

Umjetna inteligencija kao virtualni zdravstveni asistent: implementacija i potencijal u zdravstvu

Valentina Ješić^{1,2}

¹Fakulteta za zdravstvene vede Univerze v Novem mestu, Novo mesto, Slovenija

²Klinički bolnički centar Sestre milosrdnice, Zagreb, Hrvatska

E-pošta: valentina.matic@yahoo.com; orcid.org/0000-0001-7947-5233

<https://doi.org/10.69827/bhdmi-34322>

Sažetak: Virtualni zdravstveni asistenti (VZA) temeljeni na umjetnoj inteligenciji (UI) donose značajne promjene u pružanju personalizirane zdravstvene skrbi. Integracijom s nosivim uređajima i mobilnim aplikacijama, omogućuju kontinuirano praćenje zdravstvenog stanja pacijenata u stvarnom vremenu. Koristeći napredne algoritme strojnog učenja i obrade prirodnog jezika, VZA pružaju prilagođene preporuke za upravljanje kroničnim bolestima, prevenciju bolesti i optimizaciju zdravstvenih ishoda. Ovi sustavi ne samo da prepoznaju rane znakove zdravstvenih problema, već i smanjuju potrebu za nepotrebnim posjetima liječnicima, čime povećavaju učinkovitost zdravstvene skrbi. Unatoč tehnološkim prednostima, izazovi poput zaštite podataka, sigurnosti sustava i etičkih pitanja ostaju ključni za njihovu širu primjenu. Ovaj rad istražuje potencijal implementacije VZA, analizirajući tehničke izazove, pravne aspekte i primjere njihove uporabe u Hrvatskoj i svijetu. Kroz sinergiju tehnologije i ljudske stručnosti, VZA imaju potencijal transformirati zdravstveni sustav i poboljšati kvalitetu života pacijenata.

Ključne riječi: umjetna inteligencija; virtualni zdravstveni asistenti; personalizirana zdravstvena skrb; kronične bolesti; tehnologija u zdravstvu.

Uvod

Digitalizacija zdravstva tijekom posljednjih desetljeća omogućila je razvoj inovativnih rješenja koja transformiraju tradicionalne modele skrbi i interakcije između pacijenata i zdravstvenih stručnjaka. Jedan od najznačajnijih napredaka u ovom području je primjena umjetne inteligencije (UI) u obliku virtualnih zdravstvenih asistenata (VZA), koji imaju potencijal preoblikovati način pružanja zdravstvene skrbi (1). Takvi asistenti koriste sofisticirane algoritme UI, uključujući strojno učenje i obradu prirodnog jezika, za analizu podataka prikupljenih iz nosivih uređaja i aplikacija koje pacijenti svakodnevno koriste (2). Navedena tehnologija omogućuje dinamično i personalizirano praćenje zdravstvenog stanja, pružajući povratne informacije u stvarnom vremenu o vitalnim parametrima poput pulsa, krvnog tlaka i razine šećera u krvi (3).

Telemedicina se temelji na dva glavna tipa programa koja omogućuju različite načine komunikacije i razmjene informacija između pacijenata i zdravstvenih radnika. Prvi tip su sinkroni (engl. *synchronous*) programi, koji omogućuju interakciju u stvarnom vremenu (4). Ova vrsta telemedicine koristi tehnologije poput virtualnih sastanaka na uređajima kao što su pametni telefoni, tableti ili računala, omogućujući neposrednu komunikaciju između pacijenta i zdravstvenog radnika.

Drugi tip su asinkroni (engl. *asynchronous*) programi, poznati i kao aplikacije "store and forward". Kod ove vrste telemedicine pacijenti šalju slike, videozapise ili druge kliničke informacije koje zdravstveni radnici pregledavaju kasnije, izvan realnog vremena. Takvi programi često koriste medicinske uređaje za prikupljanje i praćenje zdravstvenih podataka, kao što su krvni tlak ili razina šećera u krvi, što omogućuje detaljnu analizu i pružanje savjeta na temelju prikupljenih informacija (5).

Uloga VZA-a nadilazi jednostavno praćenje vitalnih znakova – oni mogu analizirati obrasce ponašanja i životnih navika, prepoznati rizike te pružiti preporuke za preventivne mjere (6). Osim toga, asistenti mogu savjetovati pacijente kada i kako se obratiti liječniku, čime se smanjuje opterećenje zdravstvenih ustanova i unapređuje pacijentova samostalna skrb (7). Korištenje spomenutih tehnologija također potiče kontinuirani nadzor kroničnih bolesti poput dijabetesa, hipertenzije i srčanih bolesti, što doprinosi poboljšanju kvalitete života pacijenata i smanjenju troškova zdravstvene skrbi.

Jedan od značajnih primjera primjene umjetne inteligencije u zdravstvu u Hrvatskoj je digitalna asistentica Megi, predstavljena 2020. godine. Razvijena od strane hrvatskog startupa *Mindsmiths*, Megi je emocionalno inteligentna digitalna asistentica koja pomaže pacijentima u upravljanju kroničnim bolestima poput hipertenzije (8). Tijekom godine dana testiranja, više od sedamdeset pacijenata koristilo je Megi za praćenje svog zdravstvenog stanja, što je rezultiralo poboljšanom kontrolom bolesti i smanjenjem opterećenja zdravstvenih radnika.

Integracija umjetne inteligencije u zdravstvene sustave donosi brojne prednosti, ali i izazove. Ključni izazovi uključuju osiguranje kvalitete podataka, etička razmatranja te prilagodbu postojećih tijekova rada u zdravstvenim ustanovama (9). Unatoč tome, sinergija između ljudske i umjetne inteligencije nudi viziju zdravstvene skrbi koja je preciznija, personaliziranija, proaktivnija i suosjećajnija.

Cilj ovog rada je istražiti potencijale implementacije virtualnih zdravstvenih asistenata temeljenih na umjetnoj inteligenciji u zdravstvenu skrb. Fokus je na njihovim funkcionalnostima, utjecaju na personalizaciju skrbi, izazovima i mogućnostima primjene u upravljanju kroničnim

bolestima, kao i na etičkim i pravnim aspektima njihove integracije u zdravstvene sustave. Rad također analizira primjere uspješne implementacije virtualnih zdravstvenih asistenata u svijetu, uključujući i Hrvatsku, kako bi se dobio uvid u njihovu učinkovitost i primjenjivost.

Metodologija

Analiza se temelji na kvalitativnom istraživačkom pristupu s pregledom relevantne literature kako bi se procijenila implementacija i potencijal virtualnih zdravstvenih asistenata (VZA) temeljenih na umjetnoj inteligenciji (UI) u zdravstvu. Podaci su prikupljeni pretraživanjem relevantnih baza podataka (*PubMed*, *ScienceDirect*, *Scopus*, *Google Scholar*) korištenjem ključnih pojmova poput „*AI virtual health assistants*“, „*personalized healthcare*“, „*data security*“, „*chronic disease management*“ i „*healthcare technology*“. Uključeni su radovi objavljeni od 2019. do 2024. godine kako bi se obuhvatio pregled suvremenih inovacija i razvoja u području.

Sveukupno je u analizu uključeno 31 znanstvenih radova, od kojih je:

Sveukupno je u analizu uključeno 28 znanstvenih radova, od kojih je:

- 9 radova fokusirano na funkcionalnosti i primjenu VZA u upravljanju kroničnim bolestima,
- 6 radova obrađivalo tehničke izazove implementacije i sigurnosti podataka,
- 5 radova istraživalo pravne aspekte i usklađenost s regulativama,
- 7 radova analiziralo etičke implikacije poput transparentnosti i pristranosti algoritama,
- 4 rada fokusirano na primjere uspješnih implementacija VZA u različitim zemljama.

Kriteriji uključivanja obuhvaćali su radove koji su specifično fokusirani na primjenu umjetne inteligencije u virtualnim zdravstvenim asistentima i zdravstvenoj skrbi. Isključeni su radovi izvan domene zdravstva ili oni bez empirijskih podataka o učinkovitosti VZA. Identificirani radovi pregledani su radi ekstrakcije ključnih informacija o prednostima, izazovima, tehničkim rješenjima i regulatornim zahtjevima. Podaci su kategorizirani u tematske skupine kako bi se sintetizirala saznanja o potencijalu VZA u unaprjeđenju zdravstvenih sustava.

Transparentnost je osigurana preciznim citiranjem izvora u skladu s akademskim standardima, a sintetizirani podaci omogućili su detaljan uvid u tehničke, pravne, etičke i praktične aspekte primjene VZA u zdravstvu.

Rasprava

Implementacija i funkcionalnosti UI virtualnih zdravstvenih asistenata

Virtualni asistenti koriste strojno učenje za analizu podataka u stvarnom vremenu i prilagodbu preporuka pacijentima, omogućujući personalizirane i informirane odluke o zdravstvenom stanju (10). Nosivi uređaji, poput pametnih satova, senzora za praćenje otkucaja srca i uređaja za mjerenje šećera u krvi, integriraju se s aplikacijama kako bi kontinuirano prikupljali podatke (11). Ti podaci služe kao osnova za VZA, koji ih interpretiraju i koriste za pružanje preciznih, individualno prilagođenih

preporuka. Osim toga, VZA može pratiti promjene u fizičkoj aktivnosti, kvaliteti sna i prehranbenim navikama te na temelju tih informacija sugerirati prilagodbe.

Jedna od ključnih prednosti UI asistenata je njihova sposobnost praćenja kroničnih bolesti. Na primjer, kod pacijenata s dijabetesom, UI može analizirati razine šećera u krvi u stvarnom vremenu, pratiti unos hrane i fizičku aktivnost te automatski prilagoditi preporuke za inzulin ili prehranu (12,13). Slično tome, kod pacijenata s hipertenzijom, UI može prilagoditi terapiju na temelju promjena u krvnom tlaku, reduciranjem rizika od hipertenzivnih kriza (14).

VZA također pomažu pacijentima da prepoznaju rane znakove pogoršanja bolesti ili komplikacija. Sustav može upozoriti pacijenta kada se vitalni znakovi promijene izvan normalnih granica, signalizirajući potrebu za medicinskom intervencijom. To smanjuje broj posjeta liječniku, smanjuje rizik od komplikacija i omogućuje brže reagiranje u hitnim situacijama.

Tehnički izazovi i mogućnosti

Implementacija UI virtualnih zdravstvenih asistenata suočava se s nizom tehničkih izazova, koji proizlaze iz kompleksnosti sustava, zahtjeva za preciznošću i sigurnosti podataka. Jedan od glavnih izazova jest osiguranje pouzdanosti i točnosti prikupljenih podataka. Nosivi uređaji, koji često služe kao glavni izvori informacija za VZA, mogu biti podložni tehničkim pogreškama, kvarovima hardvera ili softverskim greškama (15). Takvi problemi mogu dovesti do netočnih mjerenja, što može utjecati na kvalitetu preporuka koje VZA pruža korisnicima. Dodatno, kalibracija i održavanje nosivih uređaja zahtijevaju kontinuirane tehničke intervencije kako bi se osigurala njihova funkcionalnost.

Drugi izazov uključuje analizu velikih količina podataka koje generiraju nosivi uređaji i mobilne aplikacije. Obrada podataka u stvarnom vremenu zahtijeva naprednu infrastrukturu temeljenu na umjetnoj inteligenciji te algoritme sposobne za brzo i točno donošenje odluka (16). Skalabilnost takvih sustava predstavlja dodatni izazov, jer povećanje broja korisnika povećava obim podataka koji se moraju procesirati. Ovaj izazov može se rješavati kroz implementaciju *cloud*-tehnologija i distribuiranih sustava za pohranu i obradu podataka.

Sigurnost podataka je još jedno ključno pitanje. Zdravstveni podaci su izuzetno osjetljivi i podliježu strogoj regulativi kako bi se zaštitila privatnost korisnika. Implementacija sigurnosnih protokola, enkripcije i sustava za kontrolu pristupa nužna je kako bi se spriječile zlopotrebe i neovlašteni pristup (17). Dodatno, svaki sustav mora biti usklađen s lokalnim i međunarodnim zakonima, kao što su Opća uredba o zaštiti podataka (GDPR) u Europi ili *Health Insurance Portability and Accountability Act* (HIPAA) u Sjedinjenim Američkim Državama (18).

Komunikacija između VZA-a i korisnika također zahtijeva visoku razinu sofisticiranosti. Tehnologija obrade prirodnog jezika (NLP) igra ključnu ulogu u osiguravanju jednostavne, razumljive i točne interakcije. Izazovi u NLP-u uključuju prilagodbu jezika specifičnim kulturnim kontekstima, regionalnim dijalektima i medicinskoj terminologiji. Poboljšanje algoritama NLP ključno je za osiguranje uspješne komunikacije i povećanje povjerenja korisnika u sustav.

Unatoč ovim izazovima, UI virtualni zdravstveni asistenti nude značajne mogućnosti. Oni mogu povećati dostupnost zdravstvenih usluga, posebno u udaljenim i ruralnim područjima gdje je pristup medicinskim stručnjacima ograničen (19). Personalizacija skrbi jedna je od najvećih prednosti ovih sustava, jer omogućuje prilagodbu preporuka individualnim potrebama korisnika. Također, VZA može pridonijeti smanjenju troškova zdravstvene skrbi automatizacijom rutinskih procesa (20), što

omogućuje zdravstvenim radnicima da se fokusiraju na složenije zadatke. Uz kontinuirani napredak tehnologije, očekuje se da će VZA postati neizostavan dio modernog zdravstvenog sustava.

Primjeri primjene UI virtualnih asistenata u svijetu

U svijetu postoji nekoliko primjera uspješne primjene umjetne inteligencije u zdravstvu putem virtualnih asistenata. *Babylon Health* iz Ujedinjenog Kraljevstva je jedan od najpoznatijih sustava UI koji koristi chatbotove za prikupljanje podataka o simptomima pacijenata i pružanje medicinskih preporuka (21). Slično, njemačka platforma *Ada Health* koristi strojno učenje za analizu simptoma i izradu personaliziranih savjeta, omogućujući korisnicima da dobiju uvid u moguće dijagnoze na temelju unesenih podataka (22). U SAD-u, *Buoy Health* pruža slične usluge, koristeći algoritme koji analiziraju simptome i predlažu daljnje korake, kao što je kontaktiranje liječnika ili provođenje određenih testova (23).

Kina također ima svoje rješenje – *Xiaoyi*, UI asistent koji je razvila tvrtka Baidu. *Xiaoyi* je toliko napredan da je položio kineski nacionalni ispit za medicinske djelatnike, čime je dokazao svoju sposobnost da pruži precizne medicinske preporuke (24). Primjerice, jedna studija je koristila model UI *Xiaoyi* za preporučivanje testova prije posjeta pedijatrijskim ambulantom. Evaluacija modela *Xiaoyi*, koja je uključivala mjerenje osjetljivosti, specifičnosti i F1-rezultata, pokazala je da je 89,6% preporuka bilo kvalificirano, s prosječnim F1-rezultatom od 0,94. Od ukupnog broja pacijenata, 58,4% je prihvatilo preporuke, dok je 41,6% odbilo, najčešće zbog vremenske zahtjevnosti i poteškoća u uzorkovanju testova (25). Norveška platforma *Your.MD* koristi slične tehnologije kako bi pomogla korisnicima da razumiju svoje simptome i daju im smjernice za daljnje postupke (26).

Ovi primjeri iz Ujedinjenog Kraljevstva, Njemačke, SAD-a, Kine i Norveške pokazuju globalni trend korištenja umjetne inteligencije za unapređenje dostupnosti i kvalitete zdravstvenih usluga.

Etika i pravni aspekti

Primjena tehnologije UI u zdravstvu donosi brojne etičke i pravne izazove, što zahtijeva pažljivu analizu i prilagodbu regulatornih okvira. Jedan od ključnih aspekata jest osiguranje privatnosti pacijenata, budući da sustavi umjetne inteligencije prikupljaju, obrađuju i pohranjuju velike količine osjetljivih zdravstvenih podataka (27). Zloupotreba ovih podataka može dovesti do ozbiljnih posljedica, uključujući narušavanje povjerenja pacijenata i pravne sankcije za zdravstvene ustanove. Regulacije poput GDPR-a i HIPAA-a usmjerene su na zaštitu podataka, no njihova implementacija u sustave UI još uvijek predstavlja izazov zbog složenosti tehnologije i različitih zakonodavnih okvira (28).

Sigurnost sustava još je jedan važan aspekt. Potrebno je osigurati da su sustavi otporni na kibernetičke napade, jer bi neovlašteni pristup osjetljivim podacima mogao imati katastrofalne posljedice. Upotreba naprednih sigurnosnih protokola, kao što su enkripcija podataka i autentifikacija korisnika, ključna je za sprječavanje potencijalnih sigurnosnih prijetnji (29). Dodatno, sustavi bi trebali imati ugrađene mehanizme za prepoznavanje i ublažavanje potencijalnih grešaka u radu algoritama UI kako bi se smanjio rizik od pogrešnih odluka.

Etička pitanja također uključuju transparentnost i odgovornost. Pacijenti i zdravstveni radnici trebali bi imati jasno razumijevanje načina na koji sustavi UI donose odluke te tko snosi odgovornost u slučaju pogrešaka. Razvoj "objašnjive umjetne inteligencije" (engl. *Explainable AI*), koja pruža uvid u procese donošenja odluka ključan je korak prema povećanju povjerenja korisnika (30). Uz to,

trebaju se definirati jasni protokoli za podjelu odgovornosti između ljudskih zdravstvenih radnika i sustava UI.

Još jedno važno pitanje jest pristranost algoritama. Ako su podaci korišteni za obuku sustava UI pristrani, to može dovesti do nepoštenih ili diskriminatornih odluka (31). Stoga je nužno osigurati da su podaci raznoliki i reprezentativni za sve populacije. Osim toga, redovito praćenje i evaluacija performansi sustava UI trebali bi biti sastavni dio njihove implementacije kako bi se osiguralo njihovo usklađivanje s etičkim standardima.

Unatoč izazovima, integracija tehnologije UI u zdravstvene sustave nudi značajne mogućnosti za poboljšanje kvalitete skrbi. UI može ubrzati dijagnostičke procese, povećati dostupnost usluga i smanjiti troškove zdravstvene skrbi. Kroz pažljivo planiranje, implementaciju i kontinuirano praćenje, etički i pravni izazovi mogu se prevladati, omogućujući sigurno i učinkovito korištenje sustava UI u zdravstvu.

Izazovi i prepreke

Izazovi i prepreke povezani s implementacijom *blockchain* tehnologije u zdravstvene sustave značajan su faktor koji utječe na tempo i opseg njene primjene. Iako *blockchain* nudi inovativna rješenja za mnoge probleme, određeni tehnički, ekonomski i regulatorni čimbenici predstavljaju nezanemarive izazove.

Jedan od glavnih izazova *blockchain* tehnologije u zdravstvu je skalabilnost. Trenutni *blockchain* sustavi često imaju ograničenu sposobnost obrade velikih količina podataka (23), što postaje problem u zdravstvu, gdje se svakodnevno generiraju ogromne količine informacija. Elektronički zdravstveni zapisi obuhvaćaju sve relevantne podatke o pacijentu, što zahtijeva sustav koji može brzo obraditi i pohraniti ove informacije. Međutim, decentralizirana priroda *blockchaina* podrazumijeva da svaki zapis mora biti repliciran na svakom čvoru mreže, što može usporiti sustav i povećati troškove (24). Unapređenje skalabilnosti *blockchaina* kroz tehnološke inovacije, poput pohrana izvan glavnog *blockchain* lanca (engl. *off-chain*) i fragmentacije podataka, ključno je za njegovu širu implementaciju u zdravstvu (25).

Privatnost podataka predstavlja još jedan značajan izazov. Unatoč sofisticiranim metodama enkripcije koje *blockchain* koristi, postoji inherentni rizik od kompromitacije osjetljivih zdravstvenih informacija. Šifriranje osigurava određenu razinu zaštite, no jednom kada se podatci unesu u *blockchain*, oni postaju trajno dostupni na mreži. U slučaju neovlaštenog pristupa, informacije bi mogle biti zloupotrijebljene. Osim toga, čak i anonimni podatci mogu postati identificirani kada se kombiniraju s drugim dostupnim podacima. Takva pitanja dodatno kompliciraju usklađenost s međunarodnim zakonima o zaštiti podataka, poput Opće uredbe o zaštiti podataka (GDPR) u Europskoj uniji, koji postavljaju stroge zahtjeve za obradu osobnih informacija (26).

Troškovi implementacije i održavanja *blockchain* tehnologije također predstavljaju značajnu prepreku. Razvijanje prilagođenih *blockchain* rješenja zahtijeva visoku početnu investiciju, uključujući troškove infrastrukture, razvoja softvera i stručnog kadra (27). Nadalje, troškovi povezani s održavanjem sustava, poput računalnih resursa potrebnih za rudarenje i osiguranje mreže, mogu biti znatni, osobito za javne *blockchain* sustave (28). Navedene ekonomske prepreke mogu obeshrabriti zdravstvene organizacije, osobito one s ograničenim proračunom, od ulaganja u *blockchain* tehnologiju.

Za uspješnu implementaciju *blockchain* tehnologije u zdravstvu, ključno je osigurati odgovarajuću edukaciju zdravstvenih radnika. Obuka i podizanje svijesti među medicinskim stručnjacima o sigurnosnim prednostima *blockchaina* i njegovoj primjeni u zdravstvu mogu značajno unaprijediti prihvaćanje ove tehnologije i optimizaciju njezine primjene. Edukacija bi trebala obuhvatiti osnovne koncepte *blockchaina*, pravilnu uporabu digitalnih zdravstvenih kartona i poštivanje zakonskih okvira vezanih za sigurnost podataka.

Regulatorni okvir ima ključnu ulogu u uspješnoj implementaciji *blockchaina* u zdravstvu. Trenutačno ne postoji globalno prihvaćen standard za korištenje *blockchain* tehnologije u zdravstvenim sustavima. Zemlje i regije imaju različite zakone i propise koji se odnose na sigurnost podataka, privatnost i tehnološke standarde, što otežava globalnu implementaciju *blockchaina*. Standardizacija propisa i njihova prilagodba specifičnostima *blockchaina* neophodni su kako bi se osigurala usklađenost i omogućila interoperabilnost među sustavima (29).

Unatoč ovim izazovima, *blockchain* tehnologija nastavlja privlačiti pažnju istraživača, zdravstvenih stručnjaka i tehnoloških tvrtki. Razvoj novih tehničkih rješenja, poput skalabilnih algoritama i privatnih *blockchain* mreža, zajedno s međunarodnim naporima za harmonizaciju regulatornih okvira, može značajno smanjiti ove prepreke i otvoriti put za širu primjenu *blockchain* tehnologije u zdravstvu.

Zaključak

Virtualni zdravstveni asistenti temeljeni na umjetnoj inteligenciji predstavljaju značajan napredak u digitalnoj zdravstvenoj skrbi. Integracijom s nosivim uređajima i mobilnim aplikacijama, ovi sustavi omogućuju kontinuirano praćenje zdravstvenih parametara i pružaju personalizirane preporuke, što ih čini ključnim alatima za upravljanje kroničnim bolestima i prevenciju bolesti. Osim tehničkih inovacija, VZA pomažu smanjiti opterećenje zdravstvenih sustava, omogućujući medicinskim stručnjacima da se fokusiraju na složenije zadatke, dok pacijentima nude pristup pouzdanim informacijama i savjetima u stvarnom vremenu.

Međutim, njihova implementacija zahtijeva rješavanje brojnih izazova, uključujući osiguranje privatnosti podataka, otpornost na kibernetičke prijetnje i etičke aspekte poput transparentnosti i odgovornosti. Ključno je uspostaviti jasne regulativne okvire koji će osigurati sigurnost i povjerenje korisnika, uz istovremeno poticanje inovacija i širenje dostupnosti ovih tehnologija. Također, potrebno je ulagati u razvoj objašnjive umjetne inteligencije kako bi korisnici i zdravstveni djelatnici bolje razumjeli procese donošenja odluka.

Unatoč izazovima, potencijal VZA-a za transformaciju zdravstvenih sustava je neosporan. Njihova primjena ne samo da poboljšava kvalitetu života pacijenata, već i otvara nove mogućnosti za unapređenje zdravstvene skrbi u udaljenim i slabije razvijenim područjima. Uvođenje ovih tehnologija predstavlja korak prema inkluzivnijem i učinkovitijem zdravstvenom sustavu koji kombinira tehnološke mogućnosti i ljudsku stručnost kako bi se osigurala bolja skrb za sve. Buduća istraživanja trebala bi se fokusirati na integraciju VZA u specifične populacije ili regije kako bi se identificirali jedinstveni izazovi i prilike za njihov razvoj.

Literatura

1. Rashid AB, Kausik MAK. AI revolutionizing industries worldwide: A comprehensive overview of its diverse applications. *Hybrid Advances*. 2024 Dec;7:100277.
<https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2024.100277>
2. Gao X, He P, Zhou Y, Qin X. Artificial Intelligence Applications in Smart Healthcare: A Survey. *Future Internet*. 2024 Aug 27;16(9):308.
<https://doi.org/10.3390/fi16090308>
3. Shajari S, Kuruvinashetti K, Komeili A, Sundararaj U. The Emergence of AI-Based Wearable Sensors for Digital Health Technology: A Review. *Sensors (Basel)*. 2023 Nov 29;23(23):9498.
<https://doi.org/10.3390/s23239498>
4. Moulaei K, Sheikhtaheri A, Fatehi F, Shanbehzadeh M, Bahaadinbeigy K. Patients' perspectives and preferences toward telemedicine versus in-person visits: a mixed-methods study on 1226 patients. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2023 Nov 15;23(1):261.
<https://doi.org/10.1186/s12911-023-02348-4>
5. Rendulić A, Hercigonja Salamoni D. Izazov teleterapije - logopedska terapija u sjeni pandemije COVID-19. *Logopedija (Online)*. 2023 Oct 9;13(1):29-38.
<https://doi.org/10.31299/log.13.1.4>
6. Kumar D, Hasan Y, Afroz S. Mobile Health Monitoring System: A Comprehensive Review. *Int J Res Publ Rev*. 2023 Jun 13;4(6):1922-54.
<https://doi.org/10.55248/gengpi.4.623.45128>
7. Li YH, Li YL, Wei MY, Li GY. Innovation and challenges of artificial intelligence technology in personalized healthcare. *Sci Rep*. 2024 Aug 16;14(1):18994.
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-70073-7>
8. Public Health Information Research Infrastructure (PHIRI). Analysis of telemedicine and/or artificial intelligence: country responses. Table 1: Country responses. [Internet]. PHIRI Network; 2023 [pristupljeno: 18.12.2024.]. Dostupno na:
https://www.healthinformationportal.eu/sites/default/files/REF_Document/48_REF_minutes_questions_update_20230322.pdf.
9. Mennella C, Maniscalco U, De Pietro G, Esposito M. Ethical and regulatory challenges of AI technologies in healthcare: A narrative review. *Heliyon*. 2024 Feb;10(4):e26297.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26297>
10. Alowais SA, Alghamdi SS, Alsuhebany N, Alqahtani T, Alshaya AI, Almohareb SN, et al. Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC Med Educ*. 2023 Sep 22;23(1):689.
<https://doi.org/10.1186/s12909-023-04698-z>
11. Hughes A, Shandhi MMH, Master H, Dunn J, Brittain E. Wearable Devices in Cardiovascular Medicine. *Circ Res*. 2023 Mar 3;132(5):652-70.
<https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.122.322389>
12. Guan Z, Li H, Liu R, Cai C, Liu Y, Li J, et al. Artificial intelligence in diabetes management: Advancements, opportunities, and challenges. *Cell Rep Med*. 2023 Oct 17;4(10):101213.
<https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2023.101213>
13. Mayya V, Kandala RNVPS, Gurupur V, King C, Vu GT, Wan TTH. Need for an Artificial Intelligence-based Diabetes Care Management System in India and the United States. *Health Services Research and Managerial Epidemiology*. 2024 Jan;11:23333928241275292.
<https://doi.org/10.1177/23333928241275292>

14. Chaikijurajai T, Laffin LJ, Tang WHW. Artificial Intelligence and Hypertension: Recent Advances and Future Outlook. *Am J Hypertens*. 2020 Nov 3;33(11):967-74.
<https://doi.org/10.1093/ajh/hpaa102>
15. Cho S, Ensari I, Weng C, Kahn MG, Natarajan K. Factors Affecting the Quality of Person-Generated Wearable Device Data and Associated Challenges: Rapid Systematic Review. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2021 Mar 19;9(3):e20738.
<https://doi.org/10.2196/20738>
16. Soori M, Jough FKG, Dastres R, Arezoo B. AI-Based Decision Support Systems in Industry 4.0, A Review. *Journal of Economy and Technology*. 2024 Aug;S2949948824000374.
<https://doi.org/10.1016/j.ject.2024.08.005>
17. Shojaei P, Vlahu-Gjorgievska E, Chow YW. Security and Privacy of Technologies in Health Information Systems: A Systematic Literature Review. *Computers*. 2024 Jan 31;13(2):41.
<https://doi.org/10.3390/computers13020041>
18. Bradford L, Aboy M, Liddell K. International transfers of health data between the EU and USA: a sector-specific approach for the USA to ensure an "adequate" level of protection. *J Law Biosci*. 2020;7(1):lsaa055.
<https://doi.org/10.1093/jlb/lsaa055>
19. Mapari SA, Shrivastava D, Dave A, Bedi GN, Gupta A, Sachani P, et al. Revolutionizing Maternal Health: The Role of Artificial Intelligence in Enhancing Care and Accessibility. *Cureus*. 2024 Sep;16(9):e69555.
<https://doi.org/10.7759/cureus.69555>
20. Khanna NN, Maindarkar MA, Viswanathan V, Fernandes JFE, Paul S, Bhagawati M, et al. Economics of Artificial Intelligence in Healthcare: Diagnosis vs. Treatment. *Healthcare (Basel)*. 2022 Dec 9;10(12):2493.
<https://doi.org/10.3390/healthcare10122493>
21. Bajwa J, Munir U, Nori A, Williams B. Artificial intelligence in healthcare: transforming the practice of medicine. *Future Healthc J*. 2021 Jul;8(2):e188-94.
<https://doi.org/10.7861/fhj.2021-0095>
22. Miller S, Gilbert S, Virani V, Wicks P. Patients' Utilization and Perception of an Artificial Intelligence-Based Symptom Assessment and Advice Technology in a British Primary Care Waiting Room: Exploratory Pilot Study. *JMIR Hum Factors*. 2020 Jul 10;7(3):e19713.
<https://doi.org/10.2196/19713>
23. Maia E, Vieira P, Praça I. Empowering Preventive Care with GECA Chatbot. *Healthcare*. 2023 Sep 13;11(18):2532.
<https://doi.org/10.3390/healthcare11182532>
24. Pakdemirli E. Artificial intelligence in radiology: friend or foe? Where are we now and where are we heading? *Acta Radiol Open*. 2019 Feb;8(2):2058460119830222.
<https://doi.org/10.1177/2058460119830222>
25. Li WH, Dong B, Wang HS, Yuan JJ, Qian H, Zheng LL, et al. Artificial intelligence promotes shared decision-making through recommending tests to febrile pediatric outpatients. *World J Emerg Med*. 2023;14(2):106-11.
<https://doi.org/10.5847/wjem.j.1920-8642.2023.033>
26. You Y, Gui X. Self-Diagnosis through AI-enabled Chatbot-based Symptom Checkers: User Experiences and Design Considerations. *AMIA Annu Symp Proc*. 2020;2020:1354-63.
27. Canali S, Schiaffonati V, Aliverti A. Challenges and recommendations for wearable devices in digital health: Data quality, interoperability, health equity, fairness. *PLOS Digit Health*. 2022 Oct;1(10):e0000104.
<https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000104>

28. Lee TF, Chang IP, Su GJ. Compliance with HIPAA and GDPR in Certificateless-Based Authenticated Key Agreement Using Extended Chaotic Maps. *Electronics*. 2023 Feb 23;12(5):1108. <https://doi.org/10.3390/electronics12051108>
29. Alanazi AT. Clinicians' Perspectives on Healthcare Cybersecurity and Cyber Threats. *Cureus*. 2023 Oct;15(10):e47026. <https://doi.org/10.7759/cureus.47026>
30. Mienye ID, Obaido G, Jere N, Mienye E, Aruleba K, Emmanuel ID, et al. A survey of explainable artificial intelligence in healthcare: Concepts, applications, and challenges. *Informatics in Medicine Unlocked*. 2024;51:101587. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2024.101587>
31. Belenguer L. AI bias: exploring discriminatory algorithmic decision-making models and the application of possible machine-centric solutions adapted from the pharmaceutical industry. *AI Ethics*. 2022;2(4):771-87. <https://doi.org/10.1007/s43681-022-00138-81>

Artificial Intelligence as a Virtual Health Assistant: Implementation and Potential in Healthcare

Valentina Ješić^{1,2}

¹University of Novo mesto Faculty of Health Sciences School of Medicine, Novo mesto, Slovenia

²Sestre milosrdnice University Hospital Center, Zagreb, Croatia

E-mail: valentina.matic@yahoo.com; orcid.org/0000-0001-7947-5233

<https://doi.org/10.69827/bhdmi-34322>

Abstract: Virtual health assistants (VHA) powered by artificial intelligence (AI) are revolutionizing the delivery of personalized healthcare. By integrating wearable devices and mobile applications, they enable continuous real-time monitoring of patients' health. Utilizing advanced machine learning algorithms and natural language processing, VHAs provide tailored recommendations for chronic disease management, disease prevention, and optimization of health outcomes. These systems not only detect early signs of health issues but also reduce the need for unnecessary doctor visits, enhancing the efficiency of healthcare services. Despite their technological advantages, challenges such as data protection, system security, and ethical concerns remain crucial for broader adoption. This paper explores the potential of VHA implementation, analysing technical challenges, legal aspects, and examples of their use in Croatia and globally. Through the synergy of technology and human expertise, VHAs have the potential to transform the healthcare system and improve patients' quality of life.

Keywords: *artificial intelligence; virtual health assistants; personalized healthcare; chronic diseases; healthcare technology.*