

Softvér pre DIAbetikov*

Daniel Brilla

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

12. december 2021

Abstrakt

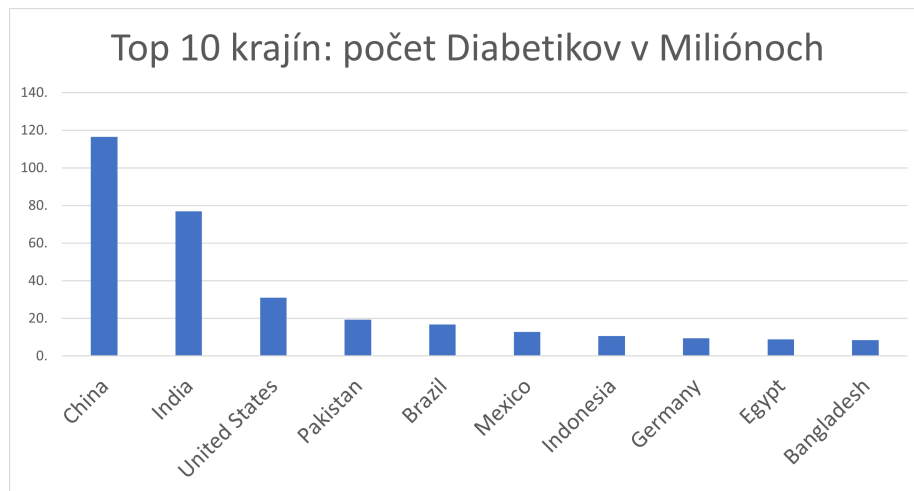
Diabetes je v dnešnom svete už bežnou chorobou, ktorou trpí čím ďalej, tým viac ľudí. Väčšina diabetikov používa bežne dostupné softvéry, ktoré avšak, podľa mojich názorov nedržia krok s dobou. Ponúkajú len dlhodobé sledovanie si hladiny cukru. V digitálnej dobe, plnej umelej inteligencie vieme, opäť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

Kľúčové slová: Diabetes, Fuzzy logika, Inteligentný softvér, GIM, Modifikované upozorňovacie skóre

1 Úvod

V tejto semestralnej práci sa budeme venovať problematike v softvérovom inžinierstve a ako zlepšiť život diabetikom po celom svete. S narastajúcim počtom diabetikov po celom svete prevencia už nepostačuje 1.

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



Obr. 1: graf znázorňujúci počet diabetikov v miliónoch v roku 2019 [1]

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.

2 Čo je diabetes

Diabetes mellitus je metabolická disfunkcia charakterizovaná hyperglykémiou, ktorá je dôsledkom porúch sekrécie inzulínu z pankreasu, účinku inzulínu alebo spojením oboch porúch. [2] Chronická hyperglykémia diabetu je spojená s dlhodobým poškodením, dysfunkciou a zlyhaním rôznych orgánov, najmä očí, obličiek, nervov, srdca a ciev.

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. 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. [2]

Medzi príznaky diabetesu patrí strata hmotnosti, alebo obezita, nadmerné močenie, smäd, hlad. Vážnejšími príznakmi sú napríklad zhoršenie zraku, problémy pri močení 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. [2]

Prevažná väčšina prípadov cukrovky spadá do dvoch širokých etiopatogenetických kategórií. Pri cukrovke 1. typu, je príčinou absolútny nedostatok sekre-

cie inzulínu. Jedinci so zvýšeným rizikom vzniku tohto typu diabetu môžu byť často identifikovaní sérologickými dôkazmi autoimunitného patologického procesu vyskytujúceho sa na ostrovcích 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. [2]

3 Aktuálny softvér pre diabetikov

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

Avšak, pri dnešnom modernom svete, ako si povieme neskôr??, umelá inteligencia (AI) v kombinácii s doterajšími poznatkami, by sa dalo 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.

Technológia a ľudia. 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.

Lebo toto je ľudský faktor. Výnimkou nie je nikto z nás.

4 GIM

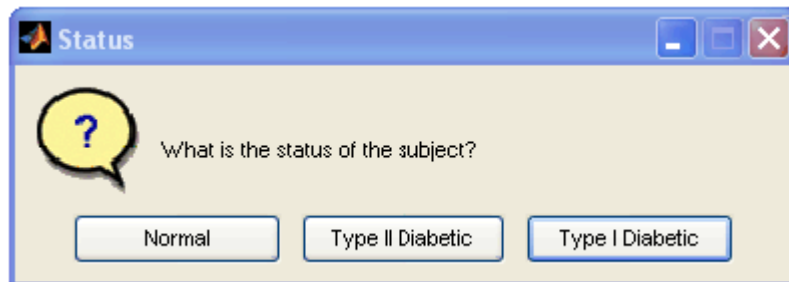
GIM alebo Glucose-Insulin Model softvér nám dáva schopnosť simulovať chovanie sa jedinca a jeho sekréciu inzulínu. [3]

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 algebraických 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 okno2, ktoré čaká od užívateľa, aby zvolil typ subjektu pre modelovanie. Na výber sú tri možnosti, a to Normálny, typ 2 Diabetik aleb o typ 1 Diabetik.



Obr. 2: dialógové okno - 1 [3]

Keď používateľ klikne na subjekt Normálny alebo Diabetik 2. typu, zobrazí sa interaktívne okno3, 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 [3]
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), dynamická a statická odozva beta-buniek na glukózu (K a β , v tomto poradí), sa zadávajú ako percento bežných hodnôt12; pre diabetické subjekty typu 2 sa spočiatku zobrazia typické odchýlky. [3]
3. Protokol, kde je nastavený čas troch jedál a množstvo prijatej glukózy. [3]

Normal

Basal

Basal Glucose [mg/dl]

Basal Insulin [pmol/L]

Basal Glucose Production [mg/kg/min]

Basal Glucose Clearance Rate [dl/kg/min]

Subject

Body Weight [kg]

Peripheral Insulin Sensitivity (% of normal)

Hepatic Insulin Sensitivity (% of the normal)

Static Beta-cell Responsivity (% of normal)

Dynamic Beta-cell Responsivity (% of normal)

Protocol

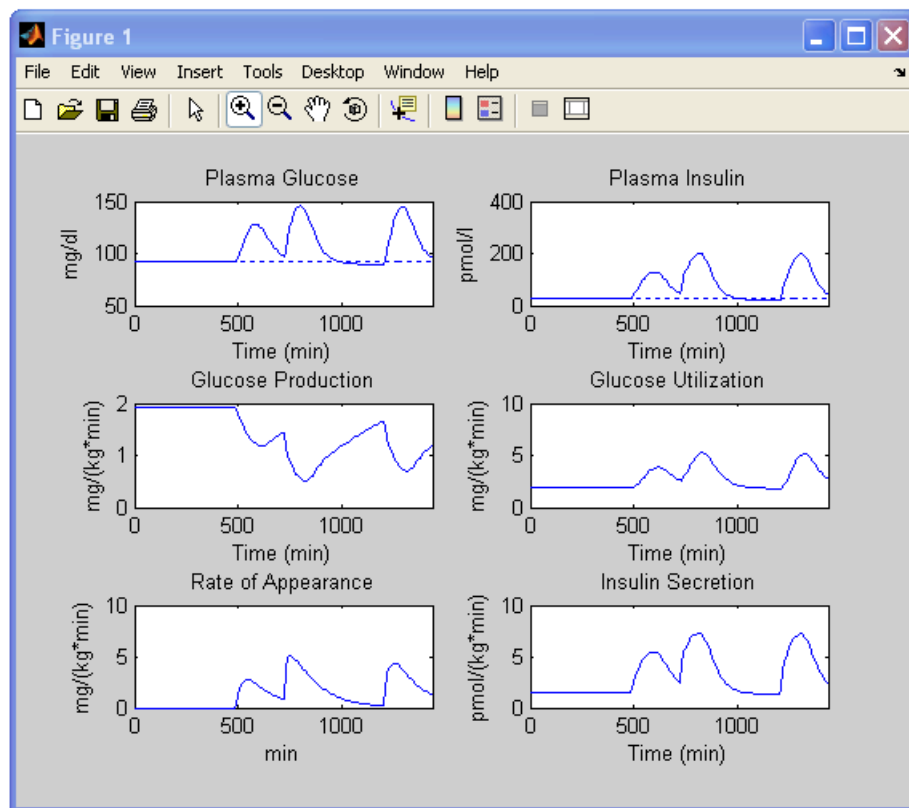
Time 1st meal [hours] Glucose dose 1st meal [mg]

Time 2nd meal [hours] Glucose dose 2nd meal [mg]

Time 3rd meal [hours] Glucose dose 3rd meal [mg]

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 4, t.j. Je zobrazený obrázok, ktorý ukazuje koncentrácie glukózy a inzulínu, produkciu glukózy, využitie glukózy, vzhľad jedla a sekréciu inzulínu. [3]



Obr. 4: dialógové okno - 3 [3]

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. [3]

Type 1 Diabetic

Basal

Basal Glucose [mg/dl] 180

Basal Insulin [pmol/L] 40.95

Basal Glucose Production [mg/kg/min] 2.40

Calculate

Basal Glucose Clearance Rate [dl/kg/min]

0.013333

Subject

Body Weight [kg] 78

Peripheral Insulin sensitivity (% of normal) 100

Hepatic Insulin Sensitivity (% of normal) 100

Save

Control

☒ Open Loop

☐ Closed Loop

Basal Insulin pump [pmol/kg/min] 1

Glucose Target [mg/dl] 130

Save

Protocol

Time meal [hours]	Glucose dose meal [mg]	Insulin dose [U]
1st meal 8	45000	3
2nd meal 12	70000	4.5
3rd meal 20	70000	4.5

Save

START SIMULATION NEW SUBJECT SAVE PROFILES

Obr. 5: dialógové okno - 3 [3]

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

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

Grafické vyjadrenie informácií v informatike Viete v informatike, keď sa pripravuje nejaký softvér treba dbať aj na konečného užívateľa. Dobrým príkladom môže byť GIM. Jeho prostredie väčšine laikom povie akurát tak nič. Treba mať presne zadefinované, kto bude daný softvér používať. V prípade GIM simulátora sú to lekári a laboratórny pracovníci. Ak si vezmeme iný, voľne dostupný softvér pre diabetikov, je omnoho ústretovejší a prehľadnejší pre laikov, bežných ľudí.

5 Inteligentný softvér

V tejto kapitole sa budeme venovať kapitole z knihy Diabetes Technology and Therapeutics [4], ktorá ma zaujala kapitolou o inteligentnom diabetickom soft-

véry.

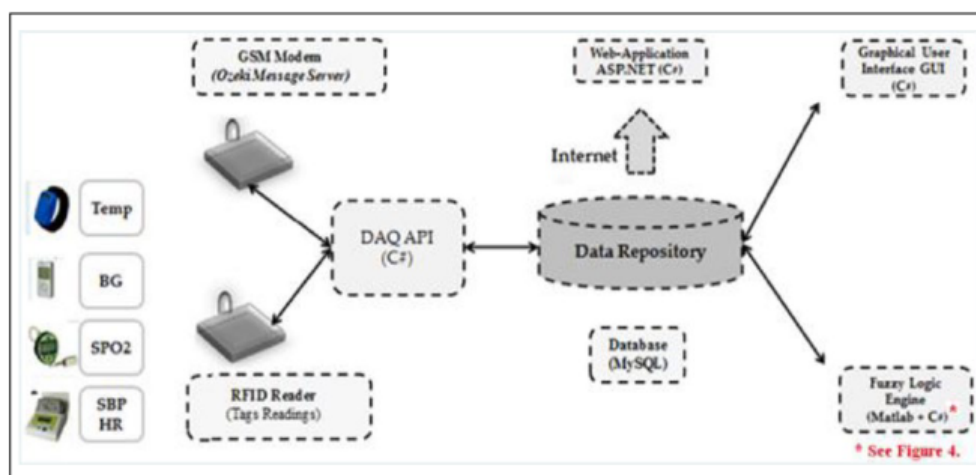
Pre diabetikov prvého typu je ťažké udržať si stálu alebo optimálnu hladinu cukru 2. Riešením by bol systém umelej inteligencie pozostávajúci z liečebných algoritmov kalibrovaných prostredníctvom veľkých súborov údajov špecifických pre pacienta. [4] Znie to zaujímavo, ale chybičku vidím v tom, ako sa 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 odchýlka, 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 upozorňovacie skóre je systém, ktorý bol vyvinutý na assistenciu nemocničnemu personálu pri meraní týchto zmien a pri identifikácii pacientov, ktorý potrebujú naliehavú lekársku pomoc aby sa predišlo katastrofálnym stavom. [5] Systém je aktuálne implementovaný a testovaný v Rashid Center for Diabetes 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 logike⁶. Tieto dáta sú následne uchované v elektronických lekárskech 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]

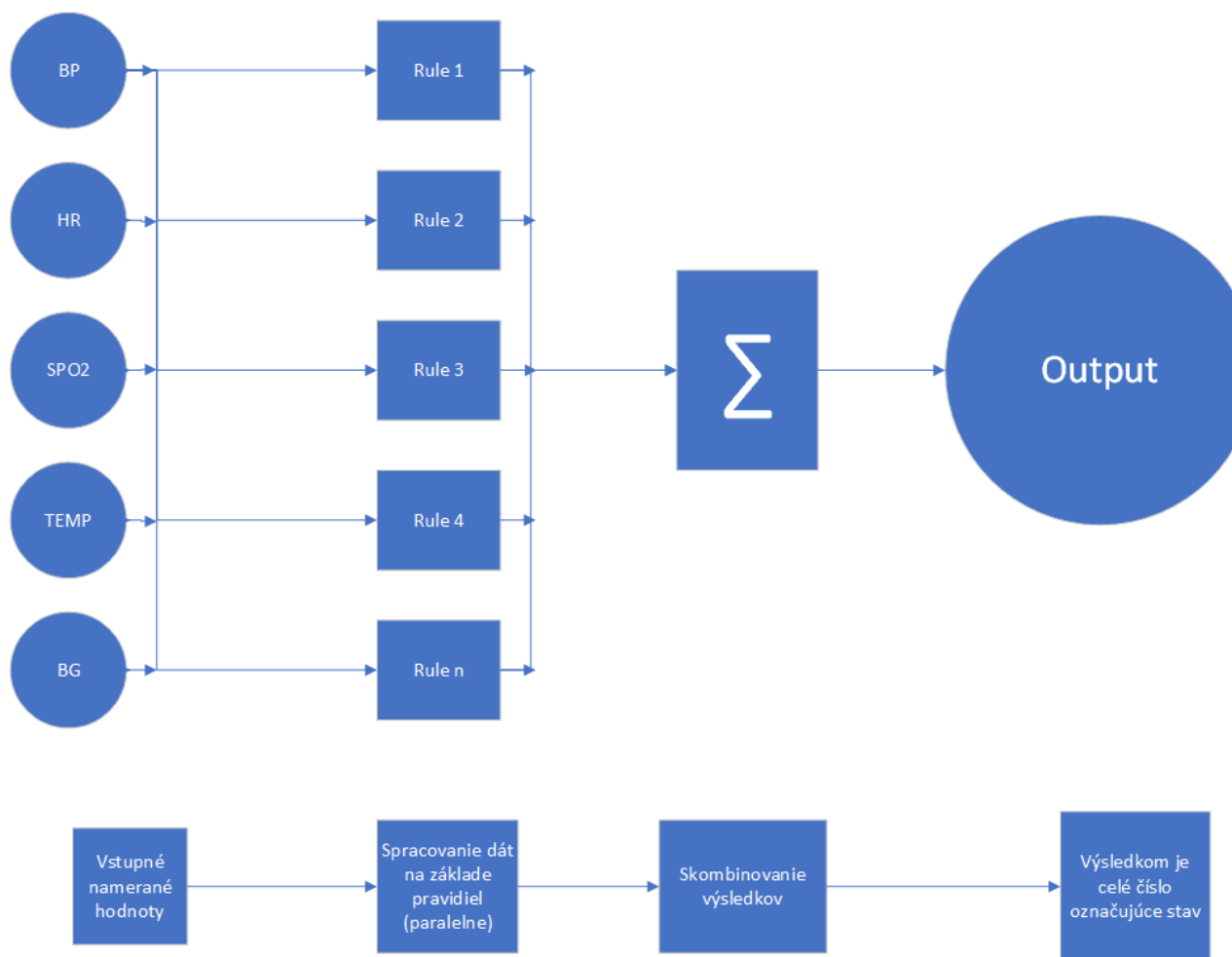
RFID senzory môžu komunikovať bezdrôtovo s mobilným zariadením a následne pomocou mobilnej siete prenášať informácie do centrálného monitorovacieho systému - počítača. Tento systém umožňuje implementáciu viacerých užívateľov ako aj počet oblastí monitorovania. [5]

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 rozhranie (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]

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



Obr. 7: Prekreslená 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 správaníu 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 údajov je potreba celkom veľké množstvo výpočtovej techniky a to nerozprávan len o počítačoch na výpočet. Sensory nevydržia dlho. Abbott FreeStyle Libre, čipy, senzory pre kontinuálne sledovanie hladiny cukru, tiež nevydržia večne. A ďalšou požiadavkou bolo pripojenie na mobilnú sieť aby sa dáta dali nahráť 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 výdobytkom modernej doby môžeme zlepšiť životný štýl tisícom a možno i miliónom ľudí, ktorý touto zákernou chorobou trpia.

GIM je dobrý softvér, avšak 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 desatín, čo je úspech avšak pre korektnú a hlavne efektívnu implementáciu je treba dosiahnuť lepších výsledkov.

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

Udržateľnosť a etika Udržateľnosť tohto systému musí byť maximálna. Raz po spustení sa predpokladá a očakáva zo strany pacientov, že systém bude aktualizovaný a využívaný. To znamená, že si treba dobre prepočítať, aká bude finančná záťaž, aby väčšina pacientov neodpadla kvôli nedostatku financií napríklad na senzory, dáta (internet) a iné veci s tým spojené. Taktiež treba myslieť na množstvo odpadu, ktorého je už aj tak veľa.

Etika a teda aj bezpečnosť tohto systému bude veľmi vysoká, keďže ide o osobné údaje a životné funkcie, poprípade fyzické problémy pacienta. Tieto všetky dáta budú musieť byť bezpečnostne uchované, aby nedošlo k ich zneužitiu.

Literatúra

- [1] STATISTA, “Countries with the highest number of diabetics worldwide in 2019.” <https://www.statista.com/statistics/281082/countries-with-highest-number-of-diabetics/>.
- [2] A. D. Association, “Diagnosis and classification of diabetes mellitus,” *American Diabetes Association*, vol. 28, pp. S37–S42, dec 2004.
- [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,” *Mary Ann Liebert Inc*, 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>.