

Tehnološka potpora prevenciji i liječenju šećerne bolesti

SARA ŽULJ¹, RATKO MAGJAREVIĆ¹

¹*Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu*

Sažetak Prikazan je pregled suvremenih informacijskih i komunikacijskih tehnologija (IKT) koje se primjenjuju za dijagnostiku, liječenje i prevenciju šećerne bolesti kao i rezultati projekta diabICT tijekom kojeg je razvijena tehnološka e-platforna za liječenje i kontrolu šećerne bolesti. Osjetila (senzori) za praćenje fizioloških veličina i fizičke aktivnosti osoba danas se zbog svojih malih dimenzija jednostavno ugrađuju u predmete za svakodnevnu uporabu pa su općenito dobro prihvaćeni od pacijenata. Generirani podatci šalju se u stvarnom vremenu na odgovarajuću platformu gdje su dostupni za trenutni ili naknadni pregled i pohranu. Pri tome se za prijenos podataka sve češće koriste mobilne komunikacije kao dio sustava m-zdravlja. Zajedno s podacima iz osobnih zdravstvenih zapisa, tvore velike skupine podataka koje se odgovarajućim metodama analize koriste za praćenje napretka bolesti, ali i za izgradnju modela koji onda omogućuje predviđanje tijeka bolesti za pojedince i za skupine. Za uspješnost primjene e-platfornе važna je interoperabilnost koja omogućuje unos svih relevantnih podataka i priključivanje dodatnih osjetila za automatski unos podataka u platformu kao i izvoz i razmjenu podataka u različitim sustavima e-zdravstva. Druga važna značajka e-platfornе jest skalabilnost s obzirom na to da je prema statističkim podacima globalno i nezavisno od stupnja razvijenosti zemalja, šećerna bolest prisutna u oko 10% populacije.

Ključne riječi. Informacijske i komunikacijske tehnologije, senzor, glukometar, m-zdravlje, mobilna aplikacija, monitoriranje, tjelesna aktivnost, analiza podataka, modeliranje, predikcija, prevencija

1. Uvod

Dijabetes je kronična, metabolička bolest karakterizirana povišenim razinama glukoze u krvi (ili šećera u krvi) što tijekom vremena dovodi do teških oštećenja na srcu, krvnim žilama, očima, bubrezima, i živcima. Prema procjeni Međunarodne dijabetičke federacije (IDF) za 2014. godinu, prevalencija dijabetesa među odraslim osobama (20-79 godina) u svijetu iznosi 8.33%, u Europi iznosi 7.87%, dok u Republici Hrvatskoj iznosi 6.86%. U apsolutnim brojevima to znači 387 milijuna ljudi na svijetu, od čega je procjena da njih 46.3% nema dijagnosticiranu bolest. Do 2035. godine predviđa se porast oboljelih od dijabetesa za 205 milijuna^{1,2}. Najčešći je dijabetes tipa 2, obično u odraslih, koji se javlja kada tijelo postaje otporno na inzulin ili ne proizvodi dovoljno inzulina. Posebno, u posljednja tri desetljeća prevalencija dijabetesa tipa 2 drastično je porasla u zemljama svih razina dohotka. Zbog velikog broja pacijenata oboljelih od dijabetesa, problema povezanih s dijabetesom je puno i trošak povezan s liječenjem dijabetesa i komplikacija uzrokovanih dijabetesom jest velik s tendencijom rasta^{3,4}, što čini dijabetes jednim od glavnih prioriteta u medicinskom istraživanju, ali i u području biomedicinskog inženjerstva i zdravstvene informatike. Također, smjer djelovanja zdravstvenih organizacija i civilnog društva preusmjerava se s liječenja na prevenciju bolesti i promociju zdravog načina života.

U ovom kratkom pregledu posvećujemo se tehnologijama koje omogućuju formiranje personaliziranog liječenja temeljem točnih i pravovremeno dostupnih podataka. Takvi podaci uvijek su dostupni osobama s dijabetesom kao i njihovim liječnicima, čime je također omogućeno da pacijenti preuzmu veću odgovornost za vlastito zdravlje ("patient empowering")⁵ učinkovitom samokontrolom vlastitog stanja, odnosno utjecanjem na stanje vlastite šećerne bolesti.

Ovdje se prvenstveno teži samokontroli osoba s dijabetesom tipa 2 i zdravstvenim djelatnicima koji im pružaju zdravstvenu skrb, iako nije isključeno da se navedenim tehnologijama koriste i osobe s drugim tipovima dijabetesa. Inzulinske pumpe nisu razmatrane.

2. Pregled tehnologije

Tri su glavna pravca u tim istraživanjima i izgradnji novih tehnologija: 1) senzorika, temeljna za prikupljanje podataka o i s pacijenata, 2) m-zdravlje (engl. mHealth), uporaba mobilne tehnologije za dvosmjerni prijenos podataka i poruka između pacijenata i zdravstvenog sustava te, 3) napredna analitika te iz nje proizišle metode modeliranja i kontrole, uključujući i samokontrolu šećerne bolesti.

Razvoj tehnologije omogućio je primjenu osjetila (engl. senzora) za mjerenje fizioloških parametara i praćenje načina života (engl. lifestyle monitoring), ne samo povremenim uzimanjem podataka, kao što je to tipično za mjerenje razine šećera u krvi ili mjerenje krvnog tlaka, nego i kontinuirano, tijekom dugih vremenskih perioda⁶. Među osjetilima, velik dio istraživanja usmjeren je na istraživanje novih osjetila za neinvazivno mjerenje razine šećera u krvi, gdje se još uvijek traže primjenljiva i održiva rješenja. Za praćenje fizioloških parametara, najčešće rada srca, iz minijaturnih prenosivih naprava (engl. gadget) dobivaju se podaci o brzini otkucaja srca što osim medicinske vrijednosti, ima također ulogu u praćenju fizičke aktivnosti^{7,8}, često isticane kao ključni parametar u prevenciji dijabetesa i njegovih komplikacija.

Uporaba osjetila stvara velik broj dodatnih (digitalnih) podataka koji se mogu trajno pohranjivati u, danas još uvijek uglavnom uporabom posebnih programskih paketa, velikim skladištima podataka u oblaku (engl. cloud) i koji se mogu iskoristiti u terapiji i dijagnozi zajedno s podacima i zapisima iz pacijentovog osobnog elektroničkog zdravstvenog zapisa. Kada se radi o osjetilima za kontinuirano praćenje razine glukoze u krvi, podaci se generiraju svake minute do svakih 5 minuta, ovisno o proizvođaču: znači za svakog pacijenta, nekoliko stotina izmjerenih podataka samo za glukozu. Podaci koji se dobivaju iz osjetila mjereni su i osim podatka o izmjerenoj vrijednosti sadrže i podatak o vremenu kad su izmjereni pa se na jednostavan način mogu dobiti prikazi profila značajnih parametara i ponašanja osoba. Oni su dakle točni (unutar granica točnosti deklariranih za pojedinu mjernu napravu) i ne mogu se unositi krivo ili retrospektivno⁹.

Uporaba mobilnih komunikacija u zdravstvu, tzv. m-zdravlje, u kontekstu dijabetesa koristi pametne telefone i ostale mobilne komunikacijske uređaje, najčešće za omogućavanje i poticanje bolje samokontrole dijabetesa^{10,11,12}. Pri tome se s pomoću mobilnih aplikacija omogućuje unos (ručnim upisom prvenstveno izmjerenih vrijednosti sa zaslona glukometara te nekih drugih podataka) ili iščitavanje memorije glukometara i prijenos podataka u bazu. Ako taj prijenos podataka omogućuje pohranjivanje u osobni zdravstveni zapis pacijenta, kaže se da se napravila sinkronizacija.

Osim te najvažnije funkcije, mobilne aplikacije omogućuju korisnicima još i unos podataka o tjelesnoj težini, fizičkoj aktivnosti, terapiji, krvnom tlaku, prehrani, generiranje podsjetnika i alarma, kao i niz socijalnih funkcija – uključivanje u društvene mreže i edukaciju u vezi s dijabetesom. Sve češće osim programskog koda (mobilnih aplikacija) postavljenih u pametne telefone, u njih se ugrađuju i pojedine vrste osjetila. Tipično su to osjetila za gibanje temeljena na akcelerometrima, ali sve češće se mogu uključiti pojedinačna mjerenja brzine rada srca ili pulsna oksimetrija.

Sve veći broj pouzdanih, izmjerenih podataka pohranjen u elektroničkim zdravstvenim zapisima i drugim sličnim oblicima zapisa omogućava pristup tzv. medicine temeljene na dokazima (eng. evidence based medicine) - definirane kao savjesno, eksplicitno i razumno korištenje trenutno najboljih dokaza pri donošenju odluke o skrbi za pojedinog pacijenta. U praksi to znači integriranje individualnog kliničkog znanja s najboljim raspoloživim vanjskim kliničkim dokazima iz sustavnog istraživanja^{13,14}, s ciljem postizanja "4P" medicine: *prediktivna, personalizirana, preventivna i participirajuća*¹⁵.

Korištenje metoda dubinske analize u istraživanju dijabetesa je jedan od najboljih načina otkrivanja novih znanja u podacima povezanim s dijabetesom¹⁶. Ciljevi dubinske analize mogu se podijeliti na dva glavna zadatka: opis (eng. description) i predikciju (eng. prediction). Ovakva podjela vrlo je gruba i nije jedina moguća. Postoji vidljiv interes u predikciji razine glukoze u krvi zbog njene uloge u sustavu za kontrolu s povratnom vezom za implementaciju na umjetnoj gušterači¹⁷.

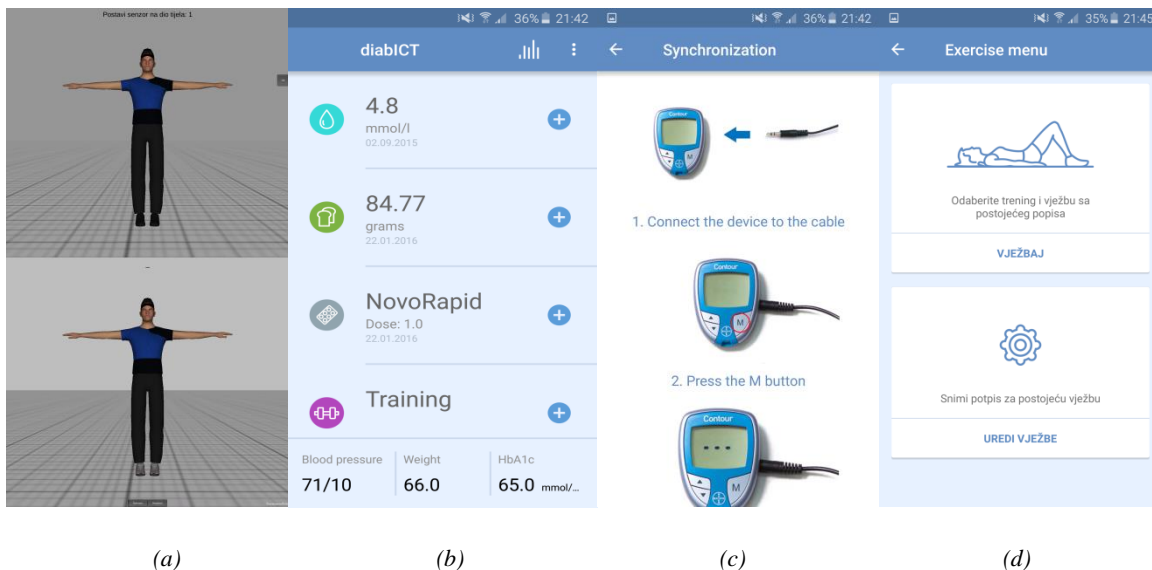
Koristi se nekoliko tehnika za predikciju razinu glukoze u krvi: metoda slučajne šume (eng. random forest)¹⁸, stroj s potpornim vektorima^{19,20}, multivarijatnu analizu zasnovanu na potpornim vektorima²¹, različite parametre kompartmentalnih modela i parametre modela stroja s potpornim vektorima²². Takvim pristupom razvijeni su sustavi za sustavno praćenje oboljelih od dijabetesa sa sljedećim funkcionalnostima: prikupljanje i prikaz podataka snimljenih s različitih senzora za praćenje životnih navika, prihvata kliničkih i laboratorijskih vrijednosti, alat za računalnu analizu multiparametarskih prikupljenih podataka kako bi se liječniku izvlačilo novih znanja (asocijativna pravila, grupiranje i obrasci), ocjenjivanje napretka pacijenta i drugo²³.

3. diabICT – e-platforma za dijabetes

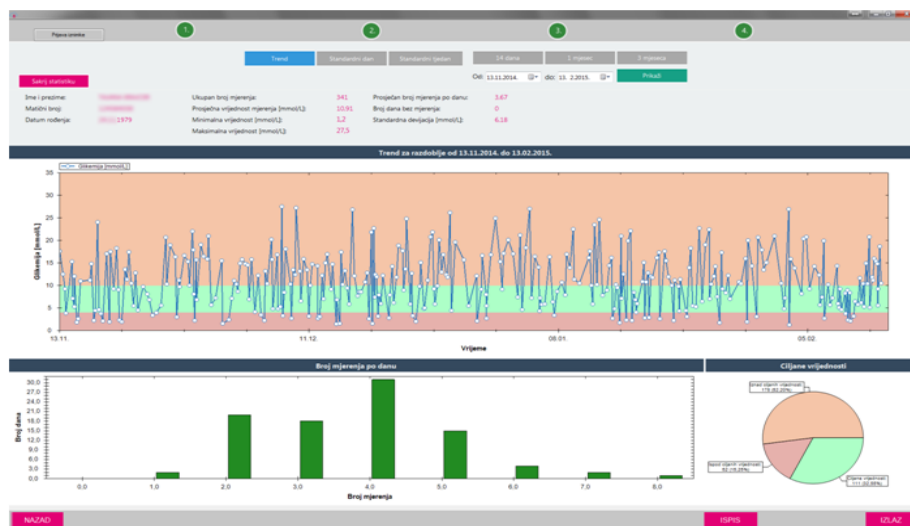
U području daljnjeg nastojanja u poboljšanju zdravstvenih usluga za osobe s dijabetesom temeljenih na informacijskim i komunikacijskim tehnologijama, na Sveučilištu u Zagrebu Fakultetu elektrotehnike i računarstva odvijao se projekt "Tehnološka platforma za nove ICT strategije u terapiji i kontroli dijabetesa (diabICT)" koji upravo teži osnaživanju uloge osoba sa šećernom bolešću u samokontroli. Istraživanja su se provodila na Fakultetu uz sufinanciranje Europske unije iz Europskog fonda za regionalni razvoj, a u suradnji s industrijskim partnerom, poduzećem S. D. Informatika. Razvijen je sustav koji osobama sa šećernom bolešću omogućuje točan i jednostavan unos podataka relevantnih za kontrolu dijabetesa (razina glukoze u krvi, prehrana, terapija, tjelesna aktivnost) pomoću sveprisutnih mobilnih uređaja (2.5 mobilna telefona po kućanstvu u RH) u platformu u "oblaku", a istovremeno i liječnicima pregled tih podataka. Posebna pažnja posvećena je točnosti unesenih podataka pa je zato razvijen sustav za točno mjerenje dnevnih tjelesnih aktivnosti i točno mjerenje zadanih aktivnosti tjelovježbe.

Razvijeni sustav sastoji se od 3 dijela: uređaja my-Gluko, platforme e-Gluko i senzorske narukvice my-Wrist. Koristeći uređaj my-Gluko, moguće je na mobilnom telefonu učitati podatke iz memorije glukometara, a pripadajuća mobilna aplikacija nudi i mogućnost unosa podataka o prehrani, tjelesnoj aktivnosti i terapiji. Podaci primljeni na mobilnom uređaju prosljeđuju se na platformu e-Gluko, koja je dostupna na Internetu samoj osobi sa dijabetesom, ali i ovlaštenim korisnicima, poput liječnika²⁴. Platforma se, osim za prikupljanje podataka, također brine i za njihov prikaz na odgovarajućim sučeljima (ekranu mobilnog telefona ili računala), a služit će i za generiranje upozorenja i alarma uz pomoć naprednih i inovativnih računalnih algoritama. Pristup e-Gluko platformi zaštićen je i odvija se uz korisničko ime i lozinku.

Sigurnost i privatnost podataka očuvani su, čime se zadovoljava rad unutar Centralnog zdravstvenog informacijskog sustava Hrvatske (CEZIH), a podaci spremljeni na jednom mjestu uvelike olakšavaju provođenje kliničkih studija i upravljanje troškovima dijabetesa. Uređaj my-Gluko, pripadajuća aplikacija za mobilne uređaje i platforma e-Gluko namijenjene su osobnoj, ali i liječničkoj kontroli dijabetesa, koji uz takav sustav mogu u stvarnom vremenu pratiti vlastite razine glukoze u krvi, ali i pravovremeno reagirati u slučaju nepoželjnih promjena. Za osobe s dijabetesom izrazito je bitna i briga o fizičkoj aktivnosti. Senzorska narukvica my-Wrist omogućuje jednostavno i automatsko mjerenje dnevne fizičke aktivnosti osobe, ali i procjenu kvalitete pokreta prilikom izvođenja tjelovježbe²⁵. Izmjereni podaci s my-Wrist narukvice također se povezuju s platformom e-Gluko te na taj način upotpunjuju potrebne informacije za potpunu samokontrolu dijabetesa. Mogućnost praćenja vlastitih rezultata u postizanju ciljeva liječenja pokazala se motivirajućom za osobe s dijabetesom pa treba očekivati bolju samokontrolu.



Slika 4. Primjeri zaslona mobilne aplikacije diabICT; (a) početni zaslon korisnicima pruža informacije o zadnjim unosima izmjerene glukoze, prehrane, terapije i tjelovježbe, (b) sinkronizacija mjerenja glukoze u krvi korištenjem my-Gluko sučelja, (c) preglednik za potpomognuto vježbanje na mobilnom telefonu, i (d) početni položaj za jednu vježbu u okviru potpomognutog vježbanja, gornji lik predstavlja virtualnog trenera, a donji lik animaciju vlastitog pokreta



←
**Statistika o broju
mjerenja**

←
**Pregled
izmjerenih
vrijednosti
glikemije**

←
**Grafički prikaz
statistike
mjerenja**

Slika 5. Grafičko sučelje platforme e- Gluko

4. Zaključak

Broj rješenja za dijagnostiku, liječenje i prevenciju dijabetesa, zasnovan na spomenutim informacijskim i komunikacijskim tehnologijama u stalnom je porastu. Međutim, mnoga rješenja ne mogu se integrirati u veće sustave i nisu interoperabilna. Posebno je važno da osobe s dijabetesom koje su prihvatile „kulturu“ pravilne samokontrole i služe se odgovarajućom tehnologijom, imaju mogućnost kontakta sa svojim liječnicima a da svi podaci budu dostupni objema stranama kako bi se liječenje moglo personalizirati.

Predstavljeni zdravstveno-informatički sustav razvijen u Hrvatskoj koristi se za istraživanja i uvodi kroz pilot projekte u zdravstveni sustav te ima potencijal za poboljšanje u liječenju šećerne bolesti i dugoročno, smanjenje komplikacija. Sustav je skalabilan, pa se može proširiti i na velike populacije.

5. Literatura

- ¹ International Diabetes Federation: IDF Diabetes Atlas - Sixth edition, Update 2014. [Online]. Available: <http://www.idf.org/diabetesatlas>
- ² World Health Organization: Diabetes. [Online]. Available: <http://www.who.int/diabetes/en/>
- ³ X. Zhuo, et al, "The lifetime cost of diabetes and its implications for diabetes prevention," Diabetes Care, September 2014.
- ⁴ Diabetes: the cost of diabetes - fact sheet no. 236. [Online]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs236/en/>
- ⁵ R. W. Beck: " Downloading Diabetes Device Data: Empowering Patients to Download at Home to Achieve Better Outcomes", Diabetes Technology & Therapeutics, August 2015, 17(8): 536-537. doi:10.1089/dia.2015.0169.
- ⁶ K. Zarkogianni, et al., "A Review of Emerging Technologies for the Management of Diabetes Mellitus", IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2015, Vol. 62 (12), 2735-2749

- ⁷ M. Varga, et al.; "Raspoznavanje i kvantifikacija tjelesne aktivnosti", Proc of MIPRO 2011., 2011, 130-134
- ⁸ L. Celić, et al., "WBAN for Physical Activity Monitoring in Health Care and Wellness", 2013, IFMBE Proc, Vol 39, 2228-2231
- ⁹ M. Prasek, "Self Control Diary – Challenges of New Technological Possibilities", IFMBE Proc, 2011, Vol. 37, 972-973
- ¹⁰ T. Chomutare, et al. "Features of mobile diabetes applications: review of the literature and analysis of current applications compared against evidence-based guidelines", 2011, J Med Internet Res. Vol. 22;13(3):e65. doi: 10.2196/jmir.1874.
- ¹¹ M. de Ridder, "A systematic review on incentive-driven mobile health technology: As used in diabetes management", 2016, J Telemed Telecare. pii: 1357633X15625539.
- ¹² J.C. Sieverdes, et al. "Improving Diabetes Management With Mobile Health Technology", 2013, Amer J Med Sci, Vol. 345, 4, 289–295.
- ¹³ D. Mayer, Essential Evidence-Based Medicine, 2010.
- ¹⁴ D. L. Sackett, W. M. Rosenberg, J. Gray, R. B. Haynes, and W. S. Richardson, "Evidence based medicine: What it is and what it isn't," BMJ, vol. 312, no. 7023, pp. 71–72, 1996.
- ¹⁵ L. Hood, Nat. Biotechnol. 2011, 29, doi:10.1038/nbt.1809.
- ¹⁶ M. Marinov, A. Mosa, I. Yoo, and S. Boren, "Data-mining technologies for diabetes: a systematic review," J Diabetes Sci Technol, Nov 2011.
- ¹⁷ (2015) Juvenile Diabetes Research Foundation: Artificial Pancreas Project. [Online]. Available: <http://jdrf.org/research/artificial-pancreas/>
- ¹⁸ E. Georga, V. Protopappas, D. Polyzos, and D. Fotiadis, "A predictive model of subcutaneous glucose concentration in type 1 diabetes based on random forests," in Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2012 Ann Int Conf IEEE, Aug 2012, 2889–2892.
- ¹⁹ E. Georga, V. Protopappas, and D. Polyzos, "Prediction of glucose concentration in type 1 diabetic patients using support vector regression," Inf Techn Appl Biomed (ITAB), 2010 10th IEEE Int Con, Nov 2010, 1–4.
- ²⁰ R. Bunescu, N. Struble, C. Marling, J. Shubrook, and F. Schwartz, "Blood glucose level prediction using physiological models and support vector regression," Mach Learn Appl (ICMLA), 2013 12th Int Conf, vol. 1, Dec 2013, 135–140.
- ²¹ E. Georga, V. Protopappas, D. Ardigo, M. Marina, I. Zavaroni, D. Polyzos, and D. Fotiadis, "Multivariate prediction of subcutaneous glucose concentration in type 1 diabetes patients based on support vector regression," Biomed Health Inf, IEEE J, vol. 17, 1, 71–81, Jan 2013.
- ²² E. Georga, V. Protopappas, D. Polyzos, and D. Fotiadis, "Predictive modeling of glucose metabolism using free-living data of type 1 diabetic patients," Eng Med & Biol Soc (EMBC), 2010, Ann Int Conf IEEE, Aug 2010, 589–592.
- ²³ E. Georga, V. Protopappas, S. Mougikakou, and D. Fotiadis, "Short term vs. long-term analysis of diabetes data: Application of machine learning and data mining techniques," Bioinf & Bioeng (BIBE), 2013 IEEE 13th Int Conf, Nov 2013, 1–4.
- ²⁴ S. Zulj, et al., "Pilot Project: ICT System for Management and Self-Management of Diabetes", Int Conf Biomed & Health Inf, Haikou, China, October 2015, in press.
- ²⁵ D. Džaja, et al. "System for Assisted Exercising and Qualitative Exercise Assessment", IFMBE Proc, 2015, Vol. 45, 682-686