

PERSONALIZOVANA MEDICINA I VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA

Apstrakt: Tehnologija velikih podataka „Big Data“ su tehnike analize velikog broja podataka kojima se obezbjeđuje bolje znanje, određuju trendovi i daju predviđanja. Personalizovana medicina se odnosi na medicinski model koji koristi karakterizaciju fenotipova i genotipova pojedinaca u cilju definisanja prave terapijske strategije za određenu osobu u određeno vrijeme i takođe za određivanje predispozicije za bolesti. Vještačka inteligencija (AI) je sposobnost računara ili robota koji kontroliše kompjuter da obavlja zadatke kroz proces ugradnje ljudske inteligencije u mašine koje primenjuju logiku i rezonovanje za analizu ulaznih podataka i obavljanje kognitivne funkcije. AI pruža sposobnost koja omogućava računarima da samostalno rješavaju složene probleme, da razumiju, djeluju i uče na način sličan ljudima. Glavna zabrinutost je da li je velika količina podataka o pacijentima prikupljenih za računare i AI modele, bezbjedno zaštićena. Potrebna su ulaganja u rješenja koja garantuju zaštitu podataka i privatnosti pacijenata i zdravstvenih informacija uopšte. AI ne može da zamjenjuje procjenu ljekara, već AI treba da podrži odluke kliničara. Mora postojati kritičko mišljenje i analiza informacija od strane ljekara za podatke koji se dobijaju od strane vještačke inteligencije. Moraju se povući linije odgovornosti kako bi se artikulisalo ko mora biti odgovoran kada je pacijent oštećen ili povrijeđen usljed grešaka izazvanih upotrebom tehnologija.

Ključne riječi: Personalizovana medicina, vještačka inteligencija, sistem kliničkog odlučivanja

PERSONALIZED MEDICINE AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Abstract: Big Data Technology “Big Data” are techniques for analyzing large amounts of data to provide better knowledge, determine trends, and make predictions. Personalized medicine refers to a medical model that uses the characterization of phenotypes and genotypes of individuals in order to define the right therapeutic strategy for a specific person at a specific time and also to determine the predisposition to diseases. Artificial intelligence (AI) is the ability of a computer or computer-controlled robot to perform tasks through the process of incorporating human intelligence into machines that apply logic and reasoning to analyze input data and perform cognitive function. AI provides the ability to enable computers to solve complex problems on their own, to understand, act and learn in a human-like manner. A major concern is whether the large amount of patient data collected for computers and AI models is securely protected. Investments are needed in solutions that guarantee the protection of data and privacy of patients and health information in general. AI cannot replace a physician’s judgment, but rather AI should support the clinician’s decisions. There must be critical thinking and analysis of information by the physician for the data obtained by artificial intelligence. Lines of responsibility must be drawn to articulate who must be responsible when a patient is harmed or injured as a result of errors caused by the use of technologies.

Keywords: Personalized medicine, artificial intelligence, clinical decision making system

¹ Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Medicinski fakultet, dejan.bokonjic@ues.rs.ba

1. UVOD

Vještačka inteligencija (AI) se odnosi na razvoj računarskih sistema i programa sposobnih za obavljanje zadataka koji obično zahtjevaju ljudsku inteligenciju, kao što su rješavanje problema, donošenje odluka i prepoznavanje obrazaca. Mašinsko učenje je podskup vještačke inteligencije, koji omogućava kompjuterskim programima da tokom vremena uče iz podataka i da poboljšaju performanse svojih programa. U kontekstu personalizovane medicine, algoritmi mašinskog učenja mogu analizirati ogromne količine podataka o pacijentu da bi identifikovali obrasce i napravili predviđanja o zdravstvenim ishodima pojedinca.

Međutim, mašinsko učenje je samo jedan dio slagalice. Duboko učenje, napredniji oblik mašinskog učenja, koristi neuronske mreže za analizu složenih odnosa unutar podataka, što ga čini posebno pogodnim za personalizovanu medicinu. Ove neuronske mreže su inspirisane strukturom i funkcijom ljudskog mozga, omogućavajući im da obrađuju i tumače podatke na način koji podsjeća na ljudsku inteligenciju. Algoritmi dubokog učenja su jako korisni u obavljanju zadataka kao što su prepoznavanje slika, obrada jezika i prepoznavanje govora. U personalizovanoj medicini, ovi algoritmi se mogu koristiti za analizu medicinske slike, kao što su rendgenski snimci, MR ili CT slike ili preparati iz patologije. Koristeći moć dubokog učenja, ljekari mogu da postave preciznije dijagnoze i razviju personalizovane planove liječenja prilagođene jedinstvenim potrebama svakog pacijenta.

Personalizovana medicina na jedan potpuno nov način mijenja i unapređuje sistem zdravstvene zaštite, a integracija vještačke inteligencije (AI) podstiče ovu transformaciju. AI tehnologije su značajno unaprijedile našu sposobnost da analiziramo velike količine složenih podataka, što je dovelo do bržeg postavljanja dijagnoze i boljeg ishoda liječenja.

Medicina je dugo vremena imala generalizovan pristup liječenju pacijenata, pod pretpostavkom da jedan pristup odgovara svima. Međutim, postaje sve jasnije da individualne varijacije u genetici, načinu života i okruženju značajno utiču na odgovor pojedinca na liječenje. Ovo saznanje je izazvalo pojavu personalizovane medicine — pristupa koji prilagođava medicinske intervencije karakteristikama svakog pacijenta.

Personalizovana medicina je promijenila sistem zdravstvene zaštite. Algoritmi vještačke inteligencije mogu da obrađuju veliki broj podataka o pacijentima, uključujući genetske informacije, medicinsku dokumentaciju, različite spoljne faktore i faktore životnog stila, kako bi kreirali personalizovane planove liječenja. Analizom obrazaca i korelacija unutar ovih podataka, AI može da identifikuje zajedničke faktore među pacijentima i da predvidi pojedinačne odgovore na tretmane sa neviđenom tačnošću kao i eventualne štetne efekte.

Naš cilj je da u ovom tekstu prikazemo ključnu ulogu koju AI igra u unapređenju personalizovane medicine, njen uticaj na otkrivanje bolesti, diferencijalnu dijagnozu i terapiju, kao i sve prednosti i opasnosti koje njena upotreba nosi.

2. VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA U PERSONALIZOVANOJ MEDICINI - PREDNOSTI

Sa sposobnošću da analiziraju veliki broj podataka (Big data) u kratkom periodu, AI algoritmi mogu da identifikuju sakrivene obrasce i asocijacije koje bi inače mogle ostati neprimijećene od strane ljekara. Ovo je dovelo do otkrića novih biomarkera različitih bolesti, zatim novih genetskih varijanti i terapijskih ciljeva, otvarajući put efikasnijim i preciznijim intervencijama. Dalje, personalizovana medicina zasnovana na vještačkoj inteligenciji ima potencijal da unaprijedi njegu. Analizom genetskih predispozicija pojedinca, izbora načina života i faktora okoline, AI algoritmi mogu identifikovati pojedince koji su pod većim rizikom razvoja određenih bolesti. Ova rana identifikacija omogućava zdravstvenim radnicima da sprovedu preventivne mjere i intervencije, smanjujući rizik od bolesti i poboljšavajući opšte zdravlje stanovništva. Još jedna značajna prednost integracije AI u personalizovanu medicinu je mogućnost kontinuiranog učenja i prilagođavanja. Algoritmi vještačke inteligencije mogu da analiziraju ishode liječenja i odgovore pacijenata u realnom vremenu, omogućavajući optimizaciju planova liječenja. Ovaj proces osigurava da se intervencije stalno poboljšavaju i razvijaju.

Sistemi sa AI mogu pomoći ljekarima u predviđanju rezultata liječenja i određivanju najefikasnijih intervencija. Analizom velikih skupova podataka koji sadrže informacije o pacijentima sa sličnim karakteristikama i medicinskom istorijom, AI algoritmi mogu da generišu obrasce liječenja. Ovo ne samo da poboljšava ishode liječenja, već i optimizuje raspodjelu resursa za zdravstvenu zaštitu, obezbjeđujući da se resursi dodjeljuju onima kojima su najpotrebniji.

“Big data”, odnosno veliki podaci, igraju ključnu ulogu u personalizovanoj medicini, omogućavajući zdravstvenim radnicima da analiziraju ogromne količine informacija kako bi donijeli odluke zasnovane na dokazima. Algoritmi AI su odlični u obradi velikog broja podataka, omogućujući brzu i efikasnu analizu. Upotrebom AI tehnologija, zdravstveni radnici mogu kombinovati različite izvore podataka, uključujući medicinske kartone, podatke koji se dobijaju preko prenosnih uređaja i rezultate dobijene razgovorom sa pacijentima. Ova integracija omogućava kliničarima da generišu tačnije dijagnoze, identifikuju optimalne opcije liječenja i predvide progresiju bolesti. Jedna od ključnih prednosti korišćenja velikih podataka u personalizovanoj medicini je mogućnost analize genomskih podataka. Genomski profili pružaju dragocjene uvide u genom pojedinca, omogućavajući ljekarima da identifikuju genetske varijacije koje mogu doprinijeti sklonosti ka bolesti ili odgovoru na liječenje. Sa AI algoritimima, ovi genomski profili se mogu analizirati na širokoj skali i velikom brzinom omogućavajući identifikaciju rijetkih genetskih varijanti.

Podaci koji se dobijaju preko nosivih uređaja postaju sve popularniji u personalizovanoj medicini. Ovi uređaji, kao što su fitnes trake, holteri, pametni satovi i drugi, prikupljaju podatke u realnom vremenu o različitim zdravstvenim parametrima, uključujući puls, frekvenciju disanja, krvni pritisak, obrasce spavanja i fizičku aktivnost. Integracijom ovih podataka sa drugim dobijenim iz medicinskog kartona i sl., AI algoritmi mogu otkriti obrasce i korelacije koje nisu očigledne ljudskom oku. Ovaj holistički pristup analizi podataka omogućava da se stekne sveobuhvatno razumjevanje zdravstvenog statusa pojedinca i da se, shodno tome, prilagode planovi liječenja. Još jedna oblast u kojoj se veliki podaci i vještačka inteligencija prepliću

u personalizovanoj medicini je analiza ishoda liječenja pacijenata. Rezultati koji se dobijaju kroz prikupljanje informacija direktno od pacijenata o njihovim simptomima, kvalitetu života i preferencijama za liječenje značajno pomažu u sistemu odlučivanja i zaključivanja. Tradicionalno, ovi rezultati su prikupljeni putem upitnika, što je činilo izazovom obradu i analizu podataka. AI algoritmi mogu da kroz analizu izvlače trendove koji mogu da donesu odluke o personalizovanom liječenju. Štaviše, integracija velikih podataka i AI u personalizovanu medicinu ima potencijal da jako unaprijedi predviđanje i prevenciju bolesti.

3. VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA U MEDICINI - IZAZOVI I ETIČKA PITANJA

Važno je napomenuti da vještačka inteligencija nije bez svojih izazova. Etička razmatranja, kao što su privatnost i preciznost podataka i pristrasnost, moraju se pažljivo razmotriti kako bi se osigurala odgovorna upotreba. Tačni podaci su od suštinskog značaja za izgradnju dobrih AI modela i donošenje adekvatnih odluka. Rukovanje brzim protokom podataka zahtijeva mogućnosti snimanja i obrade u realnom vremenu. Fragmentirani izvori podataka čine integraciju složenom zbog varijacija u modelima podataka, standardima i formatima. Nestandardizovani formati sprečavaju preciznu agregaciju podataka, utičući na kvalitet podataka i sveobuhvatnu analizu. To se može ispoljiti kroz poteškoće u organizovanju sveobuhvatnog pregleda pacijentove medicinske istorije. Pogrešni podaci značajno kompromituju tačnost i pouzdanost ishoda AI. Greške u unosu podataka i nedostajuće informacije dovode do iskrivljenih rezultata i netačnih predviđanja. Obezbjedivanje potpunih i tačnih podataka je od vitalnog značaja za dobijanje smislenih zaključaka i donošenje informisanih odluka.

Fragmentirana briga o pacijentima ometa preciznu koordinaciju i predstavlja značajan izazov u pružanju zdravstvene zaštite. Pogrešna komunikacija tokom tranzicije njege i liječenja doprinosi medicinskim greškama i kompromituje pacijente. Zdravstveni podaci iz različitih izvora često nemaju strukturu. Poboljšanje sistema elektronskih zdravstvenih zapisa kako bi bili korisniji je jedan od najvećih izazova velikih podataka u zdravstvu. Zdravstveni podaci se ažuriraju različitim frekvencijama. Iako se vitalni znaci mogu često mijenjati, drugi podaci, kao što su prebivalište ili bračni status mogu ostati nepromijenjeni tokom dužeg perioda. Različite učestalosti ažuriranja zdravstvenih podataka predstavljaju izazove za sistem velikih podataka i vještačke inteligencije u zdravstvu. Nedosljedne prakse praćenja podataka i nepredvidiva priroda podataka dovode do dupliranja zapisa, ometajući kvalitet podataka. Uklanjanje nepotrebnih duplikata omogućava kliničarima da bez napora pristupe vitalnim informacijama o pacijentima i donose odluke na osnovu informacija.

Razvoj digitalne zdravstvene zaštite predstavlja značajan izazov u pogledu zaštite privatnosti i bezbjednosti zdravstvenih podataka. Različiti podaci o zdravlju ljudi su izloženi različitim hakerskim napadima. Snažne bezbjednosne mjere kao što su antivirusni softver, šifrovanje osjetljivih podataka i višefaktorska autentifikacija idalje mogu da ostave čak i najbezbjednije podatke ranjivim.

Obrada i analiza zdravstvenih podataka predstavlja veliki posao u zdravstvenim organizacijama. Analiza i obrada zahtijeva dosta vremena i truda. Efikasno upravljanje zdravstvenim podacima podrazumijeva praćenje i skladištenje podataka u različ-

tim formatima. Ovaj proces može biti opterećujući ako ne postoji modernizovana platforma, što dovodi do potencijalnih grešaka i neefikasnosti. Mnoge organizacije se idalje oslanjaju na lokalno skladištenje podataka radi poboljšane bezbjednosti, kontrole pristupa i neprekidnog rada.

Platforme zasnovane na "cloud"-oblaku omogućavaju neometano prikupljanje podataka putem mobilnih interfejsa prilagođenih korisniku. Međutim, postoje aspekti velikih podataka koji mogu da utiču na performanse, bezbjednosti privatnost podataka u oblaku. Zaštita povjerljivosti pacijenata i obezbjeđivanje da lične informacije ostanu bezbjedne su vitalni prioriteti. Pridržavanje strogih protokola privatnosti pomaže u izgradnji povjerenja među pacijentima i zdravstvenim radnicima.

4. ZAKLJUČAK

Tačna i pravovremena dijagnoza je kamen temeljac efikasnog liječenja. AI pomaže u otkrivanju i dijagnostici bolesti povećavajući sposobnosti ljekara u liječenju. Pomoću AI algoritama, ljekari mogu da analiziraju podatke o pacijentima, otkriju suptilne obrasce i identifikuju rane znakove bolesti. Štaviše, dijagnostički alati zasnovani na vještačkoj inteligenciji mogu da obezbijede analizu i preporuke u realnom vremenu tokom medicinskih intervencija.

AI je kroz personalizovanu medicinu već pokazala ogroman potencijal koji se dalje razvija. AI će nastaviti da igra ključnu ulogu u transformaciji zdravstvene zaštite u različitim domenima. Kako više podataka bude dostupno, AI algoritmi će postajati sve precizniji, što će dovesti do preciznijih personalizovanih planova liječenja, koji optimizuju različite terapijske algoritme. Sa AI tehnologijama, precizna medicina će nastaviti da širi svoj ulogu omogućavajući prilagođene terapije za širok spektar stanja. Integracija AI sa prenosivim uređajima i daljinsko praćenje pacijenata će olakšati prikupljanje podataka u realnom vremenu, omogućavajući zdravstvenim radnicima da kontinuirano prate pacijente van zdravstvenih ustanova.

Uloga AI u personalizovanoj medicini preoblikuje zdravstveni sistem. Koristeći moć vještačke inteligencije, ljekari mogu da pruže precizniju dijagnostiku, smanje dijagnostičke greške i poboljšaju ishode liječenja pacijenata. Kako vještačka inteligencija nastavlja da se razvija, njen uticaj će samo rasti, otvarajući novu eru personalizovane zdravstvene zaštite.

Važno je naglasiti postojanje izazova i etičkih nedoumica koji su povezani sa integracijom AI u personalizovanu medicinu. Postoji zabrinutost u vezi sa privatnošću i bezbjednošću podataka. Transparentnost, odgovornost i čvrsti regulatorni okviri su od suštinskog značaja za ublažavanje ovih rizika i osiguravanje da integracija AI u personalizovanu medicinu koristi svim pojedincima.

LITERATURA

1. Visvikis-Siest S, Theodoridou D, Kontoe M-S, Kumar Sand Marschler M. (2020) Milestones in Personalized Medicine: From the Ancient Times to Nowadays — the Provocation of COVID-19.
2. Front. Genet. 11:569175. doi: 10.3389/fgene.2020.569175. Parekh AE, Shaikh OA, Simran, Manan S, Hasibuzzaman MA. Artificial intelligence (AI) in personalized medicine: AI-generated personalized therapy regimens based on genetic and medical history: short communication. *Ann Med Surg (Lond)*. 2023 Sep 13;85(11):5831-5833. doi: 10.1097/MS9.0000000000001320.
3. Yang S, Zhu F, Ling X, Liu Q and Zhao P (2021) Intelligent Health Care: Applications of Deep Learning in Computational Medicine. *Front. Genet.* 12:607471. doi: 10.3389/fgene.2021.607471
4. Marc Ghanem, Abdul Karim Ghaith, Mohamad Bydon, Chapter 6 - Artificial intelligence and personalized medicine: transforming patient care, Editor(s): Mohamad Bydon, *The New Era of Precision Medicine*, Academic Press, 2024, Pages 131-142, ISBN 9780443139635,
5. Johnson KB, Wei WQ, Weeraratne D, Frisse ME, Misulis K, Rhee K, Zhao J, Snowdon JL. Precision Medicine, AI and the Future of Personalized Health Care. *Clin Transl Sci.* 2021 Jan;14(1):86-93. doi: 10.1111/cts.12884. Epub 2020 Oct 12. PMID: 32961010; PMCID: PMC7877825.
6. Farhud DD, Zokaei S. Ethical Issues of Artificial Intelligence in Medicine and Healthcare. *Iran J Public Health.* 2021 Nov;50(11):i-v. doi: 10.18502/ijph.v50i11.7600. PMID: 35223619; PMCID: PMC8826344.
7. Weidener L, Fischer M. Role of Ethics in Developing AI-Based Applications in Medicine: Insights From Expert Interviews and Discussion of Implications. *JMIR AI* 2024;3:e51204. doi: 10.2196/51204