

Alenka Rožanec, Sebastian Lahajnar

## Digitalne tehnologije za zdravstvene storitve prihodnosti

**Povzetek.** Preprečevanje bolezni ter zagotavljanje pravočasnih in kakovostnih zdravstvenih storitev predstavlja enega ključnih globalnih izzivov prihodnosti. Digitalne tehnologije spreminjajo delovanje posameznikov, organizacij in družbe ter prinašajo številne koristi in izzive tudi na področje zdravstva. V prispevku predstavimo nekaj ključnih digitalnih tehnologij, ki bi lahko omogočile digitalno transformacijo zdravstva s ciljem zagotavljanja prilagojenih, stalno dostopnih ter kakovostnih storitev. Pri vsaki od tehnologij predstavimo delujoče rešitve ali prototipe ter njihove potencialne koristi za državljane, paciente in/ali zdravstvene delavce. Naslovimo tudi izzive, kot sta informacijska varnost in digitalne kompetence uporabnikov, ki bodo morali biti ustrezno rešeni, da ne bi prihajalo do nepravilne uporabe tehnologij in rešitev, vdorov v sisteme, nedelovanja storitev ali zlorab podatkov.

## Digital Technologies for Health Care Services of the Future

**Abstract.** Disease prevention and provision of timely and high-quality health-care services represents one of the key global challenges for the future. Digital technologies impact the functioning of individuals, organisations and the society, and bring many benefits and challenges to the field of health care as well. We present some of the key digital technologies that could transform health care with the goal of providing personalised, constantly accessible and high-quality services. For each technology, we present some operational solutions or prototypes and their potential benefits for citizens, patients and/or health-care professionals. We also address the challenges, such as information security and digital competences of users, that will need to be appropriately solved in order to avoid misuse of technologies and solutions, system intrusions, service failures and data breaches.

■ **Infor Med Slov** 2019; 24(1-2): 45-52

---

*Instituciji avtorjev / Authors' institutions: Fakulteta za ekonomijo in informatiko, Univerza v Novem mestu (AR); BPMLab, informacijske storitve in poslovno svetovanje, Sebastian Lahajnar s.p. (SL).*

*Kontaktna oseba / Contact person: doc. dr. Alenka Rožanec, Fakulteta za ekonomijo in informatiko, Univerza v Novem mestu, Na Loko 2, 8000 Novo mesto, Slovenija. E-pošta / E-mail: alenka.rozane@quest.arnes.si.*

*Prispelo / Received: 16. 10. 2019. Sprejeto / Accepted: 11. 12. 2019.*

## Uvod

Hiter razvoj digitalnih tehnologij spreminja način dela in življenja vsakega posameznika, organizacije in družbe kot celote. Z uporabo digitalnih tehnologij in programskih rešitev lahko delo opravimo hitreje, ceneje in bolj kakovostno. Nove digitalne tehnologije, npr. mobilne naprave, internet stvari, roboti ali brezpilotni letalniki, omogočajo odpiranje novih podjetij, razvoj novih poslovnih modelov ter novih storitev, ki temeljijo na tehnologijah. Tako imenovana digitalna transformacija pa ne pomeni le uvedbe novih tehnologij, ampak predvsem nove načine delovanja organizacije, od sprememb načinov vodenja do spodbujanja inovacij in agilnosti. Z ustrezno digitalno transformacijo bo lažje doseči učinkovite in kakovostne zdravstvene storitve z razumnimi stroški, ki jih potrebuje približno 7,5 milijarde ljudi.<sup>1</sup> Vendar pa področje zdravstva po ugotovitvah komercialnih raziskav<sup>2</sup> na globalni ravni zaostaja za drugimi panogami glede modernizacije in digitalne transformacije. Tudi v raziskavi,<sup>3</sup> ki je zajela več kot 3500 organizacij različnih sektorjev, ugotovljajo, da je digitalna zrelost ponudnikov zdravstvenih storitev nekoliko nižja od povprečja celotnega vzorca, manj je namreč digitalno zrelejših in srednje zrelih organizacij, več pa manj zrelih. Da bi lažje dosegli zgoraj zapisani cilj, bodo potrebni številni ukrepi in aktivnosti na globalnem in lokalnem nivoju ter znotraj posameznih zdravstvenih ustanov. Pozornost bo potrebno posvetiti ozaveščanju o možnostih digitalnih tehnologij in rešitev, ki so že na voljo, ter pridobivanju digitalnih kompetenc državljanov in zdravstvenih delavcev, da bodo rešitve znali pravilno uporabljati in bodo lahko kompetentno sodelovali pri razvoju novih rešitev. Posebno pozornost bo potrebno namenjati tudi področju informacijske varnosti.

Namen prispevka je ozaveščanje o možnostih, ki jih že danes nudijo različne digitalne tehnologije, ter koristih, ki bi jih z njihovo uvedbo in uporabo imeli različni deležniki: državljani, bolniki z različnimi boleznimi, zdravstveni delavci, zdravstvene ustanove in celoten zdravstveni sistem. Predstavljamo tudi z njimi povezane izzive, ki jih bo potrebno rešiti, da ne bi prihajalo do negativnih učinkov. Podajamo tudi nekaj priporočil glede aktivnosti, ki bodo potrebne za uspešnejše obvladovanje ključnih izzivov digitalne transformacije v zdravstvu.

## Digitalne tehnologije za transformacijo zdravstva

V že omenjeni raziskavi<sup>3</sup> so intervjuvanci kot najpomembnejše za uspešno digitalno poslovanje v

prihodnjem letu navedli naslednjih šest tehnologij: analitska orodja (34 %), socialna omrežja (19 %), mobilne tehnologije (11 %), internet stvari (5 %), kognitivne tehnologije in umetno inteligenco (5 %) ter robotiko (2 %). Na pomenu naj bi v prihodnjih letih pridobile predvsem kognitivne tehnologije in umetna inteligenca ter internet stvari, medtem ko naj bi se pomen socialnih omrežij in mobilnih tehnologij v prihodnosti zmanjševal. Tudi vodilno svetovalno podjetje<sup>4</sup> je na podlagi obsežne analize med najpomembnejših osem uvrstilo umetno inteligenco, internet stvari in robotiko, poleg njih pa še brezpilotne letalnike, tehnologijo veriženja blokov (blockchain), obogateno resničnost, virtualno resničnost in 3D-tisk. Za Slovenijo najvišjo vrednost vidijo v uporabi umetne inteligence in robotiki. V nadaljevanju predstavljamo primere uporabe šestih digitalnih tehnologij, ki bodo omogočale realizacijo zdravstvenih storitev prihodnosti, ter z njimi povezane izzive, ki jih bo potrebno rešiti, da bi bile te storitve kakovostne in za pacienta varne.

Uvodoma povzemamo še Microsoftovo vizijo<sup>1</sup> našega vsakdana, v katerem bodo za naše zdravje skrbele tudi digitalne tehnologije, na primer pametne naprave, osebni digitalni asistenti (npr. Cortana, Alexa, Siri) ter druge informacijske rešitve z vgrajeno umetno inteligenco. Nosljiva pametna naprava bo nadzirala naše zdravje z merjenjem različnih parametrov tudi med spanjem. Če bodo parametri izven dovoljenih meja, nas bo na to opozorila in lahko bomo potrdili njen predlog za naročanje k zdravniku, kar bo izvedel osebni digitalni asistent. Po zaključku službe nas bo avtonomni avto ali brezpilotni letalnik odpeljal domov, kjer bomo z zdravnikom virtualno komunicirali (virtualni posvet). Nosljiva naprava bo izmerila krvni tlak, analizirala koncentracijo kisika in druge parametre ter rezultate poslala zdravniku, ki bo med klicem analiziral podatke. Umetna inteligenca, vgrajena v njegovo pametno rešitev, mu bo pomagala pri diagnostiki in predpisovanju pacientu prilagojene terapije. V nekaj urah bo brezpilotni letalnik dostavil zdravilo, na katerega jemanje nas bo opozarjal osebni digitalni asistent. Ta bo tudi spremljal napredek, občasno obveščal zdravnika in če ne bo ustreznega izboljšanja tudi zaprosil za dovoljenje, da rezervira pregled pri zdravniku. Osebni digitalni asistent bo spremljal in načrtoval tudi rutinske preglede, cepljenja in različna testiranja ter poskrbel za pravočasno naročanje pri zdravniku.

Takšen način sodelovanja ljudi, naprav in informacijskih rešitev se nam danes še zdi nekoliko fantazijski, vendar posamezne tehnologije že prehajajo v dokaj zrelo fazo, zato bo takšno

povezovanje in sodelovanje v prihodnosti zagotovo mogoče.

### Poslovno obveščanje

Analitska hiša Gartner v svojem poročilu ugotavlja, da se v zdravstvenem sektorju zbirajo velike količine strukturiranih in nestrukturiranih podatkov. Ker gre za zelo kompleksne podatke, ki jih generirajo zaposleni in različne vrste medicinskih naprav, je potrebno zagotoviti sistem za njihovo združevanje in upravljanje, imenovan poslovno obveščanje (PO). Ta

vodstvenim delavcem omogoča spremljanje različnih kazalnikov (npr. povprečen čas bivanja v bolnišnici, povprečni stroški zdravljenja po starostnih skupinah, stopnja ponovnega sprejema v bolnišnico, čakalne dobe po oddelkih, zadovoljstvo pacientov, varnost pacientov – spremljanje pogostosti različnih okužb), odločanje in izboljševanje poslovanja zdravstvenih inštitucij s ciljem kakovostnih zdravstvenih storitev in povečane varnosti ter zadovoljstva pacientov.<sup>5</sup> Tabela 1 prikazuje primere uporabe poslovnega obveščanja, koristi za zdravstvene inštitucije kot paciente ter izzive, ki jih bo potrebno za uspešnost ustrezno rešiti.

**Tabela 1** Poslovno obveščanje (PO).

Priložnosti/primeri uporabe	Koristi	Izzivi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Črpanje podatkov z različnih področij (kliničnih, poslovnih)</li> <li>• Povezovanje notranjih in zunanjih podatkovnih virov</li> <li>• Vizualizacija podatkov</li> <li>• Načrtovanje in simulacije sprememb</li> </ul>	<p><b>Zdravstvene inštitucije, vodstvo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Opredelitev in spremljanje ključnih kazalnikov uspeha</li> <li>• Izboljšanje poslovnega odločanja in ukrepanja</li> <li>• Optimizacija poslovanja (nižja stopnja vračanja v inštitucijo, nižji stroški)</li> <li>• Izboljšanje poslovnih procesov</li> <li>• Podatki za različne raziskave</li> </ul> <p><b>Pacienti:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Izboljšanje oskrbe (kakovost in varnost)</li> <li>• Večje zadovoljstvo</li> <li>• Krajše čakalne vrste, hitrejša obravnava v ustanovi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podpora in sodelovanje vodstva v projektih PO</li> <li>• Motiviranost in zavzeto sodelovanje uporabnikov pri razvoju rešitev PO</li> <li>• Sodoben bolnišnični/zdravstveni informacijski sistem</li> <li>• Zagotavljanje kakovosti podatkov (vhodne kontrole)</li> <li>• Digitalne kompetence administrativnega, zdravstvenega in vodstvenega osebja (zajem podatkov, uporaba orodij in rešitev PO)</li> </ul>

### Medicinski roboti, mikro in nano roboti

Podobno kot na drugih področjih tudi na področje medicine prihajajo najrazličnejši roboti, mikro in nano roboti, ki lahko pomagajo pri operacijah, diagnostiki, negi, rehabilitaciji, dezinfekciji ali boju z bakterijami, odpornimi na antibiotike. Medtem ko so operacije z robotskim sistemom da Vinci uveljavljene že več kot desetletje (pri nas predvsem uspešno operirajo raka na prostati), skušajo znanstveniki najnovejše tehnologije aplicirati v samo človeško telo. Nameni so različni, npr. direktno oddajanje sevanja tumorju ali dostava zdravila obolelemu organu. Antibakterijski nanoroboti so zelo drobni stroji, izdelani iz zlatih nanožic, prevlečeni s trombociti in rdečimi krvničkami, ki lahko očistijo bakterijske okužbe neposredno iz pacientove krvi. Nanorobota lahko skozi bolnikovo telo usmerjamo z ultrazvoki, s čimer pospešimo postopek čiščenja in zdravimo lokalizirane okužbe. Uporabo te tehnologije znanstveniki vidijo kot eno od rešitev v boju proti bakterijam, odpornim na antibiotike.<sup>6</sup> Strokovnjaki si predstavljajo tudi rehabilitacijske robote, vpete v celovito multimodalno

okolje (avdio, video, fiziološke meritve), ki pacienta pri vadbi ustrezno stimulira in se mu z nalogami prilagaja.<sup>7</sup> Tabela 2 prikazuje primere različnih vrst robotov, ki bodo v prihodnosti lahko razbremenili zdravstveno osebje pri rehabilitaciji, okrevanju ali oskrbi ali pa omogočili popolnoma nove načine rehabilitacije in zdravljenja z večjimi koristmi in manj stranskimi učinki za paciente. Pri tem je potrebno poudariti, da so nekatere obetajoče rešitve še prototipi, ki potrebujejo dodatne raziskave in razvoj ter s tem povezana sredstva. Zdravstvenim delavcem bo potrebno nuditi več možnosti za usposabljanja in izobraževanja, da bodo znali robote pravilno uporabljati in jim bodo omogočali nudenje bolj kakovostnih storitev. Kot enega od izzivov vidimo tudi sprejetje novih tehnologij in vzpostavitev zaupanja pri pacientih.

### Mobilne tehnologije

Velik potencial mobilne tehnologije za transformacijo zdravstva so prepoznali v Indiji, kjer je bilo v letu 2018 več kot 600 milijonov mobilnih telefonov. Več kot 450 zagonskih podjetij tako poskuša s pomočjo

digitalizacije omogočiti digitalne zdravstvene storitve 500 milijonom Indijcev brez zdravstvenega zavarovanja. Tudi v Singapurju je ena od strategij razvoj mobilnih zdravstvenih storitev, npr. posvetovanje z zdravnikom preko video klica.<sup>2</sup> Mednarodni študiji ocenjujeta, da bi z uvedbo mobilnih tehnologij (m-Zdravje) lahko samo v Evropski uniji prihranili 99 milijard evrov.<sup>8</sup> Na spletu je na voljo že preko 100.000 mobilnih aplikacij s področja zdravja, pri čemer jih je približno 70 % namenjenih laikom. Gre predvsem za aplikacije, ki omogočajo spremljanje dejavnikov zdravega življenja (količina gibanja, srčni utrip, količina popite vode, vnos kalorij ipd.), preventivnih nasvetov ter pomoči

pri obvladovanju kroničnih bolezni (npr. sladkorne bolezni).

Pri mobilnih aplikacijah za zdravstveno osebje moramo razlikovati dve večji skupini: splošno namenske aplikacije in interno razvite aplikacije. Med splošno namenskimi aplikacijami jih je največ namenjenih izobraževanju zdravstvenih delavcev, interne aplikacije pa so tiste, ki jih zdravstvene ustanove v sodelovanju z informacijsko-tehnološkimi podjetji razvijajo glede na svoje potrebe. Te so lahko samostojne (npr. RheumaHelper), večinoma pa se povezujejo z informacijskim sistemom ustanove ter omogočajo večjo mobilnost osebja (npr. v pacientovi sobi, na bolnišničnem hodniku, v diagnostični sobi<sup>9</sup>).

**Tabela 2** Roboti, mikro in nano roboti.

Priložnosti/primeri uporabe	Koristi	Izzivi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robotske operacije na daljavo (npr. da Vinci)</li> <li>• Protetika – robotske okončine</li> <li>• Eksoskeleti – ponovno učenje uporabe določenih okončin, npr. po kapi</li> <li>• Endoskopski robot/kapsula</li> <li>• Čistilni roboti</li> <li>• Roboti za klinično usposabljanje</li> <li>• Družabni roboti, robotski negovalci</li> <li>• Mikro roboti in antibakterijski nano roboti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manj invazivne operacije, hitrejša okrevanje, manj zapletov</li> <li>• Bolj kakovostno življenje</li> <li>• Hitrejša in uspešnejša rehabilitacija</li> <li>• Bolj natančna diagnostika</li> <li>• Bolj kakovostno opravljeno delo</li> <li>• Boljše znanje zdravstvenega osebja</li> <li>• Razbremenitev zdravstvenega osebja</li> <li>• Zmanjšanje neželenih učinkov zdravil, nove možnosti zdravljenja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prototipne rešitve, ki potrebujejo dodatne raziskave in razvoj</li> <li>• Odprti vmesniki za izmenjavo podatkov</li> <li>• Cena</li> <li>• Znanje zdravstvenega osebja za uporabo</li> <li>• Sprejetje novih tehnologij in zaupanje s strani pacientov glede kakovosti in varnosti uporabe</li> <li>• Informacijska varnost (preprečevanje vdorov)</li> </ul>

**Tabela 3** Mobilne tehnologije.

Priložnosti/primeri uporabe	Koristi	Izzivi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplikacije za spremljanje dejavnikov zdravega življenja</li> <li>• Izobraževalne aplikacije</li> <li>• Opozorilne aplikacije (npr. za jemanje zdravil)</li> <li>• Aplikacije za spremljanje kroničnih bolezni</li> <li>• Svetovalne aplikacije</li> <li>• Aplikacije kot del IS (opravila zdravstvenega osebja preko mobilnih naprav)</li> <li>• Povezovanje v internet stvari</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Znižanje stroškov preventive</li> <li>• Znižanje stroškov kurative</li> <li>• Povečanje zdravja in počutja pacientov</li> <li>• Boljše obvladovanje kroničnih bolezni</li> <li>• Lažja in hitrejša komunikacija pacienta z zdravstvenim osebjem</li> <li>• Večja varnost pacienta</li> <li>• Izboljšanje kakovosti izvedbe postopkov/storitev (npr. ob zdravniški postelji, na daljavo)</li> <li>• Izboljšanje znanja zdravstvenega osebja</li> <li>• Izboljšanje razumevanja zdravljenja s strani pacientov</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zagotavljanje informacijske varnosti na infrastrukturi in napravah uporabnikov</li> <li>• Vzpostavitev dobre informacijske varnostne kulture</li> <li>• Digitalne kompetence zdravstvenega osebja, medicinske sestre kot promotorko rabe aplikacij</li> <li>• Obvladovanje odpora do sprememb (vzpostavitev inovacijske, sodelovalne kulture)</li> <li>• Vključevanje zdravstvenega osebja v razvoj aplikacij</li> <li>• Digitalne kompetence državljanov in bolnikov</li> </ul>

Velik potencial mobilnih tehnologij na področju zdravja je v povezovanju z različnimi predmeti interneta stvari (npr. pametne ure, zapestnice, merilci

ter druge medicinske naprave). Tabela 3 prikazuje primere različnih vrst mobilnih aplikacij ter njihove koristi za uporabnike (državljanje, paciente,

zdravstvene delavce). Zadnji stolpec podaja izzive, povezane z uvajanjem mobilnih tehnologij. Predvsem bodo pomembna usposabljanja za pridobitev digitalnih kompetenc vseh potencialnih uporabnikov ter zagotavljanje ustrezne ravni informacijske varnosti. Preprečiti je potrebno nenadzorovano uhajanje zaupnih informacij, vdore v sistem preko mobilnih naprav in mobilnih omrežij ter obvladovati še druga tveganja, na primer uporabo lastnih mobilnih naprav v zdravstvenih inštitucijah.

## Internet stvari

Uporaba naprav interneta stvari (IoT), ki zbirajo, posredujejo ter sprejemajo podatke, nekatere pa se znajo na njihovi podlagi tudi odločati, prinaša novo raven udobja, učinkovitosti in avtomatizacije tudi na področje zdravja. Analitska družba Gartner je v letu 2017 napovedala, da bo do leta 2020 število naprav IoT presegljo 20 milijard, druga analitska podjetja pa menijo, da bo teh še bistveno več. Podatki z nosljivih naprav so danes večinoma na vpogled v različnih mobilnih aplikacijah, ki jih uporabljajo pacienti, vendar nedostopni zdravniku pri diagnostiki.

**Tabela 4** Internet stvari (IoT).

Priložnosti/primeri uporabe	Koristi	Izzivi
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nosljive naprave za spremljanje krvnega tlaka, spalnih navad ipd.</li> <li>Pametne postelje</li> <li>Pametni dozirniki zdravil</li> <li>Druge v internet povezane medicinske naprave</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Znižanje stroškov preventive in kurative</li> <li>Izboljšana diagnostika in zdravljenje</li> <li>Boljše obvladovanje kroničnih bolezni</li> <li>Večja varnost pacientov</li> <li>Izboljšanje zdravja in počutja pacientov</li> <li>Možnost povezovanja podatkov, zbranih z IoT, z drugimi podatki ter napredna analitika (preventiva, diagnostika, raziskave)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integracija podatkov naprav IoT z drugimi rešitvami</li> <li>Standardi</li> <li>Nezrelost tehnologije (nevarne naprave)</li> <li>Informacijska varnost (preprečevanje vdorov in zlorab)</li> </ul>

Prav tako niso povezani s podatki, dobljenimi s krvnimi, rentgenskimi in drugimi preiskavami. Pomemben izziv, katerega cilj je zagotoviti višjo kakovost diagnostike in nadaljnjih postopkov, zato vidimo v zbiranju vseh zajetih podatkov v eKartoteki pacienta. Le tako bo možna njihova celovita obdelava z medicinskimi algoritmi (vključno z umetno inteligenco) ter celovit vpogled na izvedene analize s strani zdravnikov.

Združevanje in analiza vseh podatkov o pacientu po eni strani predstavlja cilj sodobne diagnostike in zdravljenja, po drugi strani pa povečuje možnosti zlorab zasebnosti in varnosti pacientov. Ključni izziv interneta stvari je zato zagotavljanje informacijske varnosti na vseh ravneh infrastrukture, saj bi ciljani vdor v medicinsko napravo lahko v najslabšem primeru povzročil smrt pacienta. Napadalci so v preteklosti že prevzeli nadzor nad spodbujevalniki srčnega utripa, letos pa je bila pravočasno odkrita ranljivost dozirnikov insulina. Zavedati se je potrebno, da so naprave IoT še bolj ranljive od računalnikov in mobilnih naprav (nezrelost tehnologije), zato je v prihodnosti pričakovati vedno več različnih vrst napadov nanje. Tabela 4 prikazuje primere uporabe naprav IoT, njihove potencialne

koristi za uporabnike ter izzive, povezane z uvajanjem interneta stvari, ki jih bo potrebno rešiti, da ne bi prišlo do negativnih posledic za paciente.

## Kognitivne tehnologije in umetna inteligenca

Kognitivne tehnologije in umetna inteligenca (UI) imajo sposobnost izvajanja kognitivnih funkcij, kot sta učenje in reševanje problemov, ki sta značilni za človeški um oziroma naravno inteligenco. UI vključuje strojno učenje, globoko učenje, nevronske mreže, matematične, statistične in druge metode, ki jih je možno uporabiti v najrazličnejši programski opremi: pogovornih robotih, strateških igrah, opremi avtonomnih vozil, vojaških simulacijah in še marsikje.

UI se pospešeno vpeljuje tudi na področje zdravstva – pričakovati je vedno več aplikacij, tako za zdravstveno osebje kot za laike, ki bodo vsebovale algoritme UI. Takšne aplikacije bodo prinesle številne možnosti za hitro in visoko zanesljivo (samo)postavljanje diagnoz, svetovanje pacientu, zgodnejše odkrivanje bolezni, pomoč zdravniku pri izbiri najprimernejše terapije, hitrejšo okrevanje in znižanje stroškov zdravstva (tabela 5). Pri tem se



moramo zavedati, da so računalniški algoritmi celo v prednosti pred zdravniki, saj lahko v zelo kratkem času pregledajo vse podatke o pacientu in jih povežejo z znanjem, pridobljenim na velikem številu preteklih primerov (baza znanja), iz katere se znajo učiti.

Že danes si je možno naložiti aplikacije, ki na podlagi podanih simptomov postavijo diagnozo (npr. Your.MD). Zanesljivost je visoka, saj temelji na veliki bazi podatkov in algoritmih učenja. Aplikacija tudi svetuje, kako nujen je obisk pri zdravniku. Na Stanfordu je bil razvit algoritem za prepoznavanje kožnega raka na podlagi fotografije kože. Prednost je,

da lahko v zelo kratkem času pregleda zelo veliko število slik ter v njih prepozna bistveno več vzorcev, kot jih je sposoben človek. Podobno bi lahko z algoritmi umetne inteligence pacienti sami prepoznavali tudi številne druge spremembe (npr. očesne), še preden bi se bolezen razvila, kar bi omogočilo zgodnejše in uspešnejše zdravljenje. Ena od pomembnejših skupin na področju UI je skupina DeepMind, ki od leta 2014 deluje pod okriljem Googla. Njen največji dosežek na področju zdravja je učinkovita diagnostika nekaterih očesnih bolezni z zanesljivostjo najboljših svetovnih očesnih zdravnikov.<sup>10</sup>

**Tabela 5** Kognitivne tehnologije in umetna inteligenca.

Priložnosti/primeri uporabe	Koristi	Izzivi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hitro in visoko zanesljivo postavljanje diagnoz (zdravstveno osebje in pacienti sami)</li> <li>• Svetovanje pacientu (pogovorni roboti)</li> <li>• Zgodnje odkrivanje bolezni (bolniki sami in zdravstveno osebje)</li> <li>• Pomoč zdravniku pri izbiri najprimernejše terapije</li> <li>• Spremljanje patogenov v okolju</li> <li>• Operacije z avtonomnimi roboti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personalizacija storitev</li> <li>• Večja dostopnost storitev</li> <li>• Razbremenitev zdravstvenega osebja</li> <li>• Visoka zanesljivost postavljenih diagnoz in terapij</li> <li>• Uspešnejši boj s kroničnimi boleznimi</li> <li>• Preprečevanje epidemij</li> <li>• Nižja smrtnost</li> <li>• Znižanje stroškov preventivne in kurative</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zagotavljanje visoke zanesljivosti algoritmov in zaupanja vrednih rešitev</li> <li>• Izboljšanje algoritmov za govorno komunikacijo v različnih jezikih (npr. slovenščini)</li> <li>• Vzpostavitev zaupanja v tehnologijo UI med državljani in zdravstvenim osebjem</li> <li>• Digitalne kompetence zdravstvenega osebja in državljanov</li> <li>• Informacijska varnost</li> <li>• Etične dileme</li> </ul>

Veliko prednost za pacienta vidimo predvsem v implementaciji algoritmov UI v mobilne aplikacije, saj tako postanejo dostopni vsakomur, kjerkoli ali kadarkoli, kar omogoča pravočasen odziv na določene simptome ali težave. To je pomembno, saj ljudje večinoma neradi pogosto hodimo k zdravnikom in čakalne vrste so dolge. Velik potencial UI je tudi na področju svetovanja zdravniku pri predpisu prave terapije. Za določene bolezni obstaja veliko število zdravil, bolezni imajo veliko različic, pri predpisu terapije pa je potrebno upoštevati tudi specifičnosti pacienta. Raziskovalci so še posebej dejavni pri razvoju algoritma UI za predpisovanje terapij bolnikom z rakom. Odločitev je specifična za vsakega bolnika, prava kombinacija terapij je eden od ključnih dejavnikov uspešnega zdravljenja. Radiologom je pri določitvi območja sevanja v veliko pomoč aplikacija InnerEye, s katero nalogo opravijo zelo hitro in natančno. Algoritmi UI so že vgrajeni tudi v različne medicinske naprave in robote, ki zato natančneje opravijo preiskavo, ter v programe za analizo zajetih posnetkov in meritev za postavitev diagnoze. Izdelan je bil tudi že robot, ki je samostojno opravil operacijo (povezovanje robotike in UI). UI bo v prihodnosti

lahko v veliko pomoč tudi pri odkrivanju patogenov v okolju ter izvajanju zaščitnih ukrepov za preprečevanje izbruhov bolezni, kot sta bili Zika in Ebola (projekt Premonition).

Zadnji stolpec tabele 5 podaja ključne izzive, povezane z uvajanjem UI. Kot pri uvajanju drugih digitalnih tehnologij, bo po eni strani ključen izziv uspešnosti pridobitev ustreznih digitalnih kompetenc zdravstvenega osebja in vseh državljanov, da bodo znali aplikacije pravilno uporabljati, po drugi strani pa pričakujemo, da bodo ravno algoritmi UI omogočili komunikacijo z uporabo govora in tako približali tovrstne aplikacije vsakomur. Medtem ko tako imenovani pogovorni roboti angleško že dobro komunicirajo, kot poseben izziv vidimo izboljšanje algoritmov v drugih jezikih, tudi slovenščini.

Da bi ljudje zaupali nasvetom aplikacij UI, morajo razvijalci zagotoviti šest principov:<sup>10</sup> pravičnost (npr. enaka obravnava vseh z enakimi simptomi), zanesljivost in varnost delovanja (tudi npr. v slabih svetlobnih pogojih), zaupnost in varnost podatkov, transparentnost delovanja, inkluzivnost ter odgovornost. Pri razvoju se je potrebno zavedati, da

pristranskost (nepravičnost) lahko nastane na podlagi pristranskosti podatkov iz realnega sveta (učna množica, na kateri se aplikacija UI uči), in ne namenoma pri razvoju rešitve. Tako lahko npr. pri zaposlovanju razvijalcev programske opreme UI daje prednost moškim pred ženskami, ker iz učne množice spozna pravilo, da so razvijalci večinoma moški. Ker so podatki ključni element, na katerem UI deluje, je

potrebno še bolj kot na drugih področjih zagotavljati njihovo zaupnost in varnost (spoštovanje Splošne uredbe Evropske unije o varstvu podatkov – GDPR in drugih predpisov). V nasprotnem primeru ljudje ne bodo pripravljene deliti svojih zdravstvenih podatkov za namene storitev UI. Inkluzivnost pa pomeni, da je aplikacija zasnovana tako, da razume kontekst, potrebe in pričakovanja uporabnika.

**Tabela 6** Brezpilotni letalniki.

Priložnosti/primeri uporabe	Koristi	Izzivi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dostava različnih izdelkov (zdravila, dostava krvi bolnišnici/zdravniku, dostava hrane bolnim in ostarelim...)</li> <li>• Prevoz reševalca</li> <li>• Iskanje in nujna oskrba poškodovancev</li> <li>• Dostava najnujnejših potrebščin na ogrožena območja po naravnih nesrečah (zdravila, cepiva)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hitrejša dostava</li> <li>• Nižji stroški dostave</li> <li>• Večja dostopnost in kakovost storitev</li> <li>• Nižja smrtnost (zastoj srca, prometne, naravne nesreče, nedostopen teren)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vzpostavitev zaupanja v tehnologijo upravljanih in samoletečih letalnikov</li> <li>• Dodatna testiranja in izboljšave sistemov samoletečih letalnikov</li> <li>• Ustrezna zakonodaja, ki zagotavlja varnost v zraku in tleh, vendar ne ovira uporabe</li> </ul>

### Brezpilotni letalniki

Tehnologija brezpilotnih letalnikov oziroma brezpilotnih zrakoplovov (izraz se uporablja v slovenski uredbi, ki ureja to področje) prehaja v zrelo fazo, različne možnosti uporabe in njihove koristi se preizkušajo v okviru mnogih pilotnih projektov. Uporaba brezpilotnih letalnikov je namreč mogoča na najrazličnejših področjih, kot so: zbiranje fotografij in posnetkov za različne namene, dostava paketov, zračni taksi, nadzor nepremičnin, varnostni nadzor. Tudi na področju zdravstva bo uporaba brezpilotnih letalnikov lahko zagotovila hitrejšo in kakovostnejšo storitve, nenazadnje tudi uspešno rešeno življenje več. Tipični primeri, kjer bi v zdravstvu in oskrbi lahko uporabili brezpilotne letalnike, so: dostava različnih izdelkov (npr. zdravil pacientu iz lekarne na dom, krvi bolnišnici, hrane bolnim in ostarelim na dom), iskanje in nujna oskrba poškodovancev ali dostava najnujnejših potrebščin na ogrožena območja po naravnih nesrečah (zdravila, cepiva). Možnost dostave z brezpilotnim letalnikom je posebej koristna za manj razvite države, kjer ni na voljo klasična infrastruktura oziroma so razdalje velike. V razvitem svetu pa je lahko takšna dostava hitrejša (gost promet po cesti v velikih mestih), kar je pomembno kadar gre za reševanje življenja (npr. dostava defibrilatorja), pa tudi cenejša (ni potreben človek kot dostavljavec). Brezpilotne letalnike bi lahko koristno uporabili tudi v iskalnih in reševalnih akcijah, npr. v naših gorah, kadar polet s helikopterjem ni mogoč ali je prenevaren. Poškodovanega bi brezpilotni letalnik

lahko poiskal in ga tudi oskrbel z najnujnejšim do prihoda reševalcev. Priložnosti in koristi uporabe brezpilotnih letalnikov v zdravstvu povzema tabela 6.

Izzivi, ki nas čakajo pred bolj množično uporabo, so povezani z licencami za upravljanje brezpilotnih letalnikov ter zagotavljanjem varnosti pri letenju. V ZDA je bil v letu 2016 sprejet predpis (Part 107 of the Federal Aviation Regulations), ki določa pravila komercialne uporabe brezpilotnih letalnikov do 25 kilogramov teže, kazni za kršenje teh pravil ter pogoje za pridobitev licence za upravljalca (pilota) brezpilotnega letalnika.<sup>11</sup> Tudi v Sloveniji je že avgusta 2016 v veljavo stopila Uredba o sistemih brezpilotnih zrakoplovov, ki določa splošne tehnične in operativne pogoje za njihovo varno uporabo. Uredba določa tudi pogoje za osebe, ki brezpilotne zrakoplove upravljajo.<sup>12</sup> Maja 2019 je Evropska komisija sprejela enotna pravila za upravljanje brezpilotnih letalnikov za celoten evropski zračni prostor, s čimer želi vplivati na povečanje varnosti zračnega prometa po vsej Evropi. Pravila bodo veljala za vse upravljavce brezpilotnih letalnikov, tako za komercialno kot zasebno rabo, se pa razlikujejo glede na težo letalnika in namen njegove uporabe.<sup>13</sup>

Pričakovati je, da bo v prihodnosti razvitih tudi vse več samoletečih (avtonomnih) letalnikov. Prvi tak izdelek, imenovan EHang, na Kitajskem testirajo za uporabo v mestnem transportu kot leteči taksi,<sup>14</sup> ki je povezan s centralnim nadzornim sistemom. V ZDA isto napravo testirajo za hiter prevoz darovanih organov po celotni državi.<sup>15</sup> Za množično uporabo

samoletečih letalnikov bo potrebno zopet prilagoditi pravila za letenje in podeljevanje licenc ter opredeliti vlogo nadzornih centrov, ki jih doslej ni bilo. Verjamemo, da bodo brezpilotni letalniki v prihodnosti lahko nadomestili različna opravila tudi na področju zdravstva in oskrbe pacientov ter starejših, ki jih danes opravljajo različni profili zdravstvenega in drugega osebja, pri čemer se bo zmanjšala spremenljivost opravil, stroški in napake.<sup>16</sup>

## Razprava in zaključek

Tako kot vsa druga področja, tudi področje zdravstva lahko izkoristi številne priložnosti, ki jih ponujajo digitalne tehnologije ter izvede uspešno digitalno transformacijo. V prispevku je predstavljenih šest ključnih skupin tehnologij, ki bodo po našem mnenju ključne za zagotavljanje prilagojenih, stalno dostopnih, kakovostnih ter zanesljivih zdravstvenih storitev prihodnosti. Tehnološke rešitve bodo pri določenih opravilih lahko deloma ali v celoti nadomestile zdravstvene delavce in jih tako razbremenile, kar je zelo pomembno, saj le-teh že danes močno primanjkuje. V prispevku niso opisani informacijski sistemi zdravstvenih inštitucij, ki so zelo raznoliki in bodo v prihodnosti potrebovali različne nadgradnje ali prenovu, da bodo postali sodobno interoperabilno jedro, s katerimi se bodo povezovale v prispevku navedene tehnologije in rešitve.

Uvajanje novih tehnologij bo povezano s številnimi organizacijskimi, varnostnimi in drugimi izzivi, ki jih bo potrebno reševati bodisi globalno, na državnem nivoju ali znotraj posameznih inštitucij. Ključni izziv zagotovo predstavlja razvoj interoperabilnih rešitev, ki temeljijo na dogovorjenih standardih in omogočajo povezovanje z drugimi rešitvami znotraj inštitucije in širše ter pridobitev znanj zdravstvenih delavcev in pacientov za delo z njimi. Drugi izziv predstavlja zagotavljanje zadostnega števila kadrov z ustreznimi, tudi digitalnimi kompetencami, kar bo potrebno dosegati s spremembami organizacijske kulture ter spremembami načinov pridobivanja, razvoja in upravljanja kadrov znotraj inštitucij. Zagotavljanje informacijske varnosti in varstva podatkov na vseh nivojih infrastrukture bo eden od ključnih dejavnikov uspeha, saj v primeru vdorov in zlorab ljudje ne bomo pripravljeni deliti svojih zdravstvenih podatkov. To pa bi onemogočilo večino opisanih celovitih svetovalnih ali diagnostičnih storitev, ki temelje na algoritmičnih umetni inteligence. Na tem področju se odpirajo tudi nove etične dileme: nekateri govorijo o »Hipokratovi prisegi za razvijalce«, ki bo zagotavljala pravičnost,

zanesljivost, varnost, zasebnost, transparentnost ter odgovornost za rešitve z vgrajeno umetno inteligenco. Nujne bodo tudi spremembe zakonodaje, ki bo urejala to pomembno področje.

## Reference

1. Microsoft: *The future computed: artificial intelligence and its role in society*. Washington 2018: Microsoft. [https://blogs.microsoft.com/wp-content/uploads/2018/02/The-Future-Computed\\_2.8.18.pdf](https://blogs.microsoft.com/wp-content/uploads/2018/02/The-Future-Computed_2.8.18.pdf) (19. 12. 2019)
2. Koncilja K: Siri, kaj v zdravstvu počnejo Amazon, J. P. Morgan Chase in Warren Buffet? *FinancePro* 2019. <https://pro.finance.si/P2030/8952672/Siri-kaj-v-zdravstvu-pocnejo-Ama-zon-J-P-Morgan-Chase-in-Warren-Buffet> (19. 12. 2019)
3. Kane GC, Palmer D, Phillips AN, Kiron D, Buckley N: *Achieving digital maturity: adapting your company to a changing world*. S. 1. 2017: MIT Sloan Management Review, Deloitte University Press. <https://sloanreview.mit.edu/projects/achieving-digital-maturity> (19. 12. 2019)
4. Koncilja K: Osem najpomembnejših tehnologij za spopad z naslednjo krizo. *FinancePro* 2019. <https://pro.finance.si/8950416> (19. 12. 2019)
5. Lebed M: Business intelligence in healthcare: improving patient care and expenses. *Datapine blog* 2017. <https://www.datapine.com/blog/business-intelligence-in-healthcare/> (19. 12. 2019)
6. Tomlinson Z: 15 medical robots that are changing the world. *Interesting Engineering* 2018. <https://interestingengineering.com/15-medical-robots-that-are-changing-the-world> (17. 9. 2019)
7. Munih M: Robot se prilagaja človeku. In: Bajd T, Bratko I (eds.), *Robotika in umetna inteligenca*. Ljubljana 2014: Slovenska matica.
8. *Green paper on mobile Health ("mHealth")*. Brussels 2014: European Commission. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/green-paper-mobile-health-mhealth> (22. 9. 2019)
9. Rožanec A, Lahajnar S: Mobilne aplikacije, sodoben pripomoček na področju zdravja in dobrega počutja. *Revija za zdravstvene vede* 2016; 3(2): 81-92.
10. DeepMind. <https://deepmind.com/> (20. 9. 2019)
11. Federal Aviation Administration. <https://www.faa.gov> (24. 9. 2019)
12. Dron Bonton. <http://www.dronbonton.si> (24. 9. 2019)
13. Izvedbena uredba komisije (EU) 2019/947 z dne 24. maja 2019 o pravilih in postopkih za upravljanje brezpilotnih zrakoplovov. *Uradni list Evropske unije* L152/45. [https://eur-lex.europa.eu/eli/reg\\_impl/2019/947/oj](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2019/947/oj) (25. 9. 2019)
14. EHang. <http://www.ehang.com> (25. 9. 2019)
15. Doctorpreneurs. <http://www.doctorpreneurs.com> (24. 9. 2019)
16. Drones in HealthCare. <https://www.dronesinhealthcare.com> (24. 9. 2019)