



SUSTAV PAMETNE APLIKACIJE ZA PERSONALIZIRANU MEDICINSKU SKRB I OPTIMIZACIJU TROŠKOVA

Marko Vujasinović¹

¹ Veleučilište Aspira, Domovinskog rata 65, 21000 Split, Hrvatska,
ePošta: marko.vujasinovic@aspira.hr

Sažetak: Ovaj rad predstavlja digitalnu aplikaciju kao primjer rješenja za pružanje personalizirane medicinske skrbi, putem digitaliziranog nadzora pacijenata koristeći se mobilnom aplikacijom, nosivim uređajem (pametni sat), automatizacijom definiranja i provedbe planova skrbi. Kontinuiranom analizom višefaktorskih podataka pacijenata pomaže se medicinskim stručnjacima prilagoditi skrb jedinstvenim potrebama, okolnostima i preferencijama svakog pacijenta. Jednostavnost dijalog-orijentiranog korisničkog sučelja i kompatibilnost s različitim uređajima čine naprednu zdravstvenu skrb lakše dostupnom. Takvom digitalizacijom i automatizacijom smanjuju se troškovi zdravstvene skrbi. Pojavom tehnologija generativne umjetne inteligencije pojavljuju se dodatne mogućnosti integracije generativnih chatbot-ova u cjelokupni sustav, dajući nove i dodatne mogućnosti automatizacije i personalizacije medicinske skrbi.

Ključne riječi: digitalni nadzor pacijenata, IoT, personalizirana medicinska skrb

1. Uvod i motivacija

U današnjem svijetu, digitalizacijom i ubrzanim načinom života, ubrzala se potreba za uvođenjem novih, digitalno utemeljenih modela zdravstvene skrbi i za digitalno zdravstvo općenito. Na Internet stranicama Europske komisije (2026) navodi se „digitalno se smatra neophodnim za poboljšanje učinkovitosti zdravstvene skrbi, kvalitete skrbi i povećanje ravnopravne dostupnosti usluga“. Digitalni modeli zdravstvene skrbi ponajviše mogu utjecati na pacijente s kroničnim bolestima, kao naprimjer na pacijente s kardiovaskularnim bolestima, gdje je velika nužnost pridržavanja terapijama i kontinuirani monitoring nakon otpusta iz bolnice (OECD, 2026). Nepridržavanje pacijenta propisanim terapijama često je povezano s lošijim ishodima i povećanim rizikom.

U nadolazećim godinama, veliki dio stanovništva morat će nastaviti primati liječničku skrb, na siguran i ravnopravno raspoređen način - pri čemu je nužno spriječiti rizike daljnjeg pogoršanja zdravstvenog stanja, ali i rasteretiti zdravstveni sektor uz niže troškove. Niži troškovi mogu se postići smanjenjem potreba pacijenata posjetama liječnicima i pregledima kroz udaljeni digitalizirani nadzor pacijenta i digitalno asistiranje prilikom terapija (primjerice, podsjetnici za uzimanje lijekova, tjelovježbe i slično). Vudathaneni i sur. (2024) u svojoj studiji govore o pozitivnom utjecaju telemedicine i daljinskog praćenja pacijenata na pružanje zdravstvene skrbi, uz znatne uštede troškova i povećanu razinu zadovoljstva. Gabrić (2025) navodi, u pozitivnom smislu - „digitalno praćenje zdravlja u kardiologiji donosi temeljitu promjenu u pristupu dijagnostici, praćenju i liječenju kardiovaskularnih bolesti“. Ezeamii i sur. (2024) u sustavnom pregledu literature i empirijskih studija utvrđuju da je telemedicina transformativni alat u liječenju kroničnih bolesti s mnogim pozitivnim učincima.

Dakle, udaljeni digitalizirani nadzor pacijenta i digitalno praćenje zdravlja su prepoznati kao neophodnost za poboljšanje učinkovitosti zdravstvene skrbi. Štoviše, za pacijente koji se smatraju izliječenima važno je nastaviti pratiti stanje kako bi se kontinuirano procjenjivao njihov status s višefaktorskog gledišta te u ranoj dobi upozorilo na određene rizike. Potrebno je pružiti ciljne i personalizirane putove liječenja koji uključuju rehabilitacijske programe i nutritivnu podršku. Digitalno utemeljeni modeli zdravstvene skrbi, bazirajući se na pametnim uređajima, IoT tehnologiji i aplikacijama, mogu potpomoći ovim ciljevima. Nekoliko radova i istraživanja upravo navodi takve potrebe i trendove, kao naprimjer Chen i sur. (2023) ili Kim i Lee (2017).

Dakle, potrebna su tehnološka rješenja za agregaciju, fuziju i normalizaciju kliničkih podataka, ali i kontekstualnih podataka kao što su način života pojedinog pacijenta i otvoreni podaci s područja na kojem pacijent živi, kako bi se mogli definirati modeli personalizirane zdravstvene skrbi. Potrebno je kroz nova tehnološka rješenja omogućiti da liječnici izrađuju visoko personalizirane i kontekstualizirane planove medicinske skrbi kako bi poboljšali očekivane ishode pacijenata. Upravo su personalizirana zdravstvena skrb i udaljeni nadzor pacijenta ključni za dobre ishode liječenja uz smanjene troškove zdravstvene skrbi.

Personalizirana zdravstvena skrb, prema Čupić i Babić (2024), predstavlja sveobuhvatan pristup njezi pacijenata, uzimajući u obzir individualne karakteristike, uključujući genetske predispozicije, psihološke potrebe, prehrambene navike i čimbenike okoliša.

Čupić i Babić (2024) dalje navode da personalizirane prehrambene preporuke, temeljene na potrebama i genetskim čimbenicima, poboljšavaju opće zdravlje. Čimbenici okoliša, poput kvalitete zraka i stresa, utječu na dobrobit pacijenata, a personalizirana skrb uključuje praćenje i smanjenje tih rizika.

Stoga, kako bi se personalizirana zdravstvena njega ostvarila, potrebne su softverske aplikacije, jer prikupljanje i bilježenje tolike količine podataka i za jednog pacijenta je nemoguć manualni posao. Aplikacija mora ponuditi opcije kojima liječnik može odlučiti koje vrste podataka želi prikupljati, uključujući kako i kada će se podaci prikupljati. Postoje sustavi, kao što je De Capua i sur. (2010), koji se temelje na jednoj vrsti podataka, naprimjer samo na elektrokardiogramu. Međutim, cilj je izgraditi višefaktorske modele podataka i planova skrbi, personalizirane i proaktivne, s digitaliziranim inteligentnim sustavom.

Ovaj rad pruža detaljniji uvid u primjer jedne takve aplikacije za digitalizaciju zdravstvene skrbi, koja se ne temelji samo na jednom izvoru podataka već na nekoliko njih, uz mogućnost definiranja personaliziranih planova skrbi. U poglavlju 2 dat je kratak opis aplikacije, dok poglavlje 3 prikazuje arhitekturu i tijek podataka. Poglavlje 4 navodi jedan primjer primjene i očekivane uštede. Na kraju, poglavlje 5 daje zaključak.

2. Avatr - aplikacija za digitalno utemeljenu personaliziranu zdravstvenu skrb

Avatr je softversko rješenje, dijelom utemeljeno na umjetnoj inteligenciji, koje za cilj ima odgovoriti na navedene zahtjeve personaliziranije i proaktivnije medicine te digitalnih rješenja koja jamče sigurnost, transparentnost i sljedivost.

To softversko rješenje, koje je autor ovog članka razvio s kolegama iz Inavya Ventures Ltd¹⁸, ima za cilj učiniti upravljanje i liječenje kroničnih bolesti učinkovitim i pristupačnim, čineći pacijenta aktivnim i svjesnim akterom, bez gubitka kontakta sa

¹⁸<https://www.innova-eu.net/revolution-through-evolution-the-innovative-journey-of-inavya-ventures-and-al/>

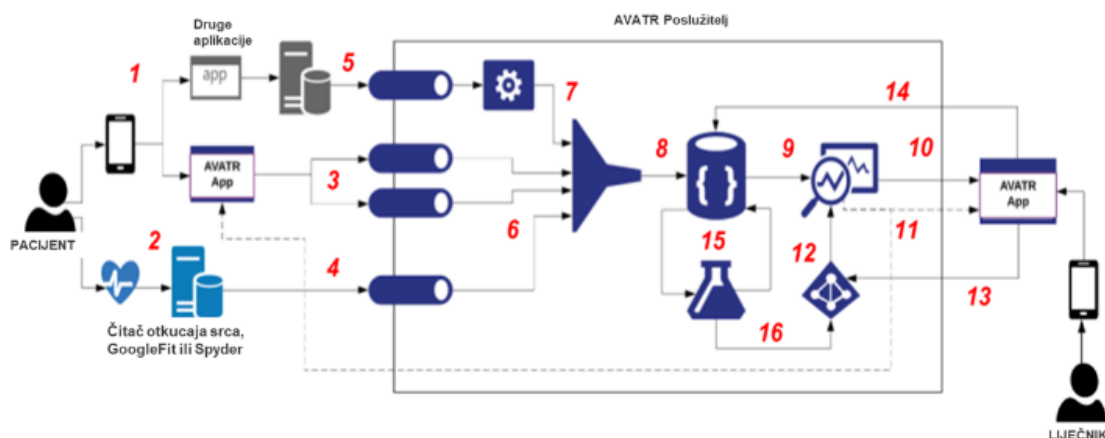
svojim liječnikom, a istovremeno ga ne preopterećujući aktivnostima kada to nije potrebno.

Dakle, rješenje je platforma s web sučeljem (na strani liječnika) i mobilnim sučeljem (na strani pacijenta) koja je sposobna agregirati kliničke i kontekstualne podatke, poput pacijentovog načina života, kako bi stvorila jedinstvene digitalne prikaze koji se ažuriraju tijekom vremena - zahvaljujući kontinuiranom prikupljanju i obradi podataka - i u prostoru, u odnosu na mjesto gdje pacijenti žive i obavljaju svoje aktivnosti. Odabirom dijeljenja ovih digitalnih profila sa svojim liječnicima, pacijenti tada mogu daljinski imati koristi od personaliziranih digitalnih planova skrbi i liječenja koji uključuju podsjetnike i preporuke na temelju specifičnog konteksta i preferencija pacijenta.

U svojoj osnovi, razvijena aplikacija daje mogućnost doktorima da definiraju, kroz korisničko sučelje, višefaktorske modele skrbi (terapije), personalizirane i proaktivne, s inteligentnim sustavom koji je sposoban: (a) prikupljati podatke pacijenata s medicinskih uređaja (ili drugih nosivih uređaja, primjerice pametni sat koji mjere otkucaje srca, tjelesnu aktivnost kroz broj koraka) putem mobilne aplikacije ili automatskim izdvajanjem iz drugih postojećih aplikacija; (b) pretvarati prikupljene podatke u potpune i dinamične profile pacijenata, koje će liječnici koristiti za praćenje stanja pacijenta u cjelini i definiranje vrlo dinamičnih i personaliziranih putova medicinske skrbi; (c) kontinuirano koordinirati personalizirane putove medicinske skrbi koje definira liječnik, posredujući u interakcijama pacijent-sustav-liječnik putem chatbota na mobilnom uređaju pacijent; (d) procijeniti rizične situacije i aktivirati najprikladnije radnje ovisno o težini situacije; (e) ponuditi pacijentima sigurnost, transparentnost i kontrolu nad korištenjem njihovih podataka.

3. Arhitektura i tok podataka aplikacije

Slika 1 prikazuje tok podataka od pacijenta (lijevo) do liječnika (desno) i natrag, kroz aplikaciju. Ljubičasti elementi na slici su glavne softverske komponente koje implementiraju funkcionalnosti, dok bijeli (veliki) okvir predstavlja granice poslužitelja koji ih sadrži.



Slika 1: Arhitektura i tijek podataka aplikacije (Izvor: Autor)

Sljedeća potpoglavlja pružaju dodatne detalje pozivajući se na brojeve prikazane na slici 1.

3.1. Prikupljanje podataka o pacijentima

Pacijent može opskrbljivati sustav pomoću pametnog telefona (1) i nosivog(ih) uređaja (2). Što se tiče nosivih uređaja, predstavljena aplikacija trenutno je povezana s IoT

čitačem otkucaja srca (nazvan Spyder), koji može kontinuirano mjeriti i prenositi podatke o otkucajima srca i elektrokardiogram (EKG), kao i s uređajima kompatibilnima s Google FiT-om (www.google.com/fit/). Međutim, aplikacija je dizajnirana i razvijena da ne ovisi puno o izvoru podataka - stoga se mogu povezati različiti nosivi uređaji.

(3) Na pacijentovom pametnom telefonu instalirana je mobilna aplikacija koja može prikupljati sljedeće podatke od pacijenta:

- *Očitavanje krvnog tlaka, zasićenost kisikom, razinu glukoze u krvi i tjelesnu težinu.* Pretpostavljamo da pacijent ima uređaje za dobivanje takvih očitavanja, a zatim ih može ručno unositi u aplikaciju ili se učitavaju preko aplikacijsko-programskog sučelja. Aplikacija šalje obavijesti i podsjetnike korisniku da dostavi očitavanja prema unaprijed definiranom planu skrbi kojeg je u početku postavio liječnik.
- *Informacije o koracima i trenutnom položaju pacijenta.* Slično očitavanjima vitalnih znakova, broj koraka po određenom vremenskom razdoblju prikuplja se prema određenom rasporedu, a kako bi se utvrdilo koliko se pacijent kretao tijekom jednog dana.
- *Informacije o tjelesnoj aktivnosti, pridržavanju lijekova i mogućim simptomima.* Prema unaprijed definiranom planu skrbi ili ako je potrebno u određenim situacijama (npr. prijavljen neuobičajen broj otkucaja srca), od pacijenta se traži da prijavi tekst (na temelju unaprijed definiranog vokabulara) o tekućoj ili izvršenoj tjelesnoj aktivnosti, svojim trenutnim osjećajima i pridržavanju propisanim lijekovima.
- *Informacije o alergijama, lijekovima i osnovnoj medicinskoj anamnezi.* Aplikacija može zatražiti od pacijenta osnovne medicinske informacije, uključujući alergije, ako ih ima, trenutne lijekove i detalje poput toga je li pacijent pušač ili ne, dijabetičar ili ne, ima li smanjenu pokretljivost ili ne.
- *Osnovni demografski i kontaktni podaci.* Pacijenti mogu navesti svoje osnovne demografske podatke bitne za definiranje personaliziranog medicinskog tretmana. Ovi podaci pohranjuju se na glavnom poslužitelju.

Nakon prikupljanja, mobitel šalje korisničke podatke na poslužitelj u zasebne kanale. Svaka vrsta podataka ima zaseban podatkovni kanal.

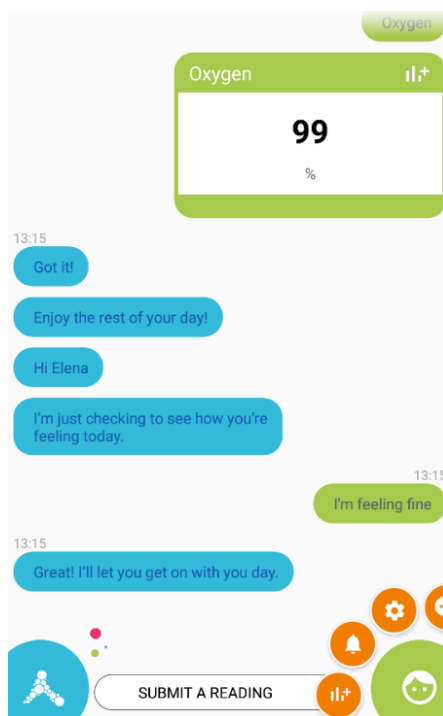
(4) Kao što je gore navedeno, Spyder uređaj je jedan od IoT senzora koji može registrirati podatke o EKG-u i otkucajima srca te ih slati na glavni poslužitelj aplikacije.

(5) Podaci opisani u točkama (3) i (4) glavni su podaci i izvori podataka kojima aplikacija trenutno upravlja. Međutim, predstavljena aplikacija bi mogla prikupljati relevantne podatke iz drugih izvora podataka, kao što su druge aplikacije instalirane na korisnikovom pametnom telefonu i otvoreni podaci dostupni na Webu. Posebno, u vezi s drugim aplikacijama na korisnikovom pametnom telefonu, društvene mreže i aplikacije za slobodno vrijeme (npr. Foursquare, Tripadvisor itd.) mogu se koristiti za prikupljanje uvida o osobnosti i afinitetima pacijenta.

3.2. Podatkovni kanali

Kao što je gore navedeno, svi ulazi koji se šalju na glavni poslužitelj organizirani su u zasebne podatkovne kanale. Ovaj pristup podržava sinkronizaciju i usklađivanje između različitih izvora podataka, budući da se podaci šalju različitim brzinama iz izvora podataka. Na primjer, EKG podaci šalju se svake minute, dok se tjelesna težina može slati tjedno ili mjesečno. Stoga se dolazni podaci pohranjuju u podatkovne kanale dok ih ne obrade sljedeće faze.

Osim toga, ako je potrebno, ovaj pristup omogućuje pred-obradu dolaznih podataka specifičnu za podatkovne točke. Trenutno, (6) podaci koji dolaze iz mobilne aplikacije i IoT sustava izravno koriste faze analize i obrade podatka na glavnom poslužitelju. Međutim, (7) podaci koji dolaze iz drugih aplikacija (npr. društvenih mreža) mogu se također preuzeti i obraditi kako bi se dobili uvidi u osobnost i afinitet pacijenta. Na slici 2 prikazano je korisničko sučelje mobilne aplikacije preko kojeg pacijenti šalju podatke odnosno očitavanja poslužitelju i koja omogućuje ostale interakcije bilo izravno s liječnikom ili s modulom na strani poslužitelja koji prikuplja podatke.



Slika 2: Izgled aplikacije pacijenta (Izvor: Autor)

3.3. Korisnički profil

(8) Podaci prikupljeni u podatkovnim kanalima organiziraju se i indeksiraju prema referentnom prikazu korisnika, slijedeći originalni koncept portreta pacijenta. Portret pacijenta je zapravo korisnički profil kojeg čini skup mnogih korisničkih opisa u različitim kontekstima i situacijama. Portret se može usredotočiti na afinitete pacijenta, osobnosti ili snimke relevantnih očitavanja i stanja povezanih sa zdravljem, uključujući i posljednje poznato stanje. Za definiranje koncepta i veza koje se koriste u takvom portretu koristi se ontologija razvijena u OWL (Web Ontology Language) jeziku, koji je standardizirani jezik za opisivanje podatkovnih modela i samih podataka, a koji omogućuje računalima razumijevanje i povezivanje podataka.

Prilikom prikupljanja podataka kroz podatkovne kanale, aplikacija ima modul koji može stvarati snimke stanja pacijenta u nekom trenutku, tkz. shapshot. Stvaranje snimke stanja može biti pokrenuto temeljem nekoliko događaja: (a) Izričit zahtjev liječnika radi provjere trenutne situacije pacijenta; (b) Detekcija relevantnog događaja na podatkovnim kanalima kao naprimjer unos očitavanja koje prelazi ili je ispod praga definiranog u Planu skrbi kojeg je definirao liječnik. Primjer za ovo može biti unos očitavanja saturacije kisikom nižim od normalnog ili detekcija povišenog ritma srca; (c) Planirani, redoviti pregled koji definira liječnik.

(9) Dobivene snimke mogu se klasificirati odnosno označiti prema specifičnim situacijama koje mogu predstavljati status pacijenta. Situacije se definiraju na temelju pravila, protokola i klasa (12) koje su pohranjene u bazi znanja glavnog poslužitelja. Trenutno kategorizacija uključuje tri klase prioriteta o težini situacije, na temelju praga vitalnih znakova korisnika – zelena, žuta i crvena. Pragove specifične za pacijente definira liječnik unutar Plana skrbi. Prema rezultirajućem prioritetu, sustav (11) može pokrenuti upozorenje ili zahtjev za dodatnim podacima, slanjem odgovarajuće obavijesti liječniku (visoki prioritet - crveno upozorenje) ili pacijentu (nizak prioritet - zeleno upozorenje) ili jednostavnim označavanjem određenog snimka u bazi podataka žutom oznakom (srednji prioritet - žuto upozorenje).

Potonja situacija ne generira nikakvu obavijest, ali nakon što liječnik pristupi nadzornoj ploči kako bi pregledao podatke o pacijentu, takva će situacija biti istaknuta na vremenskoj crti. Na taj će se način odmah fokusirati na takvu situaciju te je označiti ili kao nerelevantnu ili će uputiti stroj da nastavi pratiti slične situacije u budućnosti.

3.4. Interakcija s liječnikom

(10) Web aplikacija liječnika (nadzorna ploča) pristupa glavnom poslužitelju kako bi dobila informacije o određenom pacijentu. Nadzorna ploča izvještava o posljednjem očitavanju svih vitalnih znakova pacijenta i generira povijesni graf za različite vitalne znakove, ističući zabilježene kritične točke koje se kategoriziraju prema stupnju ozbiljnosti – zelena, žuta i crvena. Liječnik može pregledati povijesni graf fokusirajući se na istaknute snimke kritičnih točki ili bilo koje druge trenutke na vremenskoj crti. Kao dio pregleda, liječnik može pružiti dodatno znanje i mišljenje o odabranim trenucima na vremenskoj crti. Povratne informacije liječnika šalju se glavnom poslužitelju (14) radi označavanja pregledane snimke kritične točke ili stvaranja nove točke s oznakama liječnika.

(13) S nadzorne ploče, postavljanjem Plana skrbi za pacijenta, liječnik definira protokole i pravila koja će se pohraniti u bazu znanja glavnog poslužitelja kako bi:

- Slali obavijesti i podsjetnike za prikupljanje podataka i obavljanje aktivnosti (npr. uzimanje tablete, obavljanje tjelesne aktivnosti itd.)
- Podržali kategorizaciju i klasifikaciju ulaznih podataka (12).

Plan skrbi za pacijenta uključuje pet glavnih elemenata: dijagnoze i lijekovi, očitavanja podataka iz podatkovnih kanala, prehrana, tjelovježba i zakazivanje termina. Na slici 3 prikazan je dio korisničkog sučelja aplikacije liječnika. Prikazano je navedenih pet elemenata personaliziranog plana skrbi (lijevo), prikaz nadzorne ploče s očitanjima bitnih parametara (desno), te protokol krvnog za očitavanje krvnog tlaka s definiranim pragovima za crveno i žuto alarmiranje. Žuti alarm je za sve vrijednosti između zelenog i crvenog stanja.



Slika 3: Dio korisničkog sučelja aplikacije liječnika (Izvor: Autor)

3.5. Analiza podataka i strojno učenje

(15) Glavni poslužitelj integrira modul analize podataka i dijelom strojnog učenja koji integrira snimke ključnih točki pacijenata zajedno s povratnim informacijama pacijenata i liječnika za izvođenje novih modela i pravila koja se mogu koristiti za označavanje i klasifikaciju novih dolaznih podataka. U tu svrhu aplikacija radi relevantnu analizu sljedećih podataka koje je registrirala:

- Prikupljanje snimaka za određenog korisnika, kao kombinacija više podatkovnih točaka koje pokrivaju i zdravlje i način života.
- Označavanje snimaka prema specifičnim pravilima koje definira liječnik, takozvano tagiranje ili klasificiranje podataka.
- Označavanje snimaka (posebno situacija žutog upozorenja, u relevantne ili nerelevantne situacije) prema daljnjim pregledima liječnika putem nadzorne ploče.
- Pridržavanje protokola Plana skrbi od strane pacijenta (npr. je li pacijent uzeo tabletu kako je planirao liječnik?)

(16) Uvidi koji proizlaze iz analize podataka mogu se formalizirati u smislu novih ili revidiranih pravila i protokola, te dodati u bazu znanja platforme.

Prikupljeni i označeni podaci dalje mogu služiti za predviđanje trendova i identificiranje potencijalno rizičnih situacija kod pacijenta sličnog profilu pacijentima kod kojih su rizične situacije već nastupile. Dakle, moguće je uključiti modele strojnog učenja koji daju moguće dijagnoze na temelju povezanosti simptoma i dijagnoze.

3.6. Sigurnost sustava

Aplikacija koristi Spring Framework (<https://spring.io/>) kao osnovnu tehnologiju implementacije i Spring Security za mehanizme autentifikacije i autorizacije. Dozvola za autentifikaciju dodjeljuje se korisnicima s korisničkim imenom i zaporkom koji se podudaraju s zapisom korisnika na strani poslužitelja. Izradu novog korisničkog računa

aplikacije koje koriste liječnici kontroliraju administratori sustava, a novi računi mogu se kreirati tek nakon što administratori sustava provjere podatke o računu. Izradu računa za pametnu aplikaciju na mobitelu pacijenata kontroliraju liječnici. Autorizacija se temelji na kontroli temeljenoj na ulogama tkz. RBAC (eng. *role-based access control*), proširenoj kontrolom pristupa temeljenoj na atributima ABAC (eng. *attribute-based access control*). Korištenjem RBAC i ABAC implementacije vrlo detaljno se mogu definirati politike kontrole pristupa i dozvole za korisnike, a što je iz aspekta sigurnosti bitno za digitalizirane sustave u zdravstvu, uz enkripciju podataka tijekom njihovog prijenosa i skladištenja.

4. Primjena

Prikazana aplikacija ima mogućnosti primjene u raznim kontekstima digitaliziranih medicinskih tretmana. Kao primjer navest ćemo primjenu aplikacije za studiju praćenja zdravstvene skrbi pacijenata s nekontroliranom hipertenzijom, koju su Bortolotto i suradnici (2021), a među njima i autor ovog rada, proveli u jednom od vodećih centara za kardiovaskularnu medicinu, kirurgiju i istraživanja u Latinskoj Americi. U toj studiji navodi se da je najvažniji uzrok nekontroliranog krvnog tlaka zapravo loše pridržavanje zdravom načinu života i uzimanju lijekova. Tehnologija predstavljena u ovom radu izravno je pružila alate za bolje praćenje pacijenta i poboljšanje pridržavanja liječenja edukativnim i motivacijskim pitanjima, navode Bortolotto i sur. (2021). Glavni zaključci nakon te studije su: (a) korištenje novih tehnologija, kao što je predstavljena aplikacija, može se uvesti u kliničku praksu kako bi se poboljšala kontrola krvnog tlaka i pridržavanje lijekovima i zdravom načinu života, pružajući snažnu digitalnu interakciju između pacijenata i zdravstvenog tima; (b) pristup bi mogao biti izuzetno koristan za pacijente s nedovoljno pristupačnom zdravstvenom skrbi ili tijekom pandemijskih uvjeta.

Što se tiče očekivanih smanjenja troškova u zdravstvu, citirat ćemo rezultate rada „*The Impact of Telemedicine and Remote Patient Monitoring on Healthcare Delivery: A Comprehensive Evaluation*“, gdje Vudathaneni i sur. (2024) navode da su prosječni direktni troškovi povezani sa zdravstvenom skrbi (bolničke posjete, ambulantne usluge) smanjeni za oko 50% nakon uvođenja telemedicine i udaljenog nadzora. Dalje navode da su određeni indirektni troškovi, kao što su gubitak produktivnosti, putni troškovi i odsustvo s posla, također smanjeni za oko 50%. Nadalje, uočeno je smanjenje učestalosti korištenja zdravstvenih usluga — prosječni broj posjeta, pregleda i drugih kontakata sa zdravstvenim sustavom pao je s 2,5 na 1,5 mjesečno, što dodatno doprinosi nižim troškovima sustava i pacijenata. Slične uštede očekivane su i od primjene softverskog rješenja opisanog u ovom radu.

5. Zaključak

U ovom radu naglašeno je da digitalizacija zdravstvene skrbi predstavlja jedan od ključnih odgovora na izazove današnjeg zdravstvenog sustava, obilježenog ubrzanim načinom života, porastom kroničnih bolesti i rastućim troškovima. Digitalno utemeljeni modeli zdravstvene skrbi, uz aplikacije za pružanje personalizirane medicinske skrbi, prepoznaju se kao učinkoviti alati za unaprjeđenje kvalitete i održivosti zdravstvenih usluga.

Ovaj stručni rad prikazuje primjer takve aplikacije koja je razvijena najprije za pacijente s kardiovaskularnim problemima, kod kojih je nužno dugoročno pridržavanje terapiji i kontinuirano praćenje zdravstvenog stanja, ali uz razne mogućnosti primjene i kod drugih pacijenata.

Doprinos ovog rada je stručni, odnosno prikaz primjera iz prakse kroz opis arhitekture i implementacije aplikacije za digitalizaciju personalizirane medicinske skrbi. Europska komisija i OECD (2025) navode nužnost postojanja takvih digitalnih rješenja navodeći daljnje potrebe razvoja, istraživanja i primjene novih rješenja u tom području.

Za kraj, dodatni potencijal daljnjeg razvoja prikazane aplikacije i sličnih sustava leži u integraciji velikih jezičnih modela (Large Language Models – LLM). Primjena LLM-ova može omogućiti dodatnu personalizaciju komunikacije s pacijentima, automatsko generiranje zdravstvenih uputa, inteligentne virtualne asistente za podršku pacijentima u pridržavanju terapije te kontinuiranu personaliziranu edukaciju pacijenata prilagođenu individualnim potrebama i zdravstvenom stanju. Time se očekivano može smanjiti opterećenje zdravstvenih djelatnika i povećati učinkovitost digitalnih modela skrbi. Međutim, tu se otvaraju pitanja sigurnosti, privatnosti i kliničke validacije generiranih preporuka.

6. Literatura

Europska komisija. (2026.). Digitalno zdravstvo i skrb. https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/digital-health-and-care_hr

OECD. (2025). The state of cardiovascular health in the European Union: Leveraging digital technology and health data for cardiovascular health. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/ea7a15f4-en>

Chen, C., Ding, S., i Wang, J. (2023). Digital health for aging populations. *Nature medicine*, 29(7), 1623-1630.

Vudathaneni, V. K. P., Lanke, R. B., Mudaliyar, M. C., Movva, K. V., Mounika Kalluri, L., i Boyapati, R. (2024). The Impact of Telemedicine and Remote Patient Monitoring on Healthcare Delivery: A Comprehensive Evaluation. *Cureus*, 16(3).

Ezeamii, V. C., Okobi, O. E., Wambai-Sani, H., Perera, G. S., Zaynieva, S., Okonkwo, C. C., ... & Obiefuna, N. G. (2024). Revolutionizing healthcare: how telemedicine is improving patient outcomes and expanding access to care. *Cureus*, 16(7).

Gabrić, I. D. (2025). Digitalno praćenje zdravlja u kardiologiji. *Medicus*, 34(1.), 125-130.

Kim, B. Y., i Lee, J. (2017). Smart devices for older adults managing chronic disease: a scoping review. *JMIR mHealth and uHealth*, 5(5), e7141.

Čupić, M., i Babić, D. (2024). Personalizirana zdravstvena njega kao pokazatelj rezilijencije pacijenta. *Zdravstveni glasnik*, 10(1), 136-152.

De Capua, C., Meduri, A., i Morello, R. (2010). A smart ECG measurement system based on web-service-oriented architecture for telemedicine applications. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 59(10), 2530-2538.

Bortolotto, L.; Sanchez, R.; Rodrigues, D.; Rodrigues, S.; Duenas, A.; Pereira, J.; Monteiro, R.;...; Vujasinovic, Marko; Ferreira, N.; Manucci, A.; Rabello, G. (2021). An integrative multidisciplinary app device for healthcare monitoring of patients with uncontrolled hypertension. *Journal of Hypertension*, 39, 218-219.

SMART APPLICATION SYSTEM FOR PERSONALIZED MEDICAL CARE AND COST OPTIMIZATION

Abstract: This paper presents a digital application called AVATR, as an example of an advanced solution for providing personalized medical care, through digitized patient monitoring using a mobile application, a wearable device (smartwatch), and automation of defining and implementing care plans. Continuous analysis of multifactor patient data helps medical professionals adapt care to the unique needs, circumstances, and preferences of each patient. The simplicity of the dialogue-oriented user interface and compatibility with different devices make advanced healthcare more accessible. Such digitization and automation reduce healthcare costs. With the advent of generative artificial intelligence technologies, additional possibilities for integrating generative LLM chatbots into the overall system appear, providing new possibilities for automating and personalizing medical care.

Keywords: digital patient monitoring, IoT, personalized medical care