modernom svete, ako si povieme neskôr??, umelá inteligencia (AI) v kombinácii s doterajšími poznatkami, by sa falo predísť katastrofálnejším stavom a zmierniť vedľajšie komplikácie, ktoré s týmto ochorením idú ruka v ruku. Nehovorím týmto, že tieto riešenia sú zlé. Podľa mňa sme za 100 rokov liečby diabetesu pokročili o míľové kroky vpred, avšak netreba sa zastaviť. Musíme napredovať a využívať vedomosti nie na zabíjanie ľudí a dokazovanie si moci, ale na pomoc druhým. Lebo pravá sila je ukrytá nie v tom, čo človek vie zobrať, ale čo vie druhému dať. A toto platí nielen pri diabete ale aj pri ostatných, rovnako vážnych ochoreniach.

### 3 Čo je diabetes

Diabetes mellitus je metabolická disfunkcia charakterizovaná hyperglykémiou, ktorá je dôsledkom porúch sekrécie inzulínu z pankreasu, účinku inzulínu alebo spojením oboch porúch. [1] Chronická hyperglykémia diabetu je spojená s dlhodobým poškodením, dysfunkciou a zlyhaním rôznych orgánov, najmä očí, obličiek, nervov, srdca a ciev.



Obr. 1: graf znázorňujúci počet diabetikov na 1000 obyvateľov podľa pohlavia od 1980 do 2017 [2]

Na vzniku cukrovky sa podieľa niekoľko faktorov. Tieto sa pohybujú od autoimunitnej deštrukcie beta buniek pankreasu s následným nedostatkom inzulínu po abnormality, ktoré vedú k rezistenci buniek na pôsobenie inzulínu. Základom abnormalít v metabolizme uhľohydrátov, tukov a bielkovín pri cukrovke je nedostatočné pôsobenie inzulínu na cieľové tkanivá. Nedostatočný účinok inzulínu je dôsledkom nedostatočnej sekrécie inzulínu a/alebo zníženej reakcie tkaniva na inzulín v jednom alebo viacerých bodoch komplexných dráh pôsobenia hormónov. Porušenie sekrécie inzulínu a defekty v pôsobení inzulínu často koexistujú u rovnakého pacienta a často nie je jasné, ktorá abnormalita, či už samotná, je primárnou príčinou hyperglykémie, prípadnej hypoglykémie. [1]

Medzi príznaky diabetesu patrí strata hmotnosti, alebo obezita, nadmerné močenie, smäd, hlad. Vážnejšími príznakmi sú napríklad zhoršenie zraku, prob-

lémy pri močené a iné. K dlhodobým komplikáciám diabetu patrí retinopatia s potenciálnou stratou zraku; nefropatia vedúca k zlyhaniu obličiek; periférna neuropatia s rizikom vredov na nohách, amputácií a Charcotových kĺbov; a autonómna neuropatia spôsobujúca gastrointestinálne, genitourinárne a kardiovaskulárne symptómy a sexuálnu dysfunkciu. U pacientov s diabetom je zvýšený výskyt aterosklerotických kardiovaskulárnych, periférnych arteriálnych a cerebrovaskulárnych chorôb. [1]

Prevažná väčšina prípadov cukrovky spadá do dvoch širokých etiopatogenetických kategórií. Pri cukrovke 1. typu, je príčinou absolútny nedostatok sekrecie inzulínu. Jedinci so zvýšeným rizikom vzniku tohto typu diabetu môžu byť často identifikovaní sérologickými dôkazmi autoimunitného patologického procesu vyskytujúceho sa na ostrovčekoch pankreasu. Pri druhej, oveľa rozšírenejšej kategórii, cukrovke typu 2, je príčinou kombinácia odolnosti voči účinku inzulínu a neadekvátnej kompenzačnej sekrečnej reakcie na inzulín. V druhej kategórii môže stupeň hyperglykémie postačujúci na to, aby spôsobil patologické a funkčné zmeny v rôznych cieľových tkanivách, ale bez klinických symptómov, môže jedinec existovať dlhší čas, než sa zistí diabetes. Počas tohto asymptomatického obdobia je možné demonštrovať odchýlku v metabolizme uhľohydrátov meraním plazmatickej glukózy nalačno. [1]

## 4 GIM

GIM alebo Glucose-Insulin Model softvér nám dáva schopnosť simulovať chovanie sa jedinca a jeho sekreciu inzulínu. [3]

V poslednej dobe bol navrhnutý nový model simulácie jedla, ktorý umožnil meranie rôznych tokov, glukózy a inzulínu, vyskytujúcich sa počas jedla. V skutočnosti je systém, veľmi zložitý a iba dostupnosť tokov glukózy a inzulínu, ich plazmatických koncentrácií, nám umožní minimalizovať štruktúrne neistoty pri modelovaní rôznych procesov. Model pozostáva z 12 nelineárnych diferenciálnych rovníc, 18 algebratických rovníc a 35 parametrov. [3]

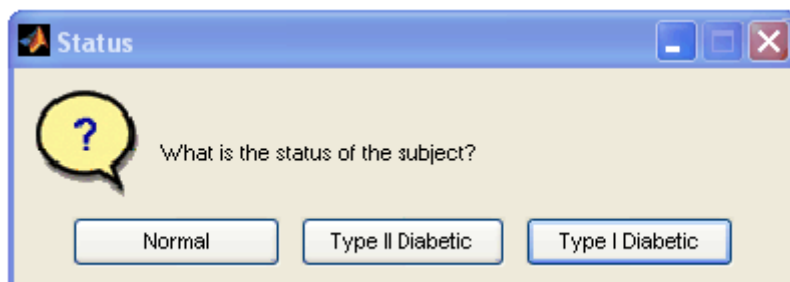
Užívateľsky príjemný simulačný softvér tohto modelu by bol veľkou pomocou, najmä pre vyšetrovateľov bez konkrétnych odborných znalostí v oblasti modelovania. Softvér GIM, implementovaný v MATLAB verzii 7.0.1, ktorý umožňuje simulovať normálne aj patologické stavy, napr. Diabetes typu 2 a inzulín s otvorenou a uzavretou slučkou infúzie pri cukrovke 1. typu. Softvér sa nepokúša riešiť patofyziologické otázky.

### 4.1 MATLAB Version

Keď je GIM spustený, otvorí sa dialógové okno, ktoré čaká od užívateľa, aby zvolil typ subjektu pre modelovanie. Na výber sú tri možnosti, a to Normálny, typ 2 Diabetik alebo o typ 1 Diabetik. Keď používateľ klikne na subjekt Normálny alebo Diabetik 2. typu, zobrazí sa interaktívne okno, ktoré je rozdelené na tri časti.

1. Bazálne, kde sú stanovené základné hodnoty koncentrácie glukózy, koncentrácie inzulínu a produkcie glukózy. Kliknutím na tlačidlo VÝPOČET sa vypočíta bazálna hodnota glukózy a zobrazí sa na príslušnom štvorci

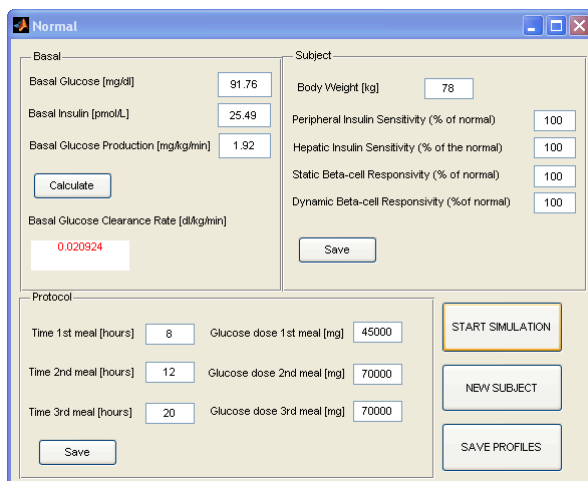
2. Subjekt, kde sú hodnoty telesnej hmotnosti a hlavné metabolické indexy, ako sú periférna a hepatálna citlivosť na inzulín ( $V_{max}$  a  $kp_3$ , v tomto poradí),



Obr. 2: dialógové okno - 1 [3]

dynamická a statická odozva beta-buniek na glukózu ( $K$  a  $\beta$ , v tomto poradí), sa zadávajú ako percento bežných hodnôt<sup>12</sup>; pre diabetické subjekty typu 2 sa spočiatku zobrazia typické odchýlky.

3. Protokol, kde je nastavený čas troch jedál a množstvo prijatej glukózy.



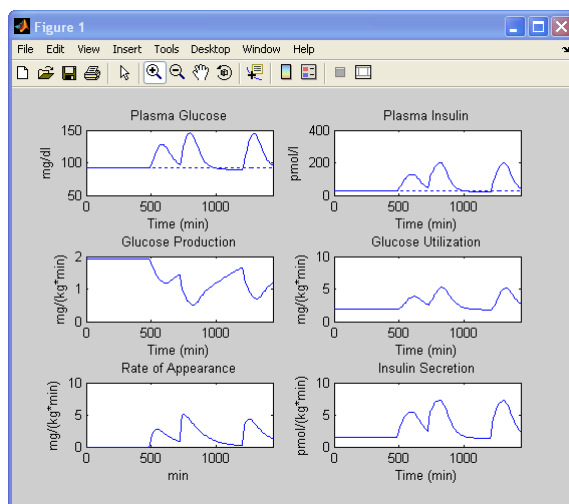
Obr. 3: dialógové okno - 2 [3]

Akonáhle sú všetky polia nastavené a nové hodnoty sú uložené, simulácia sa spustí kliknutím na **START SIMULATION**. Výsledky simulácie sú prezentované v grafickom formáte, tj. Je zobrazený obrázok, ktorý ukazuje koncentrácie glukózy a inzulínu, produkciu glukózy, využitie glukózy, vzhľad jedla a sekréciu inzulínu.

Keď používateľ zvolí Diabtik 1. typu, okno je o trochu inšie, pridá sa tam jedna sekcia.

4. Kontrola, ktorá umožňuje užívateľovi vybrať, či je subjekt kontrolovaný v otvorenej slučke alebo v uzavretej slučke s regulátorom PID. Ak je zvolená otvorená slučka, je možné zadať rýchlosť infúzie bazálneho inzulínu. Ak je zvolená uzavretá slučka, užívateľ môže zvoliť bazálnu koncentráciu inzulínu, ktorý musí tiež definovať cieľovú hodnotu glukózy.

Program taktiež umožňuje ukladať si profily a výsledky v .mat typoch súborov, stlačením **SAVE PROFILES**. [3]



Obr. 4: dialógové okno - 3 [3]

Softvér GIM umožňuje taktiež porovnávanie výsledkov medzi normálnym, zdravým jedincom a Diabetikom 1. typu, poprípade rôznej kombinácii 2 subjektov. [3]

## 5 Inteligentný softvér

V tejto kapitole sa chcem venovať kapitole z knihy Diabetes Technology and Therapeutics, ktorá ma zaujala kapitolou o inteligentnom diabetickom softvéri.

Pre diabetikov prvého typu je ťažké udržať si stálu alebo optimálnu hladinu cukru (/refdiabetes). Riešením by bol systém umelej inteligencie pozostávajúci z liečebných algoritmov kalibrovaných prostredníctvom veľkých súborov údajov špecifických pre pacienta. [4] Znie to zaujímavo, ale chybičku vidím v tom, ako sa ďalej píše v knihe, že je to potrebné spraviť po každej zmene, či už denného režimu, inzulínu alebo športových aktivít. Samotné nastavenie systému nie je v prototypu jednoduché a pre množstvo užívateľov neprípustné.

Softvérový prototyp založený na neurónovej sieti, fuzzy logike a konceptoch expertného systému bol vyvinutý a hodnotený na určenie uskutočniteľnosti a účinnosti predikčného modelu špecifického pre pacienta. Priemerná absolútna percentuálna chyba medzi skutočnými a predpokladanými hodnotami glykémie (hladiny cukru v krvi) zo vstupov denného inzulínu, jedla a informácií o cvičení u testovacích subjektov s Diabetes Melitus 1 bola 10.5 percenta. [4] Zdá sa to ako celkom veľká odchylka, čo aj je, avšak je to stále dosť presné nato, aby to dokázalo zabrániť životu nebezpečným situáciám.

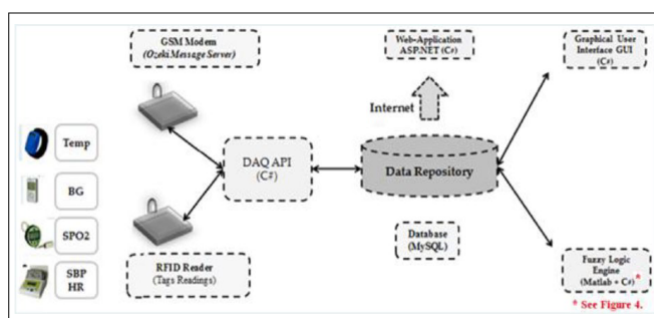
### 5.1 Fuzzy Logika v zdravotníctve

Typickému zhoršeniu stavu u chorých ľudí predchádzajú rôzne fyziologické zmeny ako pulz alebo krvný tlak. Modifikované skoré upozorňovacie skóre je systém, ktorý bol vyvinutý na assistenciu nemocničnému personálu pri meraní týchto zmien a pri identifikácii pacientov, ktorý potrebujú naliehavú lekársku

Obr. 5: dialógové okno - 3 [3]

pomoc aby sa predišlo katastrofálnym stavom. [5] Systém je aktuálne implementovaný a testovaný v Rashid Center for Diababetes and Research v UAE.

Primárne požiadavky systému je diaľkový zber vitálnych funkcií pacienta, ktoré sa merajú pomocou snímačov na báze RFID a hodnotenie zdravotného stavu pacienta pomocou algoritmov založených na fuzzy logike. Tieto dáta sú následne uchované v elektronických lekárskych záznamoch (EMR) a upozorniť zdravotnícky personál o pacientovom statuse a či potrebuje urgentnú starostlivosť alebo nie. [5] Následný diagram nám ukazuje schému navrhovaného systému.



Obr. 6: Schéma navrhovaného systému [5]

RFID senzory môžu komunikovať bezdrôtovo s mobilným zariadením a následne pomocou mobilnej siete prenášať informácie do centrálného monitorovacieho systému - počítača. Tento systém umožňuje implementáciu viacerých užívateľov ako aj počet oblastí monitorovania. [5]

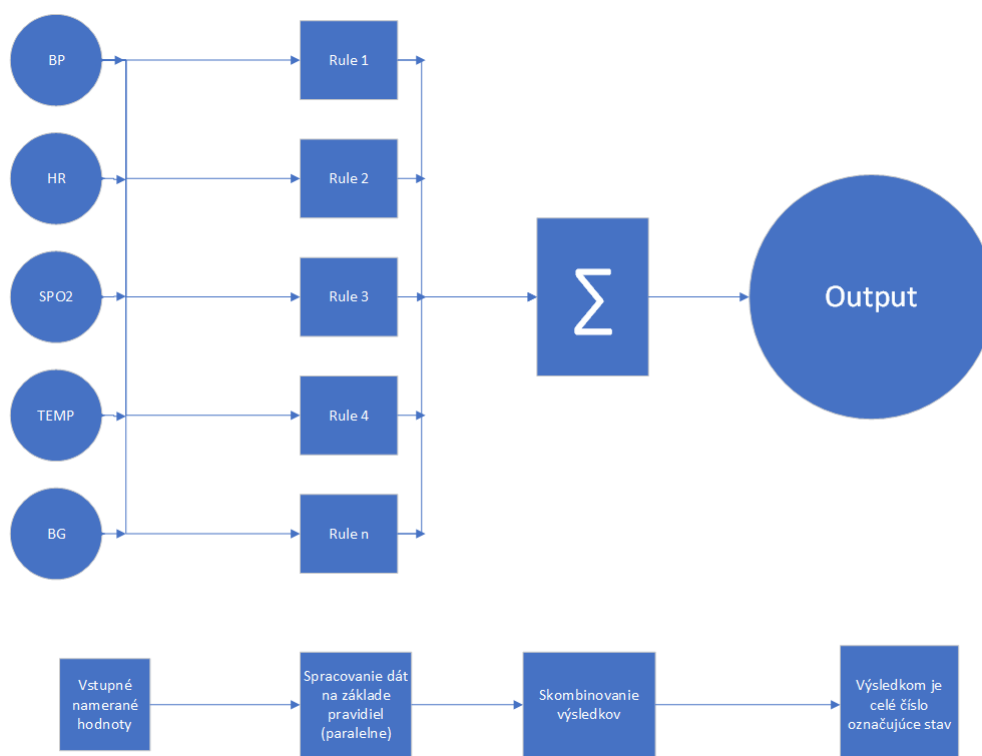
Systém pozostáva z rôznych softvérových modulov. Ide o tieto moduly: programovateľné rozhranie pre jednotku zberu dát – aplikácia (DAQ-API), fuzzy logický engine (FLE), databázový manažér (DM), grafické používateľské rozhra-

nie (GUI) a webová aplikácia (Web- Aplikácia). Podrobnosti a funkcie každého softvérového modulu sú zhrnuté nižšie. [5]

Modul DAQ-API umožňuje interakciu s čítačkou RFID s cieľom zhromažďovať vitálne funkcie pacienta v reálnom čase a zobrazovať ich na obrazovke API. Je to front-end monitorovacie a prevádzkové rozhranie pre používateľov systému. [5]

DM, GUI a Web-App boli vyvinuté ako echo moduly. Používajú sa na profilovanie používateľov, ukladanie životných funkcií a umožňujú im interakciu so systémom cez web. Podrobný popis týchto echo modulov možno nájsť v štúdií Al-Damour [6]. [5]

Modul fuzzy logiky má tri postupné procesy: fuzzyfikácia, systém založený na pravidlách a proces defuzzyfikácie. [5]



Obr. 7: Schéma fuzzy procesu podľa článku [5]

V schéme 7 vstupujú dáta z RFID senzorov a výsledkom je jedno číslo (status) stavu pacienta. Paralelný charakter pravidiel je jedným z dôležitejších aspektov systémov fuzzy logiky. Namiesto ostrého prepínania medzi režimami na základe bodov prerušenia, logika plynulo prúdi z oblastí, v ktorých správanie systému dominuje jedno alebo druhé pravidlo. Systém je implementovaný pomocou MATLAB Fuzzy Logic Toolbox. [5]

## 5.2 zhrnutie

Inteligentné systémy sú riešením avšak s technológiou prichádza aj daň. Systém sa zdá byť na povrchu jednoduchý avšak pre čo najrýchlejšie spracovanie úda-

jov je potreba celkom veľké množstvo výpočtovej techniky a to nerozprávam len o počítačoch na výpočet. Senzory nevydržia dlho. Abbott FreeStyle Libre, čipy, senzory pre kontinuálne sledovanie hladiny cukru, tiež nedržia večne. A ďalšou požiadavkou bolo pripojenie na mobilnú sieť aby sa dáta dali nahrať na webstránku. Toto je síce menší problém, keďže dáta sa dajú ukladať lokálne a následne naraz odoslať do systému pre spracovanie. Je tam pár háčikov ale blížime sa.

## 6 Záver

Na koniec si zhrňme, čo sme si v tejto práci opísali. Diabetes je choroba, ktorá v dnešnej dobe nemá riešenia a jedine ako ju zvládnuť je jednoducho prijať to. Avšak riešením by mohli byť moderné technológie a umelá inteligencia. Vďaka výtvarníkom modernej doby môžeme zlepšiť životný štýl tisícom a možno i miliónom ľudí, ktorý touto zákernou chorobou trpia.

GIM je dobrý softvér, akšak má väčšie využitie pri laboratórnych výskumoch. Inteligentný systém na báze fuzzy logiky je možným riešením, avšak treba dbať na aspekt technológii a ich dostupnosť a cenu. Vynechal som aspekt umelej inteligencie zámerne, lebo tá v posledných rokoch moc nepokročila a percento presnosti sa zmenilo len o pár desiatín, čo je úspech avšak pre korektnú implementáciu je treba dosiahnuť lepších výsledkov.

Nakoniec len toľko, že ako jeden diabetikov, si uvedomujem vážnosť situácie a je to neustály, každodenný boj. Preto môžem povedať, využime výtvarníky našej doby na pomoc druhým a nie na to, aby sme sa ich zbavovali.



## Literatúra

- [1] A. D. Association, “Diagnosis and classification of diabetes mellitus,” vol. 28, pp. S37–S42, dec 2004.
- [2] N. M. B. Chmel, “Ročne pribudne na slovensku vyše 20-tisíc diabetikov.” <https://www.nczisk.sk/aktuality/Pages/Rocne-pribudne-na-Slovensku-vyse-20-tisic-diabetikov.aspx>.
- [3] C. D. Man, D. M. Raimondo, R. A. Rizza, and C. Cobelli, “GIM, simulation software of meal glucose—insulin model,” *SAGE Publications*, vol. 1, pp. 323–330, May 2007.
- [4] E. Otto, C. Semotok, J. Andrysek, and O. Basir, “An intelligent diabetes software prototype: Predicting blood glucose levels and recommending regimen changes,” vol. 2, pp. 569–576, dec 2000.
- [5] J. A. Al-Dmour, A. Sagahyroon, A. Al-Ali, and S. Abusnana, “A fuzzy logic-based warning system for patients classification,” *Health Informatics Journal*, vol. 25, no. 3, pp. 1004–1024, 2019.
- [6] J. Al-Dmour, “Fuzzy logic based patients’ monitoring system.” <https://dspace.aus.edu:8443/xmlui/handle/11073/5741>.