



Savjeti za poboljšanje 3D iskustva

Praktični priručnik za medicinsku i
industrijsko - obrtničku školu





E-učenje. Izvor:

<https://www.cae.net/top-10-e-learning-trends-for-languages-in-2019-ii/>

3D i tehnologije virtualne stvarnosti za VET “. Referenca projekta: 2019-1-HR01-KA202-061006 projekt je koji se financira iz programa Erasmus + u okviru ključne akcije „Suradnja za inovacije i razmjena dobrih praksi“. Vrsta akcije je Strateško partnerstvo za strukovno obrazovanje i osposobljavanje. Ukupno trajanje projekta je dvije godine.

Podrška Europske komisije za proizvodnju ove publikacije ne predstavlja odobrenje sadržaja koji odražavaju samo stavove autora i Komisija ne može biti odgovorna za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Zašto su nove tehnologije i projekt **3D and VR for VET project** važni za medicinsku i industrijsko-obrtničku školu?

U 21. stoljeću razvoj novih tehnologija toliko je napredovao da nam nudi gotovo nebrojene mogućnosti, od zabave, posla do pomoći u svakodnevnim zadacima. 3D, VR tehnologija i umjetna inteligencija također su se razvili do te mjere da negdje mogu zamijeniti ljudski faktor, što može prestrašiti ljude (gubitak posla uslijed zamjene ljudskog faktora strojem), ali istina je da bi svi trebali imati dovoljno znanja o novim tehnologijama i iskoristiti ih da nam pomognu, a ne da nas zamjene.

Najbolji primjer kako nam nove tehnologije mogu pomoći i koliko su važne je njihova primjena u medicini. Konkretno, u nastavi medicine od srednjoškolskih dana. Uz predavanja i udžbenike, praksa je ključni čimbenik medicinske struke. Ali razdoblje provedeno na vježbama u školi i na praksi u bolnici rijetko može pripremiti učenike za ono što ih čeka kada se zaposle, jer je jednostavno nemoguće proći kroz sve situacije koje se mogu dogoditi.

Stoga se nove tehnologije savršeno uklapaju u njihov školski program kako bi svima osigurale jednake uvjete prakse i jednako znanje te ih značajno približile raznim situacijama u kojima se mogu naći (npr. operacije, prijem na hitnu, kućne posjete itd.). Znanja koja bi stekli povećala bi im vrijednost, a ujedno bi učenje učinila posebno zanimljivim i atraktivnim, što bi, vjerujem, pridonijelo dodatnoj motivaciji samih učenika. Vrijedno je spomenuti u vrijeme pandemije kada je praksa onemogućena ili je vrlo ograničena koliko bi ovaj način učenja pomogao studentima.

Također, industrijsko - obrtnička škola mogla bi višestruko koristiti nove tehnologije primjenjujući ih u svom nastavnom programu. Slično medicinskoj školi i fakultetu, oni se mogu koristiti novim tehnologijama kako bi im pomogle da uče i vježbaju, ali s druge strane, saznanje kako to funkcionira u nekim profesijama sigurno bi moglo pomoći u smislu razvoja i poboljšanja novih tehnologija te njihove primjene u njihovoj školi i drugdje .

U obje škole za bolje usvajanje novih znanja i vještina u novim tehnologijama najbolji je način stvoriti specijalizirane obrazovne module koji će kombinirati samostalno učenje putem interneta i praktične vježbe izvan mreže. Ovim će se projektom razviti prototip sustava učenja koji se može brzo razvijati, a univerzalnost primjene lako bi osigurala razmjenu stručnosti, iskustva i dobre prakse s partnerskim organizacijama u Hrvatskoj i inozemstvu. Nadalje, još jedna velika vrijednost ovog projekta je što će posebnu pozornost posvetiti dizajniranju prikladnih materijala za slijepe i slabovidne osobe kao i osobe s tjelesnim invaliditetom.

Svi zaziremo od nepoznatog i mnogi ljudi imaju averziju prema učenju novih tehnologija i novih stvari u životu općenito (ono što znamo je najsigurnije), ali oni koji vole učiti trebali bi naporno raditi na podizanju svijesti o važnosti cjeloživotnog života učenja i mogućnosti koje nam otvara, te na primjeru pokazati koliko bogatstva na svim razinama može donijeti izlazak iz naše zone udobnosti.

Težnja ka boljem tehnološkom obrazovanju za
studente strukovnog obrazovanja – moto 3D i
VR za konzorcij VET-a

- - - - X

“

Kada slušamo uhom svog srca (slušanje cijelog
tijela), doživljavamo svoju proročku prirodu i
dijelimo svoje poruke sa svijetom.

-Vanessa F. Hurst

Istraživanje stvara novo znanje.

-Neil Armstrong

”

Opseg ovog priručnika

- - - - X

Poseban fokus ovog priručnika usmjeren je na ciljanu publiku područja strukovnog obrazovanja.

Glavni cilj projekta je širenje znanja učenicima, studentima, profesorima i ostalim entuzijastima na polju novih trendovskih tehnologija CAD modeliranja, 3D ispisa i virtualne stvarnosti. U tablici 1. dat je kratak opis intelektualnih rezultata.



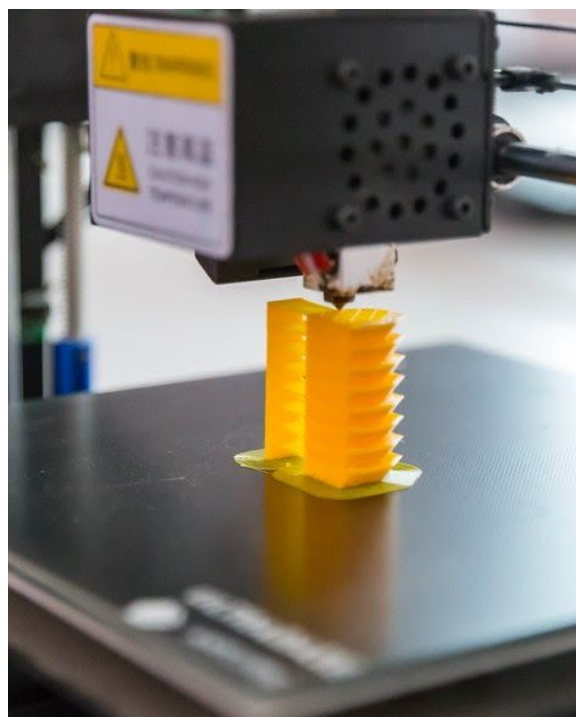
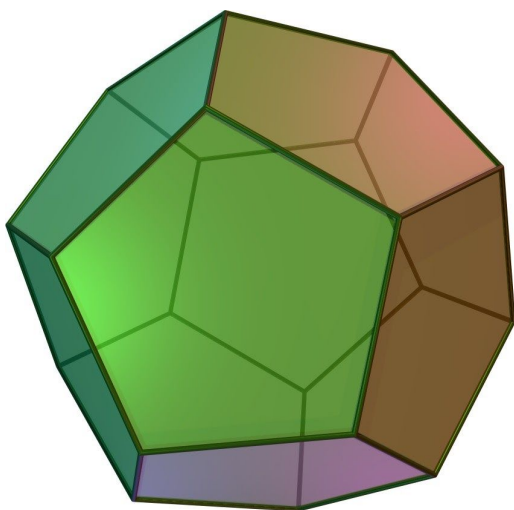
Nastavnica. Izvor:

<https://elements.envato.com/young-happy-female-teacher-with-arms-crossed-stand-F3GZVS9>

Tablica

Pregled intelektualnih rezultata		
	Izlazni naslov	Kategorija osoblja
01	Savjeti za poboljšanje 3D iskustva	Učitelji / treneri / istraživači
02	Otvoreno, internetsko, digitalno obrazovanje - E-tečaj / modul za učenje - Smjernice za 3D i VR iskustvo	Učitelji / treneri / istraživači

Materijali opisani u ovom priručniku mogu pružiti opsežan izvor strukturiranih informacija za aktivnosti strukovnog obrazovanja i osposobljavanja.



3D model ispisa. Izvor:

<https://www.mime.asia/how-3d-printing-in-indonesia-will-start-working/>

DOPRINOS: 3D i VR za VET Erasmus + projektni konzorcij



Sveučilište Jurja Dobrile, Pula, Hrvatska

Sveučilište u Puli započelo je svoju misiju 2006. godine, ali uključuje subjekte koji postoje od 1960-ih. Organizirano je u nekoliko sastavnica na temelju načela integrirane strukture. Ukupno ima 240 djelatnika i upisano 3.600 studenata. Smješten u 3000 godina starom gradu smještenom na jugu Istre, najrazvijenije regije u Hrvatskoj, s izrazitom kulturnom raznolikošću zbog svog zemljopisnog položaja i povijesne baštine.

Sveučilište čine odsjeci, fakulteti i akademija: Fakultet za ekonomiju i turizam, Fakultet pedagoških znanosti, Filozofski fakultet koji pokriva čitav spektar povijesti, klasične i rimske filologije, hrvatskih, talijanskih i azijskih studija, Interdisciplinarni fakultet, Talijanski i kulturološki studij, Glazbena akademija, Fakultet informatike, Odjel za prirodne znanosti i zdravstvene studije i Odjel za inženjerstvo. Sveučilište nudi dva preddiplomska studija iz područja znanosti o moru i sestrinstva te doktorski studij iz društvenih znanosti.

Institut za znanost i tehnologiju VISIO osnovan je 2008. godine kao znanstveni dio Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli. Glavni ciljevi su razvoj znanosti i tehnologije, stručni rad, analize, stručnost i istraživački i razvojni projekti na području društvenih, humanističkih, prirodnih, tehničkih, biotehničkih znanosti, biomedicine i zdravstva, umjetnosti, interdisciplinarnog područja znanosti i interdisciplinarnog područja umjetnosti. Institut želi podići novu generaciju potencijalnih znanstvenika i istraživača. VISIO predstavlja tehnologiju 3D ispisa i 3D tiskane mikroskope, izrađene u

VISI0 laboratoriju. Uloženi napor i čista ljubav prema znanosti već su nagrađeni brojnim nacionalnim i međunarodnim nagradama, što dokazuje značaj ove inicijative. Na čelu je izv. prof. Sven Maričić.

Industrijsko-obrtnička škola Pula

Industrijsko-obrtnička škola, Pula, Hrvatska

Industrijsko obrtnička škola Pula strukovna je škola koja obrazuje učenike između 15 i 18 godina u području elektrotehnike, građevine i strojarstva te brodogradnje. Škola ima 180 učenika, 30 nastavnika i 15 članova drugog osoblja. Svi učitelji imaju fakultetsko obrazovanje, a mnogi od njih imaju industrijsko iskustvo kao inženjeri, voditelji projekata i nadzornici rada u industriji i građevinarstvu.

Kao niža strukovna srednja škola u dualnom sustavu obrazovanja, škola je stekla bogato iskustvo organiziranjem radnih mjesta za svoje učenike u industriji, tvrtkama, uslužnim djelatnostima i drugim organizacijama u stvarnom radnom sektoru. Glavni je cilj škole pružiti učenje bazirano na radu na temelju svog dugogodišnjeg iskustva.

Industrijsko obrtnička škola Pula nudi obrazovanje odraslih u strukovnim kurikulumima. Odrasli mogu steći diplomu i dodatno zvanje kada su nezaposleni, da bi svoje znanje nadograđivali novim vještinama, kompetencijama i znanjem potrebnim u današnjem radnom okruženju.



Medicinska škola, Pula, Hrvatska

Medicinska škola Pula djeluje od 1956. godine i broji 48 zaposlenih. Učenike obrazuje u tri obrazovna programa, a to su medicinska sestra, fizioterapeutske tehničar i primalja. Škola podučava 260 učenika u 11 odjeljenja.

Škola svake godine svojim projektima sudjeluje na nacionalnim susretima zdravstvenih škola u Republici Hrvatskoj i istarskoj regiji pod pokroviteljstvom Agencije za strukovno obrazovanje i obrazovanje odraslih i SEMEP-a.

Medicinska škola Pula nositelj je dva projekta u istarskoj regiji zdravstva. Škola surađuje i provodi aktivnosti s raznim udrugama kao što su: Liga protiv raka, Istarsko distrofično društvo, Udruga slijepih i slabovidnih osoba Istre, Udruga gluhih i ljudi koji slušaju Istru, Hrvatski Crveni križ i Sklonište za beskućnike, domovi za starije i nemoćne osobe „Alfredo Stiglič“ i „Sveti polikarp“, dom za mentalno oboljele odrasle osobe „Vila Marija“ i Dječji dom „Ruža Petrović“. Medicinska škola Pula sudjeluje na stručnim skupovima na međuzupanijskoj i državnoj razini na kojima predstavlja svoje rezultate.

Škola radi na nekoliko lokacija, a u pripremi je i izgradnja nove školske zgrade koja bi omogućila bolje uvjete rada, a kroz mobilnost učenika i nastavnika osiguralo bi se stjecanje novih znanja i vještina za njihovu internacionalizaciju.

Prethodna iskustva škole u projektnim aktivnostima:

Škola je bila partner u projektu Poboljšanje školskih programa s ciljem promicanja zdravog načina života (Shema potpore: Modernizacija školskih programa u strukovnim školama u skladu s promjenjivim potrebama tržišta rada / gospodarstva 2012.-2014.), A trenutno je partner u projektu „DROP-APP: dajte glas mladima kroz nove tehnologije za borbu protiv napuštanja škole!“, 2014.-2017. u okviru programa Erasmus +, Ključna aktivnost 2.

Škola je bila i nositelj međunarodnog projekta pod nazivom „Zdravstvena pismenost za samostalan život“, 2018.-2019. U okviru programa Erasmus +, ključna aktivnost 2. Cilj projekta je razviti zdravstvenu pismenost kao ključni čimbenik u prevenciji bolesti i promicanju zdravlja u funkcionalna, interaktivna i kritična razina kod učenika i ciljanih dobnih skupina.

Nositelj projekta Erasmus +, ključna aktivnost 1 „Zdravstvena zaštita i rehabilitacija u gerontologiji i palijativnoj skrbi“ 2016.-2017., 2016-1-HR01-KA102-021848. Projektne aktivnosti u okviru ovog projekta odnose se na mobilnost studenata koji studiraju za medicinsku sestru opće njege - medicinski tehničar opće njege i fizioterapeutske tehničar-fizioterapeutske tehničar u Dublinu u Irskoj, a koja će se provoditi u razdoblju od 01.04.2017. do 15.04.2017. u pratnji dvije stručne učiteljice. Tijekom mobilnosti studenti će odraditi 80 sati praktičnog rada u domovima umirovljenika.

Škola ima iskustvo u projektima kao partner i nositelj projekta. Kroz projekte mobilnosti KA1 želi ojačati svoju sposobnost provođenja projekata i podizanja kvalitete škole, ali prvenstveno iskoristiti priliku da svojim studentima pruži praksu u inozemstvu kako bi poboljšali svoje srednje obrazovanje i postali konkurentniji na post-sekundarnom tržištu rada.



Mediterranski institut za istraživanje života, Split, Hrvatska

Mediterranski institut za znanosti o životu (MedILS) privatni je i neovisno financirani, međunarodni, neprofitni istraživački institut. Pod vodstvom entuzijastičnih profesionalaca, MedILS nastoji stvoriti i održavati vrhunsko istraživačko okruženje za međunarodne i lokalne izuzetne znanstvenike. Istraživački interes MedILS-a prvenstveno se fokusira na razvijanje vrlo originalnih, multidisciplinarnih pristupa osmišljenih da pruže nove uvide u temeljne koncepte molekularne biologije starenja i bolesti povezanih s dobi. Kao vodeća istraživačka institucija u Hrvatskoj, MedILS zapošljava 30 međunarodnih i hrvatskih istraživača. Istraživanje na MedILS-u temelji se na znanstvenom konceptu i projektu prof. Miroslava Radmana s naglaskom na molekularnim osnovama starenja, mutacijama, staničnoj smrti i bolestima uzrokovanim starenjem, te ulozi stanične komunikacije u

zdravlju i bolestima. Primarni znanstveni cilj MedILS-a je poboljšanje javnog zdravlja otkrivanjem i razvojem ciljane prevencije raširenih bolesti, novim dijagnostičkim metodama i liječenjem bolesti povezanih sa dobi, uključivanjem izvornih biomedicinskih istraživanja na polju biologije starenja i bolesti povezanih s dobi, uključujući karcinom. Osnovni koncept je da starenje nije bolest već uzrok svih dobno povezanih bolesti.

Osim istraživačkih aktivnosti, MedILS također organizira razna znanstvena događanja s ciljem promicanja znanosti i širenja novih znanja i rezultata istraživanja znanstvenika u MedILS-u, kao i partnera, domaćih i međunarodnih institucija.

MedILS ima iskusan menadžerski tim koji trenutno upravlja s 4 EU projekta i 2 privatno financirana projekta. Uspješno upravljanje projektom CACAO temeljit će se na tom iskustvu, a posebno na koordinaciji PROMISE (Personalized Medicine Inquiry-Based), Erasmus + projekta, 2019-1-HR01-KA203-061010.



Tehničko sveučilište, Cluj-Napoca, Rumunjska

Tehničko sveučilište u Cluj-Napoci, koje je „Sveučilište za napredna istraživanja i obrazovanje“, sastoji se od dvanaest fakulteta u dva akademska centra, Cluj-Napoci i Baia-Mareu, kao i na lokacijama poput Alba-Iulia, Bistrita, Satu Mare i Zalau. Obrazovna ponuda, usklađena s bolonjskim sustavom, uključuje prvostupničke, magistarske i doktorske programe, kao i programe kontinuiranog usavršavanja. Studijski programi izvode se na rumunjskom, ali i na međunarodnim jezicima, odnosno engleskom, njemačkom i francuskom.

Sveučilište nudi preko 205 prvostupničkih i magistarskih programa na fakultetima u Cluj-Napoci, vodeći računa i o međunarodnoj razmjeni znanstvenih vrijednosti, a taj se trend očituje u preko 400 sporazuma

o suradnji između sveučilišta ili u velikom broju mobilnosti učenika. Otvaranje prema europskom i svjetskom prostoru obrazovanja i istraživanja kroz stalan proces internacionalizacije jedan je od glavnih ciljeva sveučilišta.

Istraživanje je, uz obrazovanje, glavni prioritet Tehničkog sveučilišta u Cluj-Napoci. Na svim fakultetima sveučilišta postoje istraživačke strukture, od kolektiva, grupa i laboratorija, do istraživačkih centara i platformi. Izvedba usidrena u društveno-ekonomskom okruženju, međunarodna vidljivost i suradnja, kao i znanstvena novost i interdisciplinarnost neke su od karakteristika istraživačkog okruženja Tehničkog sveučilišta u Cluj-Napoci. Otvoreni smjerovi istraživanja orijentirani su na globalne prioritete i perspektive: od informacijske i komunikacijske tehnologije do obnovljive energije i ekologije; od superprovodljivosti, spintronike i nanomaterijala, do upravljanja, 3D ispisa i robotike; od proizvodnje do elektrotehnike, automobila i kuće budućnosti ili urbanizma i društva.



Sveučilište Jugoistočne Norveške, Norveška

USN je osnovan 1. siječnja 2016. godine, kada su se Buskerud i Sveučilišni koledž Vestfold spojili sa Sveučilišnim koledžom Telemark. Ima približno 18 000 učenika i 1600 zaposlenika, raspoređenih u osam kampusa: Drammen, Vestfold, Kongsberg, Ringerike, Bø, Notodden, Porsgrunn i Rauland. U težnji da ima regionalnu zakladu i s osam kampusa, USN je snažno prisutan u jednoj od najuzbudljivijih i najdinamičnijih industrijskih regija Norveške.

Fakultet tehnologije, prirodnih znanosti i pomorskih znanosti (TNM) smješten je u kampusu Kongsberg i nudi diplome i magisterije znanosti iz različitih disciplina, uključujući inženjerstvo, znanost i pomorske studije, kao i četiri doktorska programa. Campus Kongsberg smješten je unutar Krona centra za znanje i kulturu Kongsberga i u neposrednoj

blizini nekoliko vodećih norveških tehnoloških tvrtki iz industrije naoružanja, zrakoplovstva i brodarstva, kao i naftne i plinske industrije.

InSciEd *Tamara Milošević, Pariz, Francuska*

Tamara Milošević doktorirala je na biologiji te je provodila interdisciplinarna istraživanja znanosti o životu, kao i obrazovna istraživanja, u obliku članaka, konferencijskih razgovora i plakata. Osnivačica je i direktorica svog mikro poduzeća (auto-poduzetnik), registriranog u Francuskoj kao MSP od 2015. Kao neovisna savjetnica za pedagoške inovacije, specijalizirala se za visoko obrazovanje i cjeloživotno učenje. Njezina primarna djelatnost je pomaganje visokoškolskim ustanovama da transformiraju svoje kurikule kako bi zadovoljili potrebe učenika 21. stoljeća, kroz aktivno učenje usredotočeno na studente i interdisciplinarno učenje temeljeno na projektima. Njezin angažman s nastavničkim timovima pomaže im u izvođenju obuke koja povećava stjecanje disciplinskih i transverzalnih vještina učenika, pomažući im tako da zadovolje potrebe tržišta rada 21. stoljeća. Njezin se pristup sastoji od savjetovanja obrazovnih voditelja o odabiru i varijacijama internetskih, izvanmrežnih i kombiniranih modula učenja, pedagoške podrške nastavnim timovima za provedbu iskustvenog učenja u njihovim učionicama, kao i podrške za procjenu učinka pedagoških inovacija i širenje rezultata na lokalnoj razini i globalno, putem konferencija i članaka. Osim toga, ona pruža programe „obuke trenera“ na svim razinama, stvarajući prilagođene intenzivne radionice za edukaciju edukatora u aktivnim metodama učenja, korištenju tehnologije u učionici, alternativnim metodama ocjenjivanja (samoevaluacija i vršnjačka evaluacija), provedbi projektnih temeljeno učenje i oblikovanje koherentnih kurikuluma.

Sadržaj

3D i tehnologije virtualne stvarnosti za VET “. Referenca projekta: 2019-1-HR01-KA202-061006 projekt je koji se financira iz programa Erasmus + u okviru ključne akcije „Suradnja za inovacije i razmjena dobrih praksi“. Vrsta akcije je Strateško partnerstvo za strukovno obrazovanje i osposobljavanje. Ukupno trajanje projekta je dvije godine.	2
Težnja ka boljem tehnološkom obrazovanju za studente strukovnog obrazovanja – moto 3D i VR za konzorcij VET-a	6
Opseg ovog priručnika	7
DOPRINOS: 3D i VR za VET Erasmus + projektni konzorcij	9
Sveučilište Jurja Dobrile, Pula, Hrvatska	9
Industrijsko-obrtnička škola, Pula, Hrvatska	10
Medicinska škola, Pula, Hrvatska	10
Mediterranski institut za istraživanje života, Split, Hrvatska	12
Tehničko sveučilište, Cluj-Napoca, Rumunjska	13
Sveučilište Jugoistočne Norveške, Norveška	14
Tamara Milošević, Pariz, Francuska	15
Nove tehnologije u strukovnom obrazovanju	21
MODUL 1	23
POGLAVLJE 1 Osnovne informacije, uvod u nove tehnologije u strukovnom obrazovanju	24
POGLAVLJE 2 Aditivne tehnologije u profesionalnoj praksi dizajna	26
Pregled povijesti 3D ispisa	27
Primjena 3D ispisa	28
Neke od tehnologija 3D ispisa	29
Modeliranje taloženim nanošenjem (FDM)	29
Stereolitografija (SLA)	30
Selektivno lasersko sinteriranje (SLS)	31
Izravno lasersko sinteriranje metala i selektivno lasersko topljenje (DMLS, SLM)	32
POGLAVLJE 3 Primjeri dobre prakse u međusektorskoj suradnji u strukovnom obrazovanju	34
Virtualna stvarnost (VR)	34
Robotika i automatizacija	35

Aditivne tehnologije u robotici	36
CAD/CAM	36
Umjetna inteligencija (AI)	37
Gdje se AI koristi?	38
Kako AI funkcionira?	38
Što su neuronske mreže?	39
POGLAVLJE 4 Virtualna stvarnost (VR)	
- - - - X	41
POGLAVLJE 5 Osnove robotike i automatizacije	43
Osnovni koncepti	43
Tipovi konfiguracije robotske ruke	45
Kada koristiti različite vrste elektromotora u robotici?	46
POGLAVLJE 6 Korištenje aditivnih tehnologija u robotici, stvaranje i prezentacija rješenja	48
POGLAVLJE 7 CAD / CAM	50
CAD	50
CAM	53
POGLAVLJE 8 Analiza industrijske primjene i pristup 3D modeliranju	55
Optimizacija 3D topologije za zrakoplovnu industriju	55
CAD modeliranje za razvoj novih proizvoda izrađeno 3D ispisom i brizganjem	58
Dizajn inovativnih ekstruzijskih sustava za 3D tisak za ispitivanje novih materijala u skladu s industrijskim potrebama	62
Smanjenje vremena izrade kalupa za termooblikovanje primjenom DFM principa	66
MODUL 2	70
POGLAVLJE 1 Umjetna inteligencija i strojno učenje u onkologiji	71
Važnost integracije strojnog učenja u dijagnozi karcinoma	71
Patofiziologija - razumijevanje raka	72
Predviđanje i prognoza raka	76
Klasifikacija raka	86
Liječenje raka	99
Predviđanje recidiva i preživljavanja raka	105
Budućnost umjetne inteligencije u zdravstvu	107

POGLAVLJE 2	Primjene umjetne inteligencije i strojnog učenja u autoimunim bolestima	111
POGLAVLJE 3	Umjetna inteligencija u radiologiji	117
	Konvencionalna radiografija	119
	Računalna tomografija	122
	Magnetska rezonancija (MRI)	127
	Radiologija u budućnosti	129
POGLAVLJE 4	Izazovi umjetne inteligencije u medicini	131
POGLAVLJE 5	Kardiovaskularne bolesti kao jedan od vodećih uzroka morbiditeta u svijetu	139
	Kalkulatori kardiovaskularnog rizika	146
	Umjetna inteligencija u kardiologiji	150
	Elektronički zdravstveni kartoni (EHR)	159
	Kardiovaskularni rizik i skeniranje mrežnice	163
	Pametni telefoni i kardiologija	166
	Trodimenzionalni (3D) tisak u kardiologiji	167
	Virtualna stvarnost za rehabilitaciju moždanog udara	172
POGLAVLJE 6	Uvod u strojno učenje	174
	Nadzirano strojno učenje	175
	Linearna regresija	175
	Logistička regresija	176
	Dubinsko učenje (duboka neuronska mreža)	178
	Podrška vektorskom algoritmu	179
	Strojno učenje bez nadzora	180
	Hijerarhijsko grupiranje i analiza glavnih komponenata	181
POGLAVLJE 7	Virtualna stvarnost u kirurškom treningu	182
POGLAVLJE 8	Virtualna stvarnost u terapiji	188
Izvori		195

Nove tehnologije u strukovnom obrazovanju

- - - - X

Ključna riječ

→ **STRUČNO OBRAZOVANJE** = [obrazovanje koje ljude priprema za rad kao tehničari ili za zapošljavanje u stručnom zanatu]

Ponekad živeći svoj život zaboravljamo na važnost strukovnog obrazovanja i činjenicu da bi bez njega naš svijet bio potpuno drugačiji. Često čak pomislimo da ono manje vrijedi u usporedbi s drugim obrazovanjima i to je šteta. Ipak, svi možemo učiniti nešto po tom pitanju i naglasiti važnost strukovnog obrazovanja, posebno kroz projekte poput 3D-a i tehnologija za virtualnu stvarnost za VET.

Nove se tehnologije kao što su 3D tisak, VR i umjetna inteligencija razvijaju svakog trenutka i ako se potrudimo naučiti ih i primijeniti u svakodnevnom životu, sigurno će nam puno koristiti. Razvoj posebnih obrazovnih modula koji će se sastojati od kombiniranog učenja putem samostalnog i izvanmrežnog učenja u praktičnoj nastavi, zajedno s obrazovanjem učitelja, izvrsna je prilika za njihovo uključivanje u nastavne planove i programe medicinskih, industrijskih i obrtničkih škola i drugih institucija koje podučavaju vokalno obrazovanje.

Suradnja s mnogim drugim školama, sveučilištima, institucijama i partnerima dat će ogroman doprinos projektu i kroz razmjenu iskustava uvijek će se dobiti novi pogled na ciljeve projekta.

VAŽNE IDEJE

- **Ideja 1** ... strukovno obrazovanje je nezamjenjivo.
- **Ideja 2** ... nove tehnologije daju nam nove načine učenja.
- **Ideja 3** ... snaga leži u suradnji.

MODUL 1

POGLAVLJE 1 Osnovne informacije, uvod u nove tehnologije u strukovnom obrazovanju

- - - - X

Ključne riječi

- **PRILAGODITI** = [izraditi ili promijeniti nešto u skladu s potrebama kupca ili korisnika]
- **UČENJE** = [aktivnost stjecanja znanja]

U modulu 1 ovog priručnika napravljen je pregled novih i modernih tehnologija koje se danas koriste u području strojarstva i računalnog inženjerstva. Osvrnut ćemo se na vodeće tvrtke koje u svojim poljima koriste i modernu proizvodnju. Sposobnost prepoznavanja i primjene novih tehnologija koje mijenjaju način na koji se proizvodi ili predstavljaju proizvodi dovest će učenike u značajnu prednost na tržištu rada.

Novi proizvodni proces 3D ispisa na polju proizvodnje aditiva mora biti poznat učenicima tehničkih škola i studentima sveučilišta. 3D printeri su vrsta industrijskog robota koji mijenja način na koji se proizvodi prototipiziraju i prilagođavaju svakom kupcu. Stoga se 3D printeri mogu smatrati predvodnicima ere masovne prilagodbe.

Kao vodeći alat za visoko precizne i masovne proizvodne procese, CAD i CAM softveri bit će razrađeni i objašnjeni.

Svijet robotike i automatiziranih sustava mijenja se u masovnoj proizvodnji, tako što će brže, bolje i pouzdanije obavljati tražene zadatke od ljudi.

Virtualna stvarnost (VR) i umjetna stvarnost (AR) ne mijenjaju način na koji tvrtke mogu predstaviti svoje proizvode, ali omogućuju

učenicima i radnicima da nauče nove vještine u sigurnom virtualnom okruženju bez potrebe za skupom opremom.

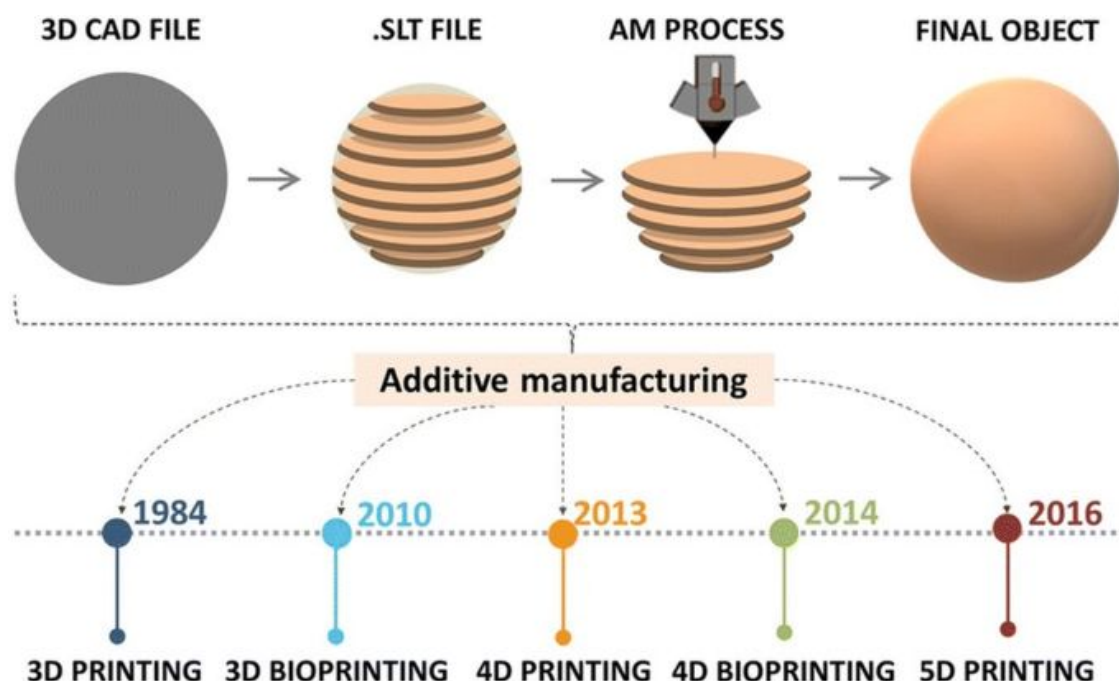
POGLAVLJE 2 Aditivne tehnologije u profesionalnoj praksi dizajna

- - - - X

Ključne riječi

- A.M. = [aditivna proizvodnja]
- 3DP = [3D print]
- STL = [format datoteke]

Tehnologija 3D ispisa ili aditivne proizvodnje (AM) način je za stvaranje predmeta izravno iz digitalne datoteke. Za razliku od konvencionalnih metoda obrade kojima se materijal uklanja kako bi se postigao željeni oblik, aditivne tehnologije primjenjuju materijal sloj po sloj do konačnog oblika proizvoda. Prednost 3D ispisa je u tome što za početak nisu potrebni skupi kalupi ili duga priprema. Stoga 3D ispis predstavlja najlakši, najjeftiniji i najbrži način za stvaranje prototipova iz stvarnog života.



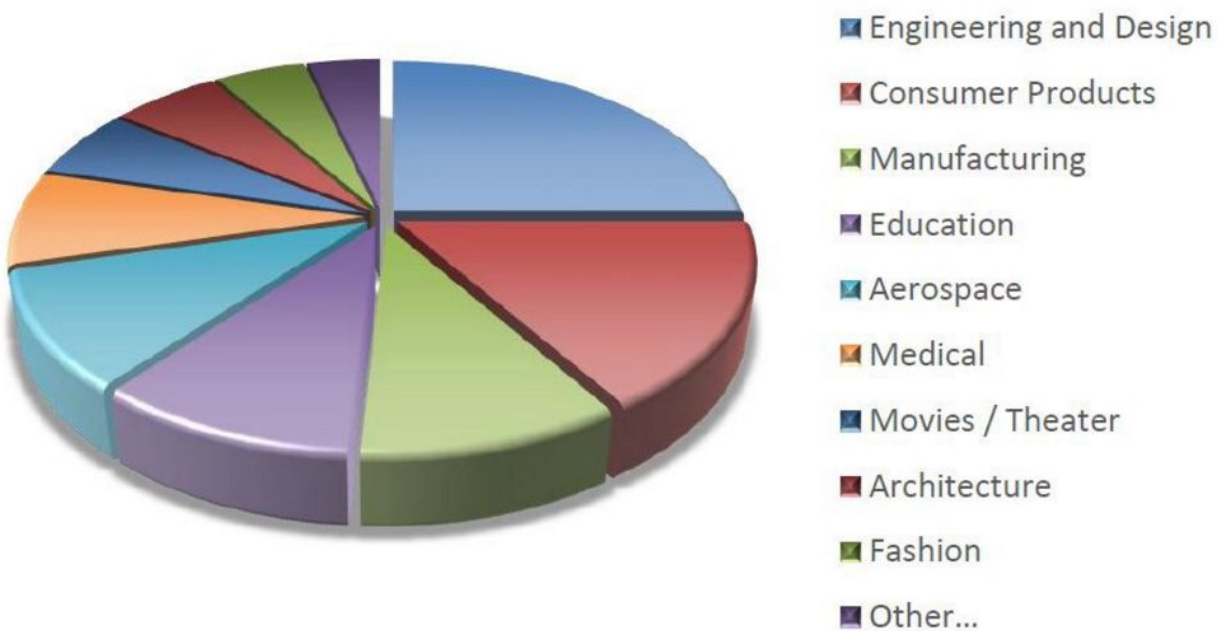
Postupak 3D ispisa. Izvor: <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01722-x>

Pregled povijesti 3D ispisa

- ❑ Početak 3D ispisa započeo je 1980. godine (Hideo Kodama - Općinski industrijski istraživački institut Nagoya), prvim funkcionalnim sustavom "Brzo izrađivanje prototipa" pomoću fotopolimera.
 - ❑ Charles Hull je 1984. godine izumio stereolitografiju - koja omogućuje računalu stvaranje 3D modela, koji se kasnije mogu koristiti za stvaranje opipljivog objekta. Bez stereolitografije 3D ispis kakav danas poznajemo ne bi bio moguć.
 - ❑ 1990. Scott Crump razvio je tehnologiju modeliranja taloženim nanošenjem (FDM), najpoznatiji oblik 3D ispisa koji uglavnom koriste hobisti širom svijeta.
 - ❑ 1999. znanstvenici su uspjeli razviti organ iz matičnih stanica pacijenta uz potporu 3D ispisa.
 - ❑ 2002. prvi 3D minijaturni bubreg ispisa je je 3D printerom.
 - ❑ 2005. - Reprap - 3D printeri postaju dostupni široj javnosti.
 - ❑ 2008. - Makerbot's Thingiverse - web stranica za preuzimanje besplatnih 3D CAD modela.
 - ❑ 2011. - prvi 3d tiskani automobil.
-

Primjena 3D ispisa

- ❑ Izrada prototipa
- ❑ Zamjenski dijelovi
- ❑ Izrada dijelova složene geometrijske strukture
- ❑ Industrija
- ❑ Personalizacija proizvoda



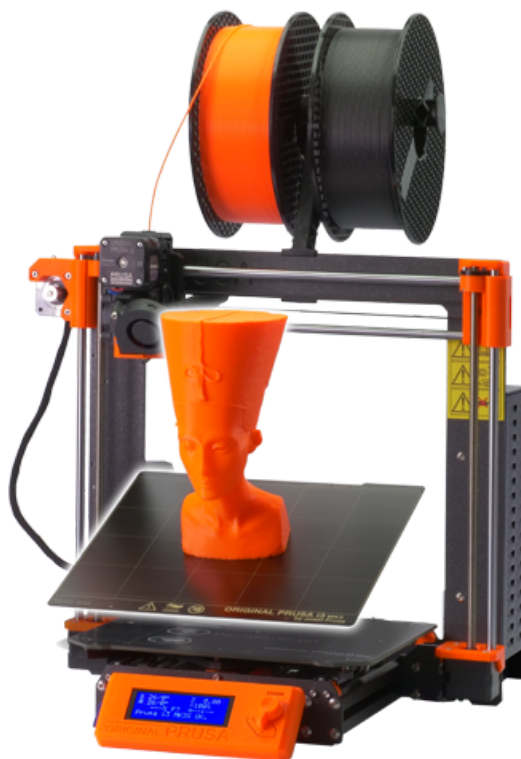
Primjena 3d ispisa. Izvor:

www.medium.com/autodesk-university/real-world-applications-of-3d-printing

Neke od tehnologija 3D ispisa

Modeliranje taloženim nanošenjem (FDM)

FDM tehnologija 3D ispisa najčešće je korišteni oblik 3D ispisa u cijelom svijetu. Sirovi ulazni materijal dolazi u obliku niti. Ova metoda 3D ispisa koristi se uglavnom za izradu plastičnih prototipova. Način na koji djeluje je da se nit istiskuje kroz glavu 3D printera, koji filament topi na povišenim temperaturama. Zatim se rastopljeni filament progura kroz mlaznicu glave 3D printera. Mlaznice se mogu mijenjati u promjeru. Najčešća mlaznica je ona promjera 0,4 mm. Ako je promjer mlaznice manji, kvaliteta i detalji 3D ispisanog dijela bit će bolji, ali vrijeme ispisa će biti duže. Obrnuto, ako je mlaznica veća, pisač će biti brži, ali kvaliteta će pasti. FDM predstavlja jednostavnu tehnologiju koja može isporučiti visokokvalitetne proizvode.



FDM 3D printer Prusa i3 mk3.

Izvor: <https://www.prusa3d.com/>

PREDNOSTI

- ☐ Niska cijena ispisa
- ☐ Jednostavno
- ☐ Dostupno široj javnosti

NEDOSTACI

- ☐ Ograničena dimenzijska preciznost
- ☐ Vidljive linije slojeva materijala



SLA 3D printer Original Prusa SL1.

Izvor: <https://www.prusa3d.com/>

Stereolitografija (SLA)

SLA je oblik tehnologije 3D ispisa koji stvara 3D objekt koristeći UV zrake i tekući fotopolimer. UV zrake koriste se za liječenje i učvršćivanje tankih slojeva smole kako bi se postigla neviđena razina detalja. Ovom metodom proizvode se visokokvalitetni dijelovi do najsitnijih detalja. Može se postići razlučivost sloja od 16 mikrona i preciznost od 0,1 mm. Također podržava širok spektar materijala, ne samo plastike. Stereolitografija je idealna za izradu izuzetno preciznih dijelova ili dijelova gdje je naglasak na detaljima (npr. izrada nakita).

PREDNOSTI

- ☐ Visoka preciznost
- ☐ Glatka površina
- ☐ Sposobnost ispisa velikog broja materijala

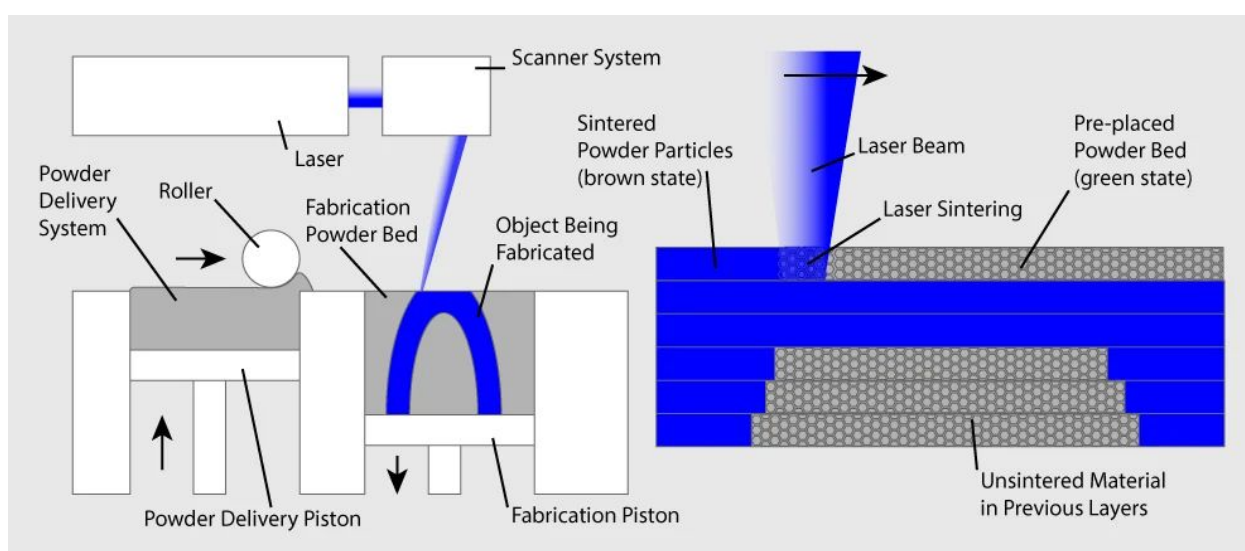
NEDOSTACI

- ☐ Dijelovi se razgrađuju ako su dugo izloženi suncu
- ☐ Relativno krhki dijelovi
- ☐ Skuplje od FDM-a

Selektivno lasersko sinteriranje (SLS)

Materijal za lasersko sinteriranje dolazi u obliku praha. Materijal se zagrijava na temperaturi malo ispod točke taljenja. Prah se raširi na radnu površinu (0,1 mm praha po sloju). Laser sinterira čestice praha i one se skrutnu. Neki od najpopularnijih materijala koji se koriste za izradu 3D tiskanih dijelova ovom metodom su:

Najlon / TPU (elastomer) / Legura ugljičnih vlakana i najlon / PA 11



SLS postupak 3D ispisa.

Izvor: <https://3dprinting.com/>

PREDNOSTI

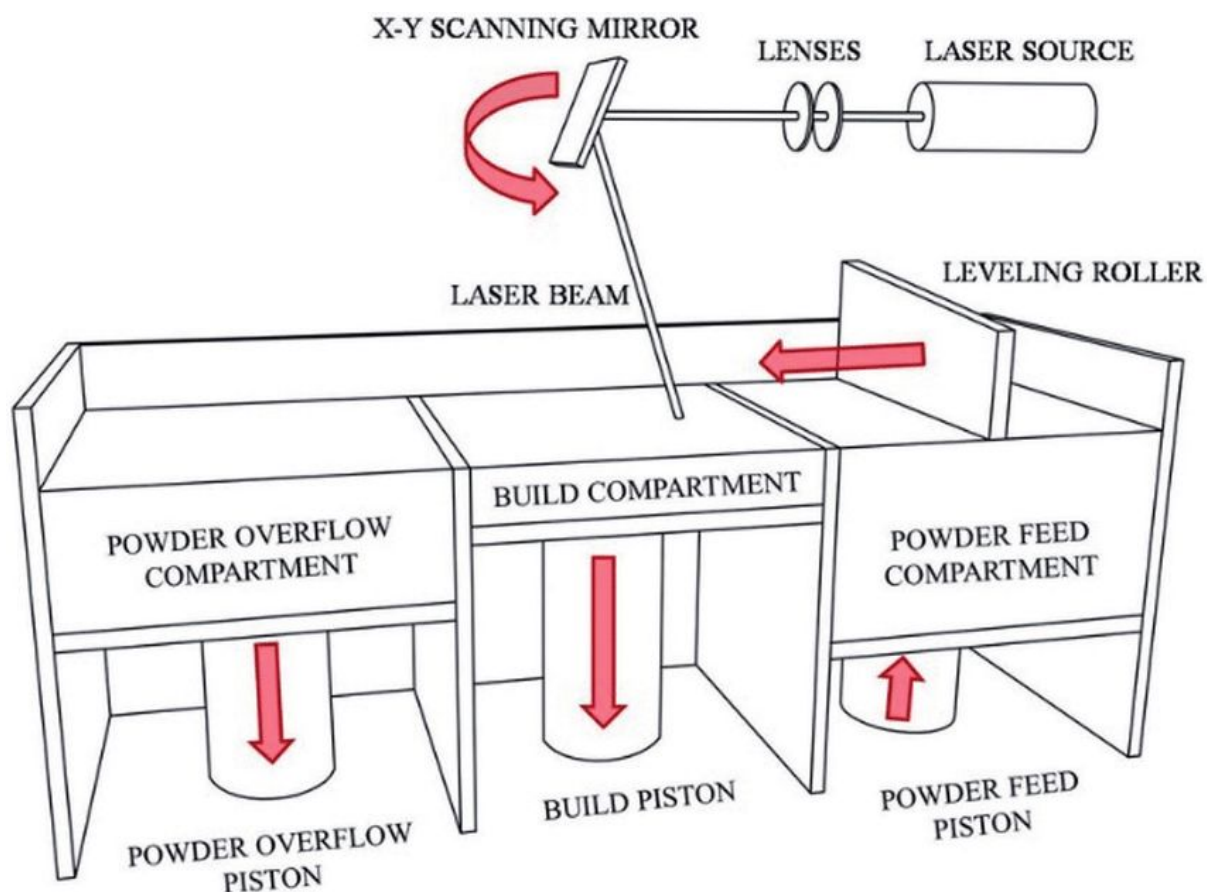
- ❑ Idealno za izradu funkcionalnih prototipova.
- ❑ U složenoj geometriji nije potreban materijal za potporu.
- ❑ Moguća proizvodnja manjih serija (automatizacija).

NEDOSTACI

- ❑ Skuplje od FDM-a i SLA-a.
- ❑ Nakon svakog ispisa, prašina ostaje na radnoj površini i treba je očistiti.

Izravno lasersko sinteriranje metala i selektivno lasersko topljenje (DMLS, SLM)

I DMLS i SLM metode proizvode dijelove slične SLS metodi. UV zrake povezuju čestice sloj po sloj. Jedina je razlika što se ove metode koriste za proizvodnju metalnih dijelova. SLM u potpunosti topi metalne čestice, dok DMLS zagrijava metalni prah do razine gdje se metalne čestice vežu na molekularnoj razini. Podrška je potrebna i za DMLS i za SLM, koji se kasnije uklanjaju mehanički ili CNC strojem.



DMLS i SLM postupak 3D ispisa.

Izvor: DOI: 10.5772 / intechopen.89804

https://www.researchgate.net/publication/337695042_Utilization_of_Additive_Manufacturing_to_Produce_Tools/stats

PREDNOSTI

- ❑ Proizvodnja metalnih dijelova.
- ❑ Izvrsna mehanička svojstva dijelova.

NEDOSTACI

- ❑ Vrlo skupa obrada
- ❑ Specijalizirani CAD softver
- ❑ Ograničeni volumen obratka

VAŽNE IDEJE

- **Ideja 1** ... 3D print predstavlja najlakši, najjeftiniji i najbrži način za stvaranje prototipova iz stvarnog života.
- **Ideja 2** ... možete birati između najmanje četiri različite tehnologije 3D ispisa ovisno o vašim potrebama.
- **Ideja 3** ... modeli s 3D ispisom imaju širok spektar primjene u životu i radu.

POGLAVLJE 3 Primjeri dobre prakse u međusektorskoj suradnji u strukovnom obrazovanju

- - - - X

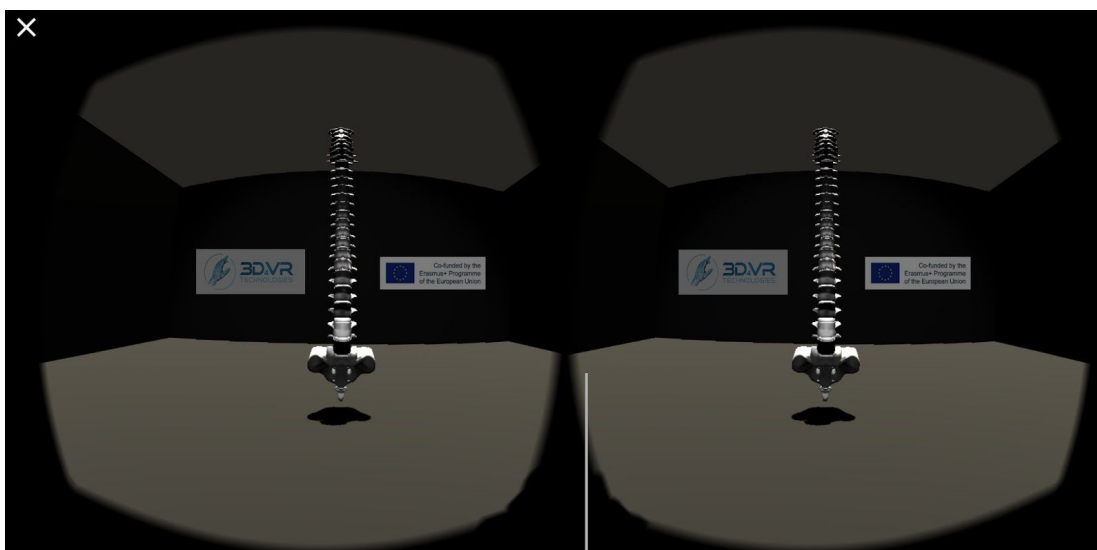
Ključne riječi

→ **VR** = [virtualna stvarnost]

→ **AI** = [umjetna inteligencija]

Virtualna stvarnost (VR)

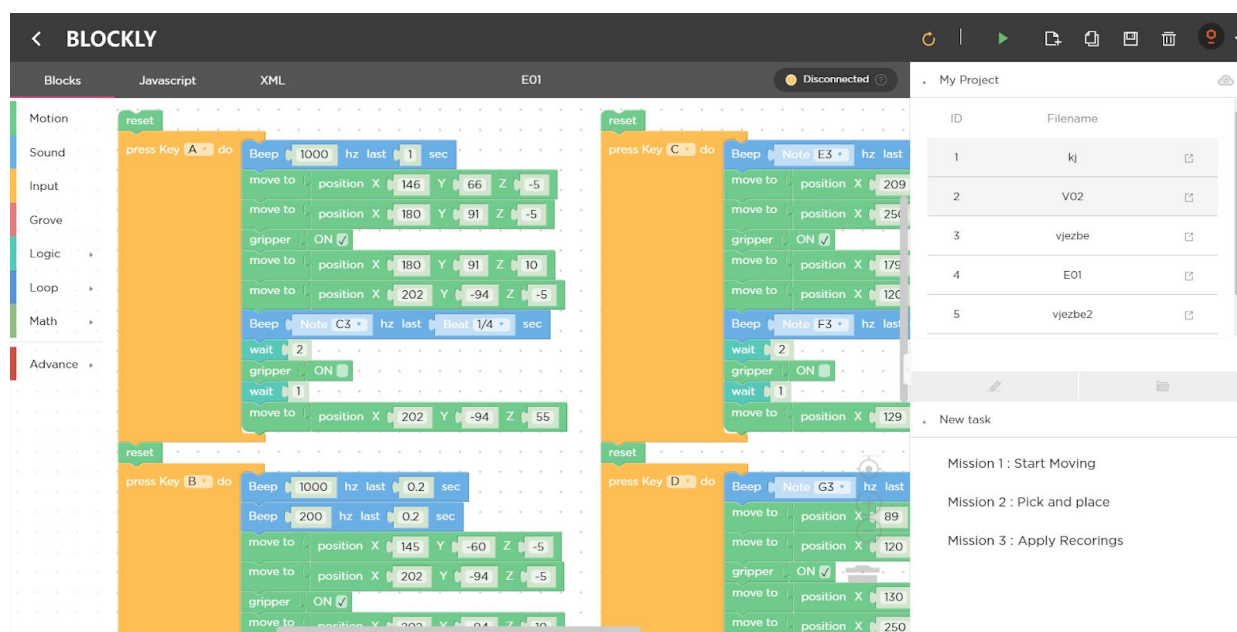
Okoliši virtualne stvarnosti mogu potencijalno pomoći u stjecanju boljeg iskustva u strukovnom sustavu. U svrhu projekta razvijeno je posebno okruženje VR modela. U svrhu treninga, model kralježnice za Medicinsku školu ugrađen je u mobilne telefone i prijenosna računala. Pomoću virtualnih naočala može se promatrati model kralježnice u okruženju koje se do sada nije koristilo u ovoj školi.



VR okruženje za obrazovanje.

Robotika i automatizacija

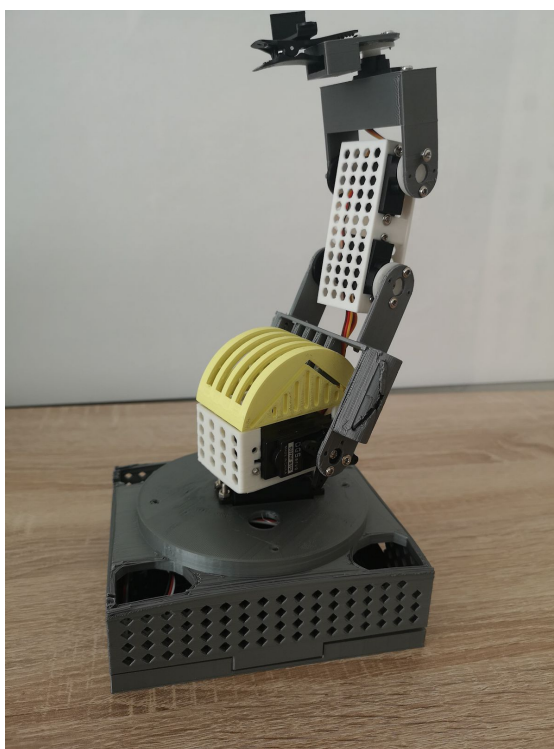
Područje robotike i automatizacije pokriva širok spektar znanja i vještina, od elektronike, mehatronike, CAD modeliranja, programiranja, konstrukcije itd. Postoje različiti načini upravljanja robotskom rukom. Postoje neki softveri koji početnicima omogućuju prve korake u programiranju, automatizaciji i kontroliranju robotske ruke. Jedan od softvera koji je prilagođen početnicima zove se Blockly i omogućuje vam prve korake u programiranju bez ikakvog poznavanja programskog jezika. Naredbe su prikazane u obliku blokova koji su međusobno pričvršćeni radi interakcije s robotskom rukom. Naredbe u obliku blokova pretvaraju se u programski jezik koji je razumljiv robotskoj ruci.



Programiranje robota s Blocklyjem

Aditivne tehnologije u robotici

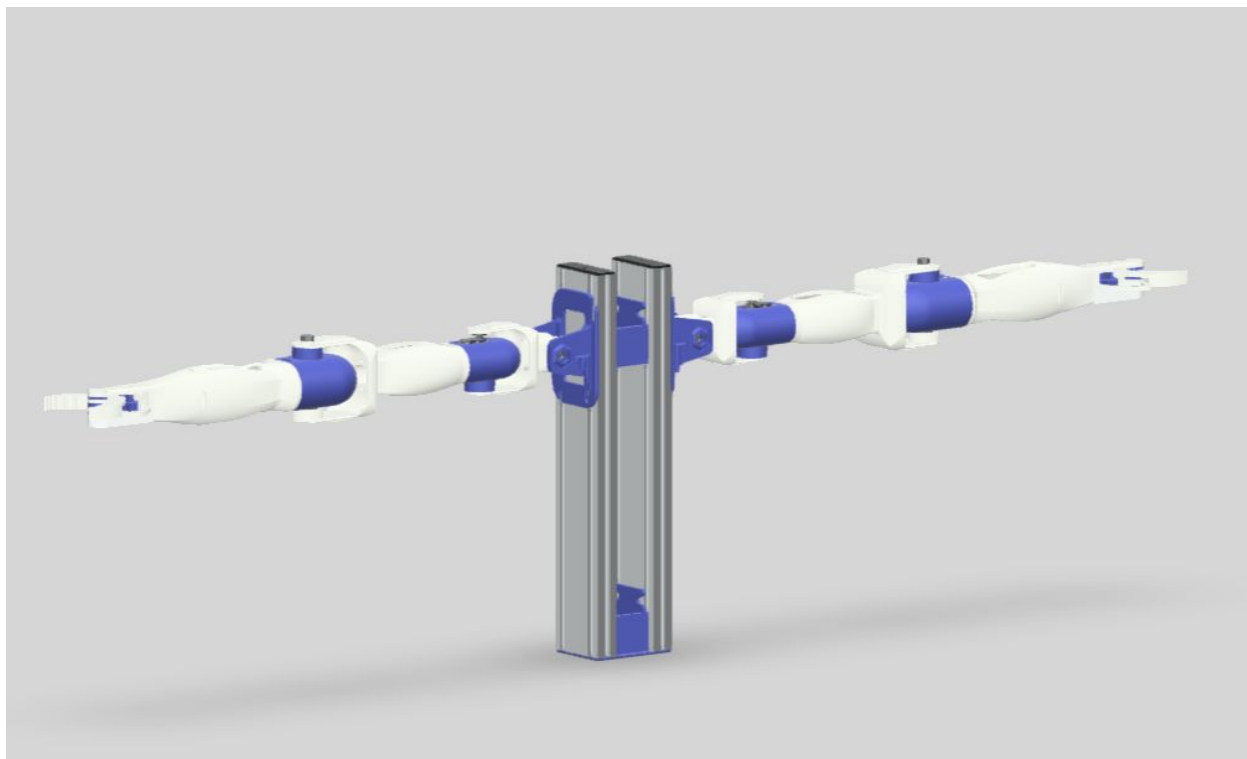
Aditivna tehnologija može se koristiti u robotici za brze izrade stvarnih funkcionalnih prototipova. Na primjer, različiti dijelovi i komponente robotske ruke mogu se ispisati 3D-om, neposredno nakon generiranja 3D CAD modela, stoga aditivne tehnologije predstavljaju najbržu i najlakšu vezu od virtualnog 3D CAD modela do stvarnog prototipa.



3D tiskani prototip robotske ruke

CAD/CAM

Učenici mogu koristiti CAD CAM softvere kako bi stvorili nove modele i istražili postojeće. Stvaranje CAD modela jedna je od presudnih vještina u inženjerskom svijetu i presudan korak u prototipiranju i proizvodnji.



CAD model prototipa dvostruke robotske ruke, 3D i VR za VET projektni model.

Umjetna inteligencija (AI)

Svakako najveća inovacija na polju tehnologije je umjetna inteligencija (AI). Umjetna inteligencija dio je informatike koji se bavi mogućnostima računala za učenje novih pojmova i izradu zadataka koji zahtijevaju određeni oblik inteligencije. Svi strojevi i računalni programi koji su sposobni učiti i kasnije samostalno donositi određene odluke, zaključke i u skladu s tim djelovati, imaju neku vrstu umjetne inteligencije. Cilj umjetne inteligencije je stvoriti neovisne sustave koji su sposobni neovisno funkcionirati.

Razvoj umjetne inteligencije može se prikazati u sedam koraka:

1. Simulacija funkcije ljudskog mozga.
 2. Programirajte računalo na opći jezik.
-

-
3. Klasificirajte virtualne neurone na način da mogu stvoriti koncept.
 4. Pronađite način za utvrđivanje i mjerenje složenosti problema.
 5. Samopoboljšanje.
 6. Apstraktnost.
 7. Slučajnost i kreativnost.

Prvih pet od početnih sedam koraka u razvoju umjetne inteligencije uglavnom su završeni. Apstraktnost i kreativnost područja su na kojima se još uvijek intenzivno radi kao nadopuna razvoju umjetne inteligencije.

Gdje se AI koristi?

Umjetna inteligencija samo je posljednjih godina napravila veliki skok. Danas se AI koristi ne samo u obrazovanju, razvoju i laboratorijima, već se polako primjenjuje u naš svakodnevni život putem društvenih mreža i pretraživača. Mnoge industrije i velike tvrtke također počinju primjenjivati neku vrstu AI u svojem poslovanju. AI je izravno povezan s količinom podataka dostupnih na Internetu. Zvuči nevjerojatno da je samo u posljednje dvije godine stvoreno 90% svjetskih internetskih podataka. Zahvaljujući današnjim superračunalima moguće je obraditi i koristiti tako velike količine podataka. Sigurno ste već primijetili ovako nešto. Velike tvrtke kao što su Facebook, Google, Amazon, Ebay, Youtube, sve koriste AI za plasiranje podataka koje dobivaju s naših računala.

Kako AI funkcionira?

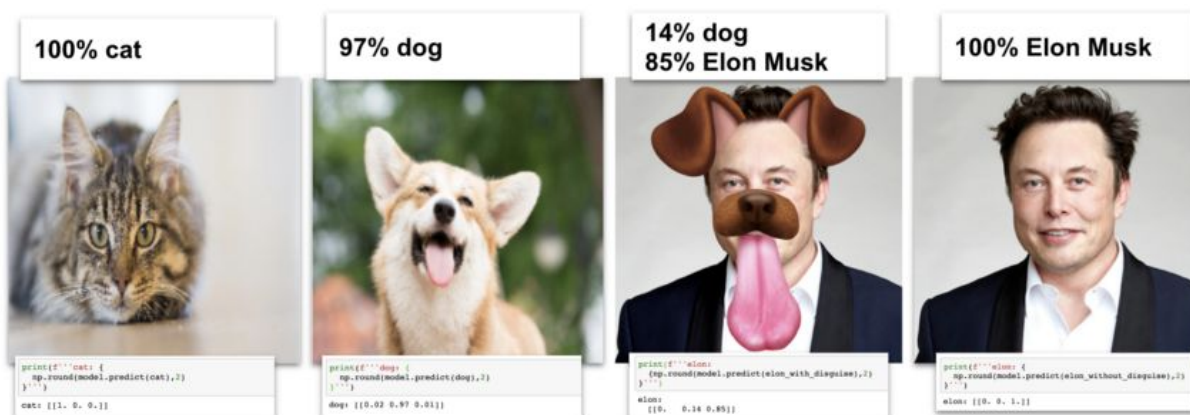
Poput ljudi, računalo vremenom dobiva nove informacije. Što više informacija posjeduje, računalo će biti moćnije. Za razliku od ljudi, računalo s vremenom ne zaboravlja informacije, a također je bolje i brže od čovjeka u sortiranju podataka i pronalaženju uzorka između podataka.

Međutim, način na koji čovjek i računalo uče značajno se razlikuje. Iako je čovjeku lako razlikovati psa od mačke, s računalom je nešto složenije. Učenje započinje od koda koji programer piše, ali nije

moguće da taj kôd pokrije čitav niz podataka, što često može biti kontradiktorno.

Uzmimo za primjer da je programer unio kod u kojem kaže da su mačkama zašiljeno podignute uši, dok su psima zaobljene, spuštene uši. To bi se smatralo svojevrsnom generalizacijom podataka, jer naravno postoje vrste pasa koji imaju šiljato podignute uši.

Stoga cilj strojnog učenja nije pisanje savršenog koda koji će obuhvatiti sve moguće scenarije, već je cilj da računalo samostalno uči kao čovjek, na temelju iskustva, da bi se samoodlučilo i pronašlo ispravan algoritam. U slučaju psa i mačke, računalo želimo dati što više uzoraka (slika) obje životinje i definirati vrstu životinje. U početku je vjerojatno za očekivati da će računalo često griješiti, ali što više vremena prolazi, to će biti pametnije i pogreške će se na kraju svesti na nulu.



AI sustavi za učenje pas protiv mačke.

Izvor: <https://towardsdatascience.com/cat-dog-or-elon-musk-145658489730>

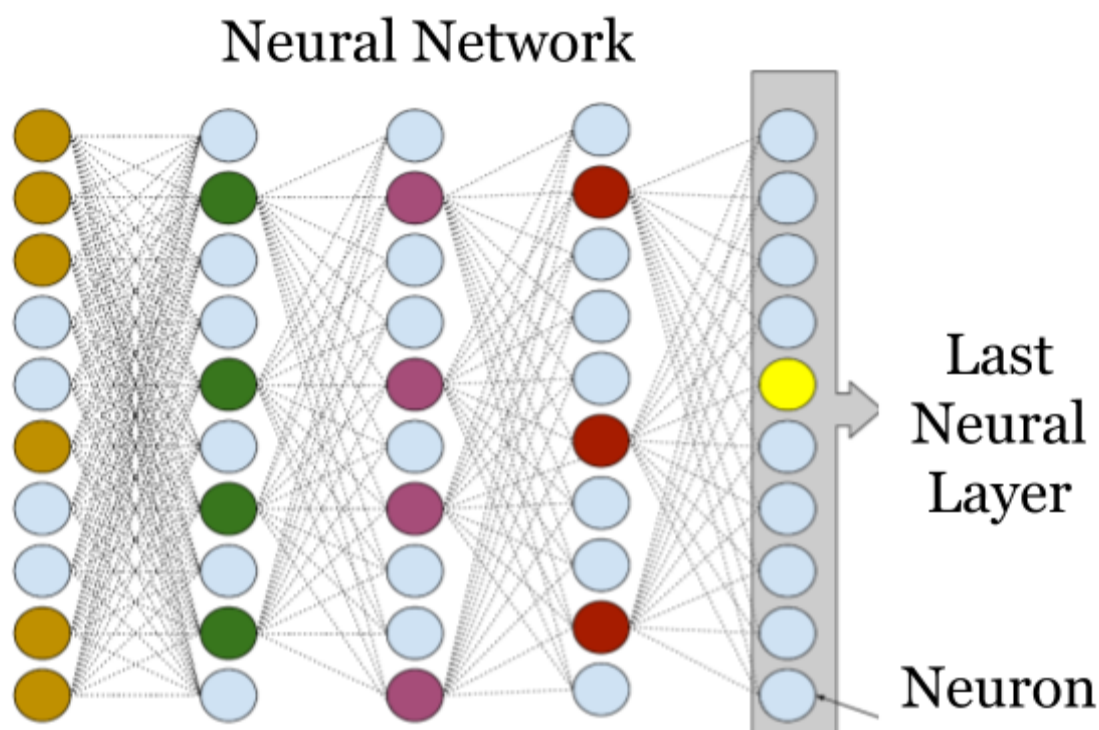
Što su neuronske mreže?

Neuronske mreže nadahnute su i stvorene po uzoru na ljudski mozak. Postoji nekoliko vrsta i varijacija neuronskih mreža, ali najosnovniji je takozvani višeslojni perceptron (MLP).

Da bismo razumjeli što su virtualne neuronske mreže, prvo moramo odgovoriti na 2 važna pitanja, što su virtualni neuroni i kako su

međusobno povezani? Neuron se može smatrati određenom vrijednošću između broja 0 i broja 1. Stoga svaki neuron može poprimiti bilo koju vrijednost između ove dvije krajnosti, pri čemu 0 predstavlja najmanju krajnost (npr. isključeno), dok 1 predstavlja maksimalnu krajnost (npr. , na). Taj se broj naziva aktivacijskim brojem.

Niz neurona naziva se neuronskim slojem, dok se niz neuronskih slojeva naziva neuronskom mrežom. Neuronsku mrežu mogu činiti tisuće neuronskih slojeva koji se sastoje od milijardi neurona. Neuronski slojevi međusobno su povezani, što znači da aktivacija neurona u sloju 1 određuje aktivaciju neurona u sloju 2. Aktivirani neuroni iz 2. sloja dalje aktiviraju neurone u 3. sloju itd.



Shema procesa neuronske mreže. Izvor: Predavanja Sven Maričić, Ivan Veljović, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli 2020.

POGLAVLJE 4 Virtualna stvarnost (VR)

- - - - X

Ključne riječi

→ VR = [virtualna stvarnost]

→ AR = [proširena stvarnost]

→ MR = [miješana stvarnost]

Virtualna stvarnost, poznata i kao VR, koristi slušalice s ugrađenim zaslonom koje prikazuju virtualno okruženje koje korisnik može istražiti.

To je nova tehnologija koja ubrzano raste. Korištenjem tehnologije praćenja glave omogućuje korisniku da iskusi 3D okruženje pomicanjem glave i hodanjem kroz prostor.

Proširena stvarnost ili AR malo je drugačija od VR-a. Proširena stvarnost omogućuje nam uzimanje virtualnih 3D modela i postavljanje u stvarni svijet oko vas. Omogućuje nam i šetnju oko virtualnog objekta koji možemo vidjeti na zaslonu, a koji se nalazi u okruženju stvarnog svijeta.

Dakle, s VR-om možemo stvoriti potpuno izmišljeni svijet, dok s AR-om možemo stvoriti izmišljeni element i staviti ga u okolno okruženje.

Virtualna i proširena stvarnost mijenjaju način na koji koristimo zaslone, omogućujući nam nova i interaktivna iskustva. Oboje rastu brzim tempom i koriste se na razne načine, od medicine, nekretnina, industrijskih pogona do obrazovanja i još mnogo toga.

Postoji i treći oblik slične tehnologije koji se naziva miješana stvarnost. U mješovitoj stvarnosti objekti stvarnog svijeta koegzistiraju i komuniciraju s digitalnim objektima. To je hibrid između VR-a i AR-a, a može se dogoditi u stvarnom svijetu ili u digitalnom.



VR i AR razlike.

Izvor: <https://www.robotlab.com/blog/what-is-the-difference-between-ar-and-vr>

VAŽNE IDEJE

- **Ideja 1** ... VR i AR pružaju nam novo i interaktivno iskustvo.
- **Ideja 2** ... VR i AR pružaju nam pogodnosti.
- **Ideja 3** ... MR može se odvijati bilo u stvarnom svijetu bilo u digitalnom.

POGLAVLJE 5 Osnove robotike i automatizacije

- - - - X

Ključne riječi

- **PID controller** = [proporcionalni-integralni-izvedeni regulator]
- **I/O** = [ulaz-izlaz (sučelje)]
- **DOF** = [stupnjevi slobode]

Riječ robot dolazi od češke riječi "robot" što znači prisilni rad. Robotika je tehnička znanost koja pokriva područja mehanike, elektronike, informatike i automatizacije u svrhu povezivanja stroja (robota) s računalom. Svrha robota je olakšati rad i život ljudima tako što:

- ❑ izvršavaju zadatke koji su potencijalno opasni po život ili zdravlje
- ❑ izvode teške i / ili ponavljajuće operacije
- ❑ izvršavaju zadatke u teškim i opasnim uvjetima

Robotom upravlja računalo i ima senzore (dodir, toplina, svjetlost ...) koji mu omogućuju navigaciju u prostoru. Podaci koje senzori pročitaju vraćaju se natrag na računalo gdje se obrađuju, a zatim ponovno vraćaju robotu. Računalo i robot komuniciraju putem ulazno-izlaznog sučelja.

Roboti se koriste bilo gdje, od industrije, medicine, vojske, istraživanja svemira, obrazovanja i još mnogo toga.

Osnovni koncepti

Kada se govori o robotima, posebno kada se govori o robotskim rukama, postoje neki osnovni pojmovi koje treba razumjeti.

Tablica u nastavku prikazuje popis pojmova koji se koriste kada se govori o robotskoj ruci, kao i kratko objašnjenje tih pojmova.

Tablica osnovnih pojmova koji se koriste u robotici.

Termin	Objašnjenje
Kinematički par	Sastoji se od 2 međusobno povezana dijela robota.
Kinematički lanac	Sastoji se od dva ili više povezanih kinematičkih parova.
Zglobovi	Omogućavaju slobodu kretanja robotske ruke.
DOF (stupnjevi slobode)	Postoji 6 stupnjeva slobode kretanja: 3 translacije (X, Y, Z os), 3 rotacije (oko X, Y, Z osi).
Manipulator ili "End-effector"	Slično ljudskoj ruci, to je dio robotske ruke koji prihvaća predmet ili alat. Krajnji efektor koristi se za izvršavanje zadataka potrebnih za robote.
Radni prostor	Prostor u kojem the end-effector može izvoditi posao.
Pokretači	Pogon je komponenta stroja koja je odgovorna za pomicanje i upravljanje mehanizmom ili sustavom. Pokretač je najčešće električni motor (istosmjerni, izmjenični i koračni); rjeđe hidraulički i pneumatski motori.

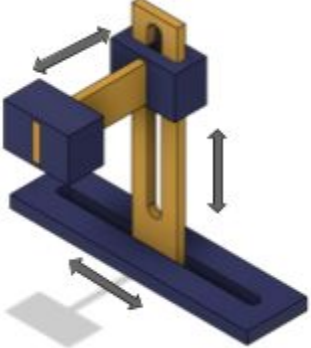
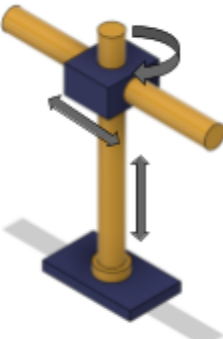
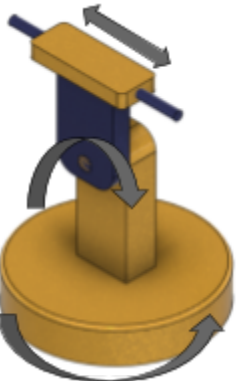
Tipovi konfiguracije robotske ruke

Oblik i volumen radnog prostora ovise o vrsti i položaju robotskih zglobova ruku, kao i o strukturi manipulatora. Stoga postoje 4 osnovne strukture, tj. konfiguracije robotske ruke:

- ❑ Pravokutni (TTT – 3 spojnice za prijevod)
- ❑ Cilindrični (RTT – 1 rotacijski i 2 translacijska zgloba)
- ❑ Sferni (RRT – 2 rotacijska zgloba i 1 translacijski)
- ❑ Rotacijski (RRR – 3 rotacijska zgloba)

Postoji i peta specifična konfiguracija nazvana SCARA koju karakterizira položaj sve tri osi koja je okomita.

Tablica konfiguracija robotske ruke. Izvor: Predavanja Sven Maričić, Ivan Veljović, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli 2020.

		
Pravokutna konfiguracija TTT	Cilindrična konfiguracija RTT	Sferna konfiguracija RRT
		
Rotacijska konfiguracija RRR	Konfiguracija SCARA	

Kada koristiti različite vrste elektromotora u robotici?

Postoje 3 glavne vrste elektromotora:

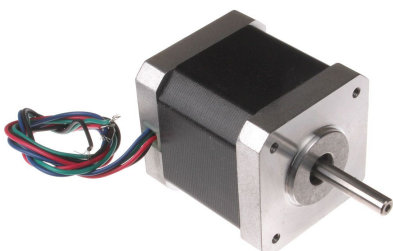
- ❑ Istosmjerni motori - koristimo ih kada su potrebne brze i kontinuirane rotacije osovine (npr. u električnim automobilima). Istosmjerni motori pretvaraju istosmjernu struju u mehaničku energiju i to pomoću magnetskih polja. Općenito su najskuplja vrsta elektromotora i sposobni su prenijeti najveći okretni moment. Uvijek rade s najjačom snagom s najjačim okretnim momentom (što također znači da troše više električne energije). Imaju vrlo kratko vrijeme odaziva. To je vrsta motora koji okreće osovину sve dok su pod naponom. Dodatni elementi, poput regulatora, trebaju biti povezani kako bi se utvrdio položaj osovine.



Istosmjerni motor

Zasluga: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DC_Motor.jpg

- ❑ STEPPER motori - koriste se u aplikacijama koje ne zahtijevaju veliku brzinu rotacije, i u kojima želimo imati visok stupanj kontrole nad položajem osovine (npr. u 3D tisku gdje je položaj izuzetno važan). Slično DC motorima, oni uvijek rade s najvećom snagom s najvećim zakretnim momentom (što također znači da troše više energije). Glavna razlika između istosmjernih i koračnih motora je u tome što koračni motori dijele rotaciju u niz jednakih koraka. Osovina motora stoga se može pomicati i zaustaviti na bilo kojem od ovih točaka bez potrebe da različiti senzori daju povratne informacije. Vrijeme odaziva koračnih motora je sporije u usporedbi s istosmjernim motorima. Njima se lako upravlja mikrokontrolerom.



Koračni motor

Zasluga: https://simple.wikipedia.org/wiki/Stepper_motor

- ❑ SERVO motori - koristimo ih u aplikacijama koje zahtijevaju velike brzine, velike zakretne momente i ograničenu brzinu vratio (npr. za robotske ruke). Za razliku od istosmjernih i koračnih motora, servo motori imaju ograničeno okretanje osovine (postoje verzije u kojima se osovina može okretati 600, 900, 1800, 3600). Tako možemo dobiti najviše cijeli krug oko osi osi, a najčešće je to polukrug ili 1800. Prednost ovih motora leži u činjenici da su precizniji i da njihova snaga i obrtni moment mogu biti kontrolirani, ali prenose i manji zakretni moment u odnosu na prethodna dva. Uz pomoć servo motora lakše je odrediti njegov položaj. Njima se lako upravlja mikrokontrolerom i izuzetno su brzi.



Servo motor, Izvor: <http://c2.com/cybords/wiki.cgi?ServoMotor>

- ❑ PID regulator - proporcionalni-integralni-izvedeni regulator je mehanizam povratne sprege upravljačke petlje koji se široko koristi u industrijskim primjenama

VAŽNE IDEJE

- **Ideja 1** ... svrha robota je ljudima olakšati posao i život.
 - **Ideja 2** ... postoje 3 glavne vrste elektromotora.
-

POGLAVLJE 6 Korištenje aditivnih tehnologija u robotici, stvaranje i prezentacija rješenja

- - - - X

Ključna riječ

→ **ROBOTSKA RUKA** = [zamjena za 3D printer]

Tehnologija 3D ispisa doživjela je ogroman napredak i rast od svojih početaka, prije samo 40 godina (1980), i taj se rast nastavlja eksponencijalnom brzinom. Kako se tehnologije aditivne proizvodnje razvijaju, tako se proširuju i područja u kojima se mogu koristiti.



Danas postoje različite vrste 3D printera koji se razlikuju u veličini, cijeni i mogućnosti ispisa različitih materijala, od plastike do metala. Većina 3D pisača koristi zajednički kartezijski koordinatni sustav, ali postoje neke tvrtke koje eksperimentiraju s drugim načinima upravljanja 3D pisačem. Novi koncepti uključuju upotrebu robotske ruke kao 3D printera. Značajne su same dizajnerske prednosti korištenja robotske ruke, umjesto klasičnog kartezijanskog stroja za 3D ispis. Kartezijev 3D stroj za ispis ima 3 stupnja slobode za kretanje, što uključuje prijenos duž osi x, y i z. Robotska ruka, međutim, ima 6 stupnjeva slobode kretanja, što uključuje 3 prijenosa duž x, y, z osi i 3 rotacije oko osi x, y, z.

Primjer robotske ruke s 3D ispisom.

Prednost većeg broja stupnjeva slobode leži u činjenici da glava za 3D ispis, koja se naziva ekstruder, može pristupiti modelu iz različitih kutova i položaja. To omogućuje izradu još složenijih dijelova s većim detaljima i s minimalnim ili nikakvim potpornim materijalom. Sjajna stvar u proizvodnji aditiva je što možemo stvoriti komponente pomoću tehnologije 3D ispisa koje će se koristiti u izradi 3D printera.



Primjer robotske ruke s 3D ispisom.

Na gornjoj je slici još jedan vanjski primjer kako se 3D ispis može koristiti za stvaranje mehaničkih komponenata za robotsku ruku. Ovu su izložbu studenti radili u ljetnom kampu Ericssona Nicole Tesle kako bi testirali i istražili različite funkcionalne prototipove robotske ruke 3D printera. Korištenje aditivne tehnologije u robotici može učenicima i studentima pomoći u učenju i stjecanju različitih vještina izrade prototipa.

POGLAVLJE 7 CAD / CAM

- - - - X

Ključne riječi

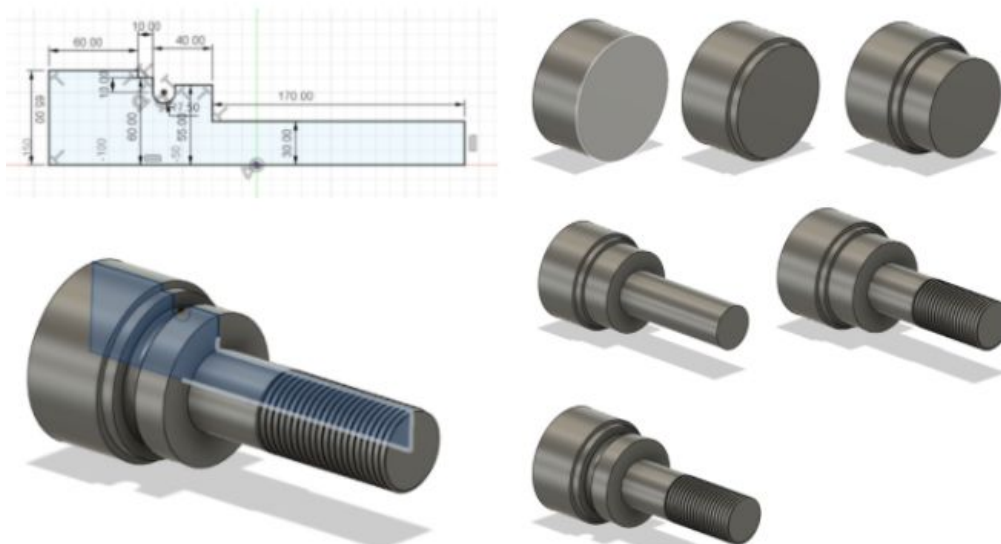
- CAD = [dizajn uz pomoć računala]
- CAM = [proizvodnja uz pomoć računala]

U današnjem svijetu nemoguće je i zamisliti ozbiljan proizvodni proces bez pomoći softvera CAD CAM. Softver CAD CAM koristi se bilo da se radi o proizvodnji igračaka i namještaja ili složenijoj proizvodnji u automobilskoj, zrakoplovnoj ili pomorskoj industriji.

CAD

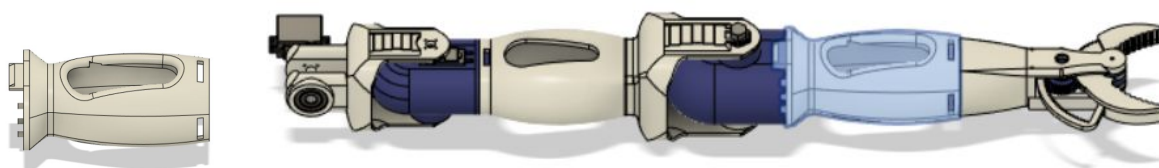
Skraćenica CAD označava Computer Aided Design. Ovaj softver omogućuje nam stvaranje virtualnih 3D modela projekta koji izrađujemo na računalu. Možemo vidjeti i bolje razumjeti kako će naš proizvod izgledati i kako će funkcionirati. Manjkavosti i pogreške mogu se otkriti s većom lakoćom prije nego što proizvod uđe u proizvodni proces, štedeći nam vrijeme i novac. Pomoću stvorenih 3D modela lako je izraditi proizvodne i montažne crteže različitih komponenata koji će se koristiti u proizvodnom procesu.

Zanimljiva stvar koju naučite pri stvaranju CAD modela je da ne postoji pogrešan način izrade modela, može postojati samo lakši i najučinkovitiji način za to. Uzmimo za primjer model na donjoj slici. Isti se model može izvesti u dva ili u šest različitih koraka, generirajući isti krajnji rezultat.



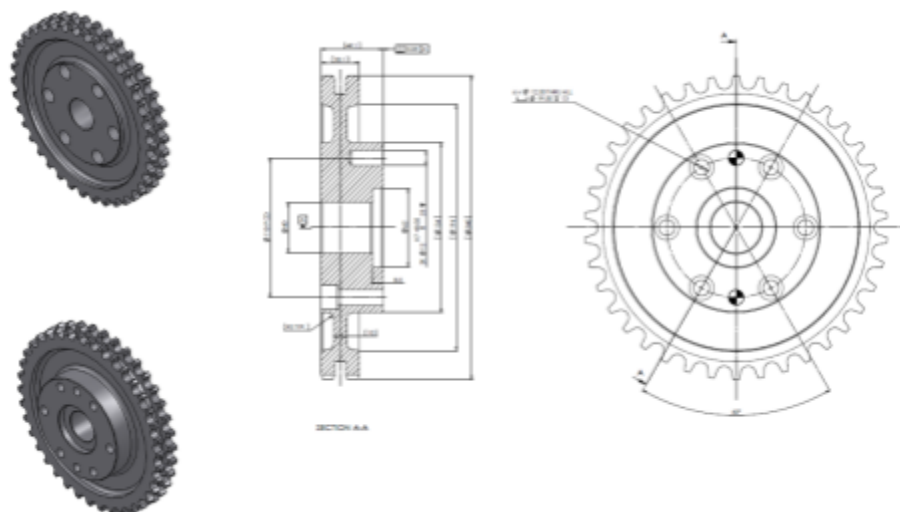
Dva različita pristupa u stvaranju CAD modela. Izvor: Predavanja Sven Maričić, Ivan Veljović, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli 2020.

Kao što je već spomenuto, CAD modeli mogu se koristiti za generiranje pojedinačnih komponenti, ali i za stavljanje tih komponenti u sklopove. Na taj način možemo bolje razumjeti kako željene komponente međusobno djeluju.



Izrada sklopova od pojedinačnih komponenti. Predstavljeni model dizajniran je i razvijen prvenstveno za industrijsko-obrtničku školu. Stvoreno za 3D i VR za VET projekt.

Nakon generiranja konačne iteracije CAD modela mogu se stvoriti proizvodni i montažni crteži. Predstavljeni model robotske ruke namjerno je dizajniran i proizveden u okviru 3D i VR za VET projekt. Prvenstveno fokusiran kao novi model za obrazovne aktivnosti u industrijsko-obrtničkoj školi, ali se može koristiti i u medicinskoj školi.



Izrada crteža 3D modela.

Danas postoji mnogo različitih CAD softvera koji se koriste. Neki od njih su besplatni, neke se mora platiti za dobivanje licence, a za neke se može stvoriti obrazovna licenca kako bi se softver mogao koristiti besplatno. U tablici ispod nalazi se popis nekih od najčešćih CAD softvera, podjeljenih po razinama i po plaćenim ili besplatnim licencama:

Besplatni CAD softveri:

- ☐ TinkerCAD - početna razina
- ☐ BlocksCAD - početna razina
- ☐ Fusion 360 - srednja do profesionalna razina.
(Besplatna licenca za studente, nastavnike i akademske institucije)
- ☐ AutoCAD - profesionalna razina. Besplatna i potpuno funkcionalna verzija za

CAD softverski programi koji se plaćaju:

- ☐ Creo - srednja razina.
- ☐ Solidworks - profesionalna razina.
- ☐ Izumitelj - profesionalna razina.
- ☐ Nosorog - profesionalna razina.
- ☐ CATIA - profesionalna razina.

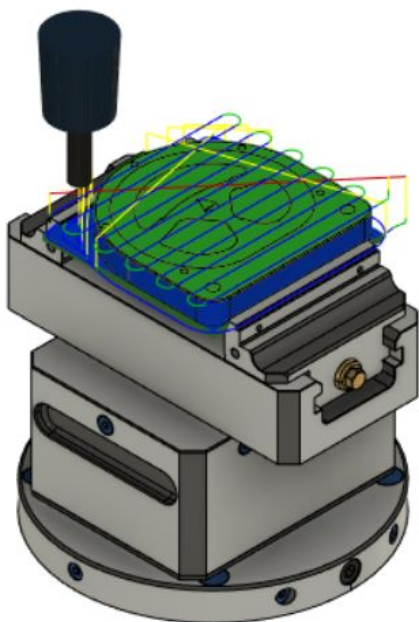
preuzimanje za studente i fakultete.

CAM

Skraćenica CAM označava računalno potpomognutu proizvodnju, stoga je lako pretpostaviti da nam ovaj softver pomaže u procesu proizvodnje. CAM se koristi nakon stvaranja željenog CAD modela kako bi se izvela simulacija proizvodnog procesa. U tom je slučaju CAD model ulazni parametar za CAM okruženje, zato se naziva CAD-CAM. Softver CAM koristi se za izradu detaljnih uputa, u obliku takozvanog G-koda, za pogon računalnih numerički upravljanih strojeva (CNC). G-kôd govori stroju kako aktivirati motore kako bi premjestio alat, slijedio određeni put i promijenio željenu brzinu. Crteži, 3D modeli CAD-a i drugi podaci mogu se koristiti za izradu detaljnih uputa za pogon nekakvog automatiziranog alata. CAM pomaže proizvođačima da poboljšaju svoje vrijeme za tržišne mogućnosti.

Prednost korištenja softvera CAM je višestruka i uključuje:

- ☐ malu šansu za proizvodnu pogrešku
- ☐ pruža brzi alatni stroj staze
- ☐ smanjuje vrijeme ciklusa
- ☐ smanjuje trošenje alata
- ☐ smanjuje trošenje stroja
- ☐ poboljšana kvaliteta rezanja
- ☐ generira G-kod, omogućavajući bržu izradu predmeta
- ☐ pomaže u smanjenju rasipanja materijala



Simulacija putanje CAM alata. Izvor: Fusion

360 CAM uzorak treninga (www.autodesk.com)

VAŽNE IDEJE

- **Ideja 1** ... softveri CAD CAM ključni su za ozbiljan proces proizvodnje i proizvodnje.

POGLAVLJE 8 Analiza industrijske primjene i pristup 3D modeliranju

- - - - X

Ključne riječi

→ **KONCEPT1** = [modeliranje]

→ **KONCEPT2** = [simulacija]

→ **KONCEPT3** = [validacija]

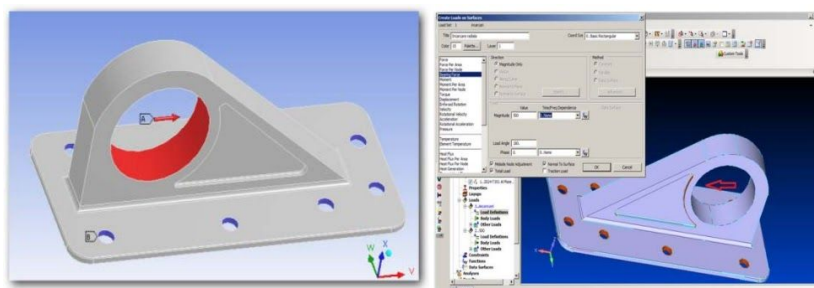
Optimizacija 3D topologije za zrakoplovnu industriju

Korištenje 3D modeliranja u kontekstu industrijske primjene vrlo je veliko i složeno, vezano uz domenu, ali i posebnosti proizvoda koji se razvijaju. Primjerice, jedan od glavnih ciljeva u zrakoplovnoj industriji je smanjenje težine dijelova kako bi se smanjila potrošnja goriva, pa je u tom smislu glavni cilj 3D modeliranja pronaći načine za optimizaciju oblika zrakoplova. dio, pomoću programa koji su povezani s optimizacijom topologije, ali u uskoj korelaciji s programima koji se koriste u svrhu analize konačnih elemenata, kako bi se utvrdilo njegovo mehaničko ponašanje.

Na kraju, ali ne najmanje važno, proces proizvodnje dijela igra važnu ulogu u ovom slučaju, jer modeliranje dijela mora biti u korelaciji s tehnološkim ograničenjima. Kako bi se razumjele posebnosti načina na koji je pristup 3D modeliranja primijenjen u slučaju 3D tiskanih komponenata izrađenih za zrakoplovnu industriju na Tehničkom sveučilištu u Cluj-Napoci, Rumunjska.

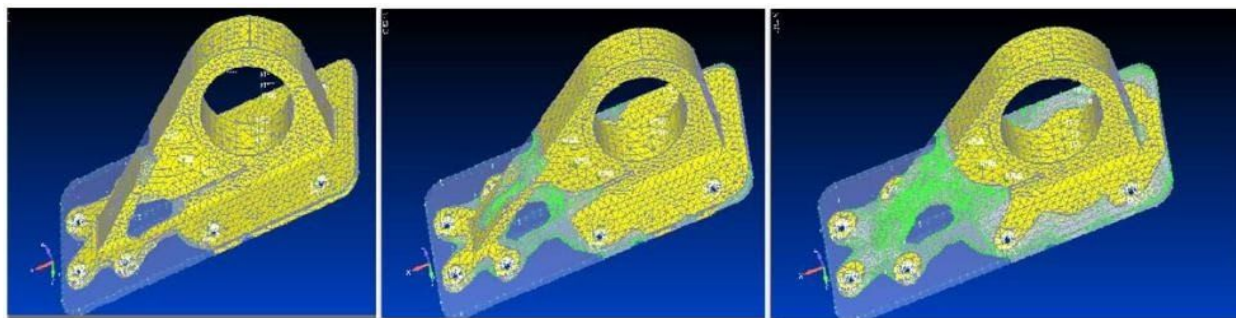
Istraživanje provedeno u području zrakoplovne industrije bilo je usredotočeno na redizajn i analizu jednog dijela prikazanog na slici, s ciljem smanjenja njegove težine bez utjecaja na mehaničku čvrstoću na kraju. Za postupak preoblikovanja komponente zrakoplova korišten je namjenski program za optimizaciju topologije nazvan Femap NX Nastran, znajući da će se u provrtnom dijelu komponente (Ø50 [mm] - promjer

veličine) primijeniti sila na čitav opseg i znajući da je osnovno područje komponente učvršćeno s 8 vijaka na trupu aviona. To su bila glavna ograničenja koja su primijenjena u slučaju komponente zrakoplova.



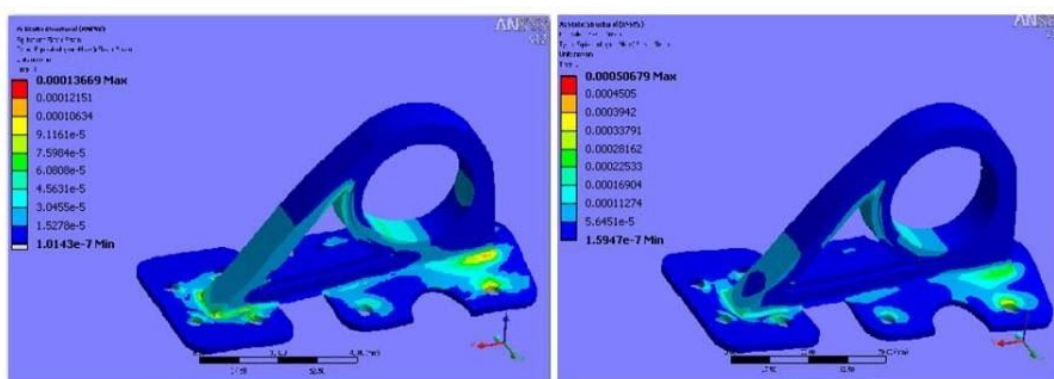
Topološka optimizacija komponente zrakoplova

Za izrađenu analizu uzete su u obzir dvije vrste materijala – TiAl6V4 i AlSi12, kao i mehaničke karakteristike, kao što su vlačna čvrstoća, granica izdašnosti ili Poissonov omjer, preuzete iz listova podataka proizvođača materijala. Nakon stvaranja mreže, određivanjem postotka smanjenja volumena u programu FEMAP (promjenjivi postotak), bilo je moguće primijetiti da se značajan volumen materijala može ukloniti u spojnom području osnovne ploče i potpornog kraka komponente. Isto zapažanje vrijedilo je i u slučaju kada se za izradu zrakoplovne komponente uzimao u obzir materijal TiAl6V4 ili AlSi12, a s porastom sile opterećenja s 500 [N] na 3000 [N], raspon koji se uzimao u obzir za napravljenu analizu.



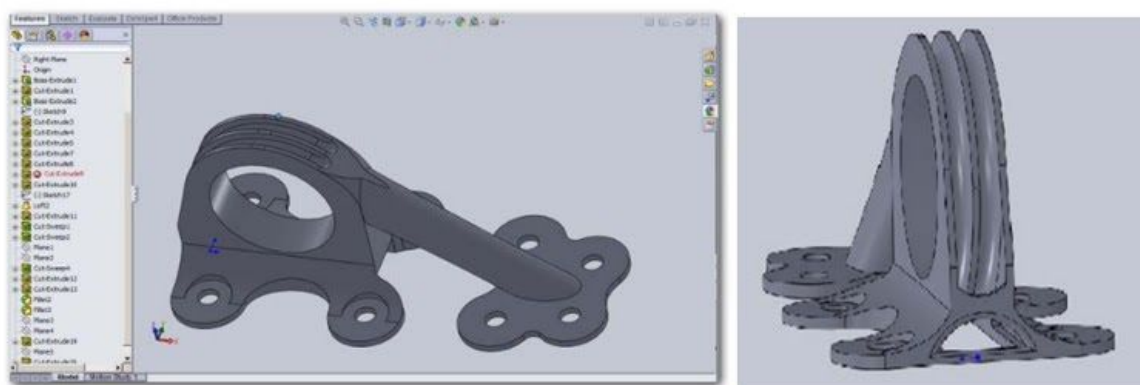
Rezultati optimizacije napravljeni programom Femap Nastran

Na temelju rezultata dobivenih pomoću programa Femap NX Nastran, optimizirani oblik komponente zrakoplova dizajniran je pomoću programa SolidWorks CAD. Daljnje analize u vezi s mehaničkim ponašanjem pričvrsne stezaljke trebale su se napraviti pomoću programa ANSYS FEA. Kinematička i tehnološka ograničenja nametnuta su sukladno funkcionalnoj ulozi dijela i procijenjene su vrijednosti naprezanja i naprezanja komponente izrađene od razmatranih materijala (TiAl6V4 ili AlSi12).



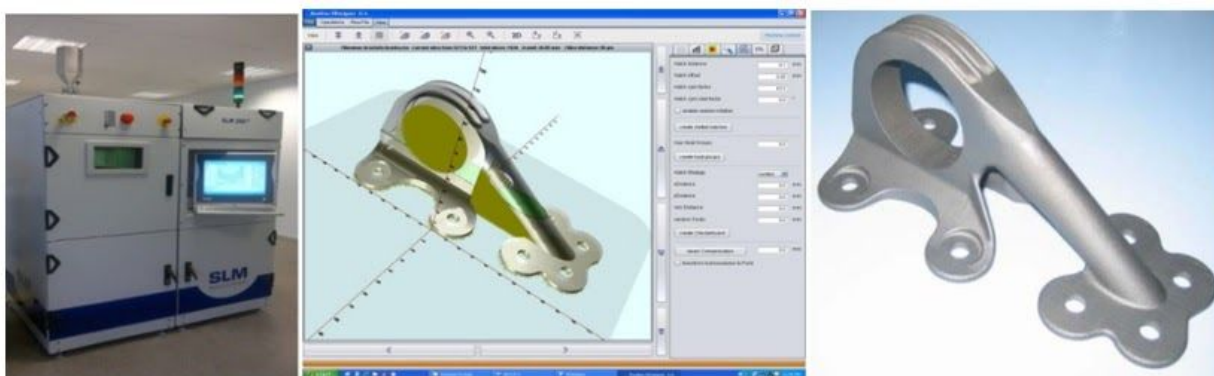
Mehaničko ponašanje komponente zrakoplova analizirano FEA metodom

Uzimajući u obzir rezultate koji su dobiveni nakon analiza konačnih elemenata izrađenih pomoću programa ANSYS FEA, bilo je moguće redizajnirati komponentu aviona kako bi se smanjila njegova težina.



CAD komponenta zrakoplova nakon validacije FEA

Promjene koje su napravljene u ovoj fazi analize u smislu smanjenja težine komponente nisu bile toliko značajne kao što su učinjene pomoću programa Femap NX Nastran, ali ih je bilo moguće ostvariti bez utjecaja na mehaničko ponašanje komponente. Horizontalni hod je eliminiran u novoj optimiziranoj verziji komponente koja je dizajnirana pomoću SolidWorks CAD programa. Uzimajući u obzir rezultate FEA analize i, uzimajući u obzir koeficijent sigurnosti 4 puta veći od maksimalne sile naprezanja, bilo je moguće utvrditi da aluminijska komponenta neće biti otporna na takvu vrijednost, pa je stoga odlučeno da se proizvede komponenta TiAl6V4. Komponenta aviona proizvedena je od praškastog materijala Ti6Al4V, koristeći opremu SLM 250 HL tvrtke SLM Solutions GmbH iz Luebecka, Njemačka.

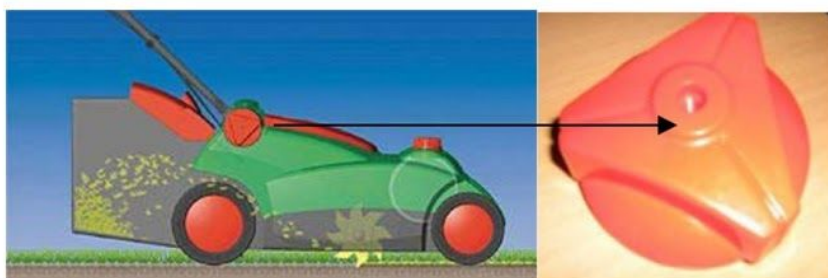


Komponenta aviona proizvedena 3D ispisom

CAD modeliranje za razvoj novih proizvoda izrađeno 3D ispisom i brizganjem

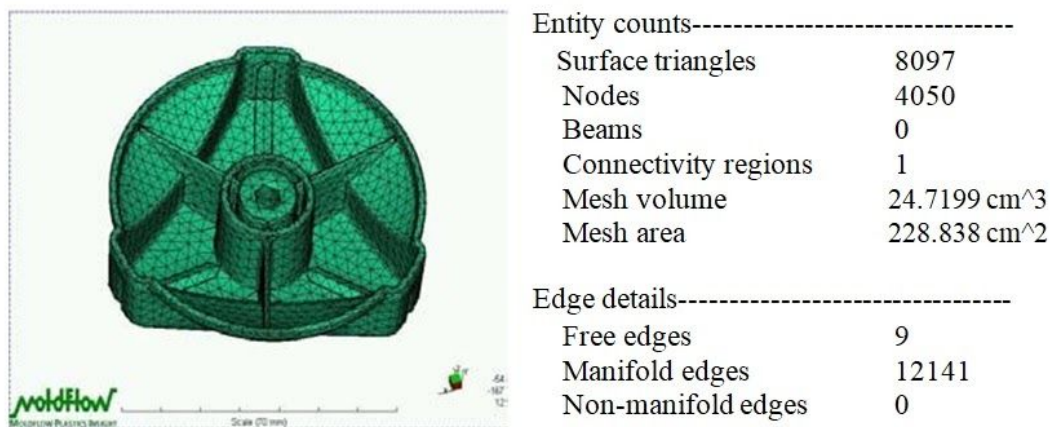
Zahvaljujući tehničkim poboljšanjima, boljoj kontroli procesa i mogućnosti obrade svih vrsta metala, posljednjih se godina pojavio prijelaz na brzu alatku (RT) i brzu proizvodnju (RM). Mnogo aplikacija moglo bi iskoristiti ovu evoluciju upotrebom tehnologija 3D ispisa, ne samo za vizualne konceptne modele i nekadašnje funkcionalne prototipove, već i za razvoj novih proizvoda pomoću kalupa za alate, umetaka za alate i funkcionalnih dijelova krajnje upotrebe s dugotrajnom dosljednošću. . Jedna studija slučaja (komponenta poklopca stroja za rezanje trave analizirana je, proizvedena od strane SLS-a i

na kraju eksperimentalno testirana, u okviru projektnog rada, zajedno na Tehničkom sveučilištu u Cluj-Napoci i jednoj tvrtki za brizganje kalupa iz Rumunjske.



Komponenta poklopca stroja za rezanje trave

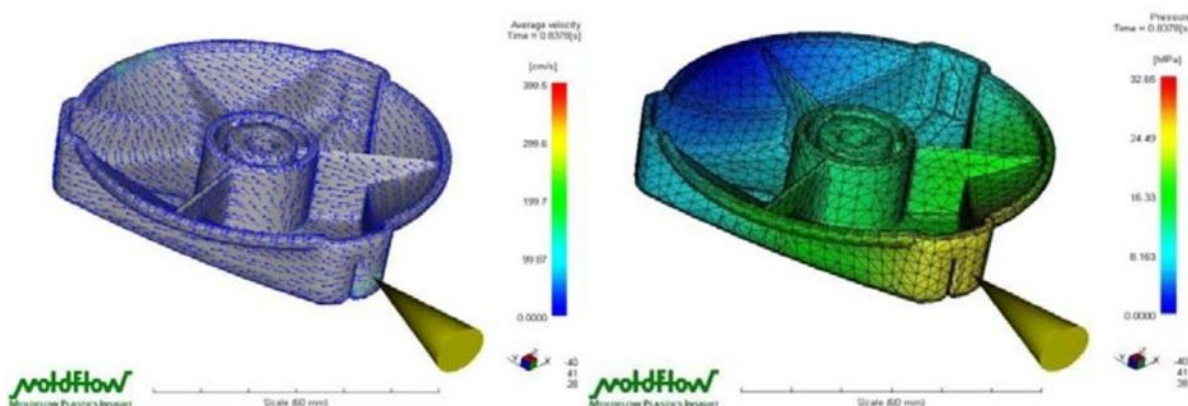
Softver Moldflow upotrijebljen je za simulaciju rastaljene plastike koja teče radi popunjavanja šupljine. Glavna svrha ove simulacije bila je saznati neke informacije u vezi s tehnološkim parametrima koji se moraju koristiti u procesu injekcijskog prešanja.



Analiza konačnih elemenata Moldflow

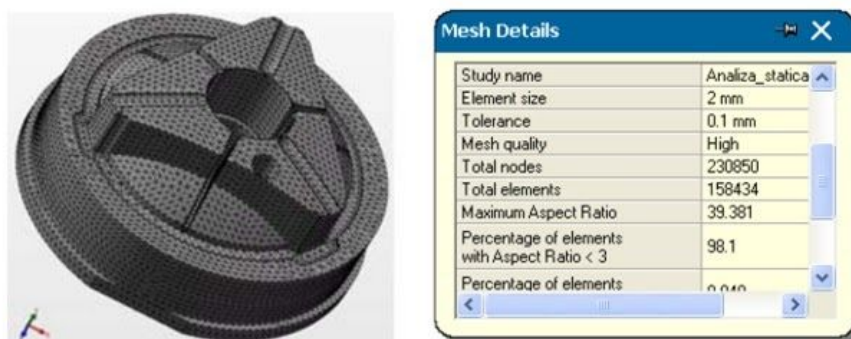
Na zahtjev tvrtke korisnice, odabrani materijal je Schulamid PA6 (30% staklo), koji ima 260 ° C kao maksimalnu temperaturu topljenja i 60 ° C, kao preporučenu temperaturu kalupa. U ovoj je fazi napravljena preliminarna analiza u vezi s najboljim položajem vrata i orijentacijom plastičnih vlakana tijekom punjenja kalupa te u svrhu

pronalaska optimalnih tehnoloških parametara koji se koriste u procesu injekcijskog prešanja.



Postignuti optimalni tehnološki parametri za postupak injekcijskog prešanja

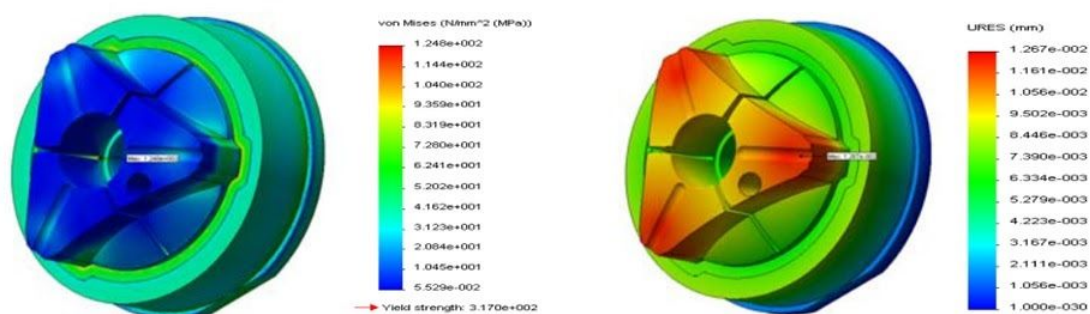
Tehnološki parametri utvrđeni u softveru Moldflow korišteni su u skladu s ispitivanjima ubrizgavanja u kalupe izrađenim u poduzeću za ubrizgavanje u kalupe korištenjem alata proizvedenih tehnologijom selektivnog laserskog sinteriranja (SLS) 3D ispisa na Tehničkom sveučilištu u Cluj-Napoci, Rumunjska. Vrijednost tlaka ubrizgavanja i sila stezanja dobiveni su pomoću softvera Moldflow potrebni za analizu drugog konačnog elementa koja je napravljena kako bi se utvrdila trajnost alata za ubrizgavanje u kalup koji je izradio SLS.



CAD model kalupa za analizu SolidWorks Simulation

Za provođenje analize konačnih elemenata, prije svega, CAD model SLS alata (bušilica) učitao je u simulacijski program SolidWorks FEA. U

analizu konačnih elemenata uvedene su mehaničke i toplinske karakteristike metalnog praha (materijal Laserform St-100), nametnuta su kinematička i tehnološka ograničenja te su postignuti rezultati za određivanje mehaničkih svojstava (deformacija-deformacija), ali i trajnosti alata SLS (životni ciklus kalupa).



Rezultati simulacijske analize SolidWorksa

Virtualni model SLS alata prebačen je na SLS stroj s Tehničkog sveučilišta u Cluj-Napoci i proizveden je od materijala Laserform St-100. Nakon proizvodnje na SLS stroju, SLS alati prešli su u postprocesnu fazu koja je u pećnici obavezna za dobivanje završnog metalnog dijela.



Alati proizvedeni selektivnom tehnologijom laserskog sinterovanja 3D tiska

Tijekom SLS postupka i naknadne obrade došlo je do određenih kontrakcija dimenzija. Zbog toga je bilo potrebno izvršiti završne zahvate do probijanja i nakon toga umrijeti. Ovi završni postupci izvedeni su u poduzeću za brizganje kalupa, koristeći ručne alate za doradu, kako bi se alat savršeno zatvorio.



Stroj za brizganje i bušilica izrađen u TUCN-u na poslu

Ispitivanja ponašanja SLS alata provedena su u poduzeću za ubrizgavanje u kalupe, koristeći stroj za kalupiranje Krauss Maffei 90/340 A, koristeći tehnološke parametre određene u analizi Moldflow. Ploča probijalice pričvršćena je na pokretni sklop stroja za brizganje, a ploča matrice na fiksni sklop stroja za brizganje. Ispitivanja ubrizgavanjem u kalupe izvedena su pomoću poliamida PA 6 + 30% stakloplastičnog materijala. Uspješno je ubrizgano oko 30 000 dijelova.

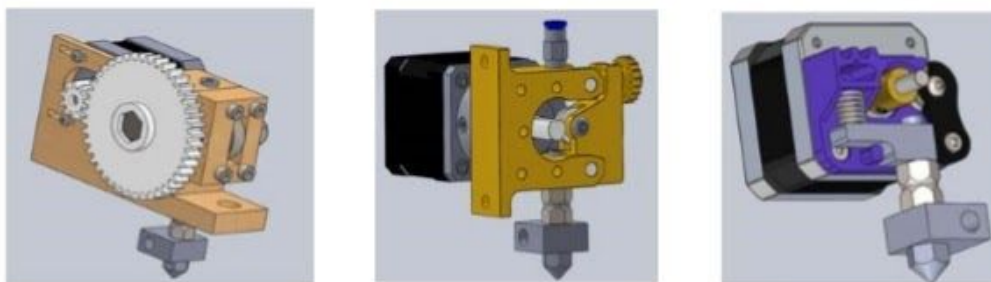


Lijevani dijelovi ubrizgavani pomoću alata SLS

Dizajn inovativnih ekstruzijskih sustava za 3D tisak za ispitivanje novih materijala u skladu s industrijskim potrebama

Stolni 3D tisak za metalne dijelove novi je smjer i predstavlja jedan od najnovijih trendova unutar domene aditiva, koji se daje i definira

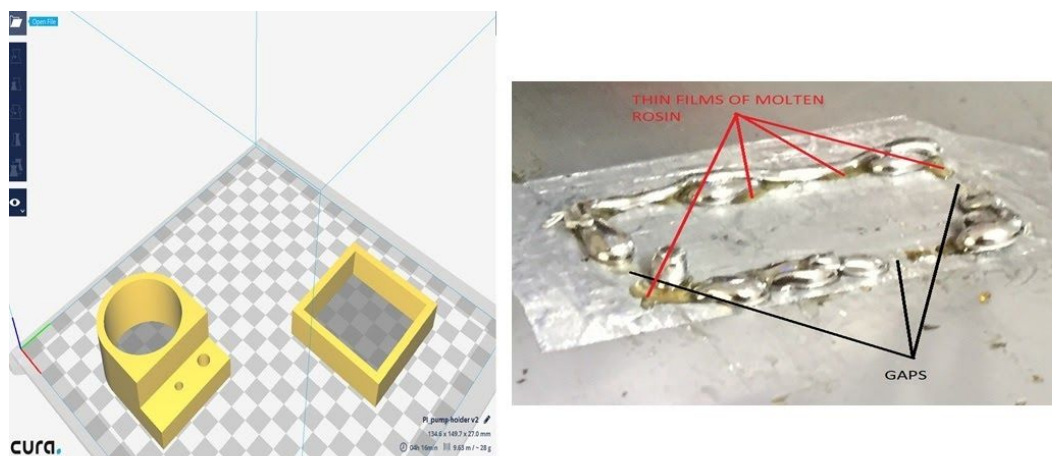
uglavnom zahtjevima industrijskih tvrtki u pogledu materijala i proizvoda koji se moraju brzo isporučiti na tržište. Na Tehničkom sveučilištu u Cluj-Napoci bilo je istraživanja usmjerenih na redizajn ekstrudiranog sustava 3D printera za proizvodnju metalnih dijelova za jednu tvrtku koja proizvodi elektroničke komponente. Tehnološki parametri optimizirani su za proizvodnju uzoraka koji se mogu dalje mehanički i električki ispitivati. Predložene su tri konstruktivne verzije temeljene na principu koji su koristili klasični 3D printeri, a ekstrudirani materijal je u obliku niti. Ova vrsta ekstrudera uključuje koračni motor koji pokreće mehanizam za punjenje niti, koji se uglavnom sastoji od pogonskog kotača, koji se pokreće koračnim motorom i pogonskog kotača, pri čemu se nit dovodi kroz odgovarajuće kotače.



Inovativni sustavi za ekstrudiranje dizajnirani pomoću SolidWorksa

Kako bi se odabralo koja je verzija optimalna sa stajališta ukupnih dimenzija, analizirana je ukupna masa sklopa, točnost uvlačenja žice, pouzdanost i održavanje te ukupni proizvodni trošak i zaključeno je da je najpouzdanija treća, zbog jednostavne konstrukcije, jednostavnosti izrade, troškova i poteškoća u sastavljanju dijelova.

Za potvrđivanje dizajna smatra se da je metoda analize konačnih elemenata realizirana s modulom SolidWorks Simulation. Kritični aspekt analize je intenzitet toplinskih zahtjeva kojima je sklop izložen, zahtjeva nametnutih toplinskim karakteristikama ekstrudiranog materijala. Materijal koji se za ovo istraživanje smatrao sirovinom bio je Sn60Pb40 u obliku niti promjera 1,5 mm. Optimalna temperatura istiskivanja ove vrste materijala neznatno varira oko temperature od 188 ° C.



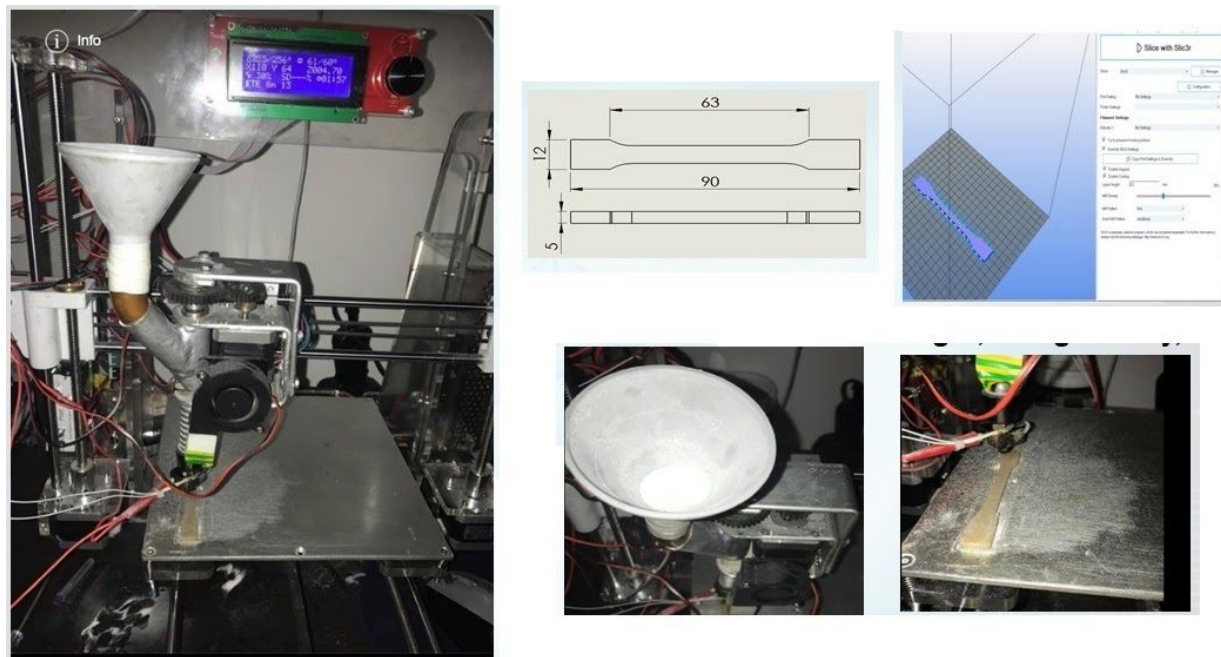
Ispitivanja izrađena na 3D ispisu korištenjem izvorno zamišljenog ekstrudera

Za postupak rezanja modela i postavki tehnoloških parametara, pisac koristi program koji je razvio Ultimaker, a zove se softver Cura. Ovaj se softver široko koristi u cijelom svijetu, s nizom prednosti u odnosu na druge programe za kontrolu i rezanje, kao što je mogućnost uvođenja mnogo većeg broja tehnoloških parametara od onih koje je moguće uvesti u druge programe za rezanje na tržištu, uz poboljšano vizualno sučelje i s mogućnošću skaliranja modela, znatno pojednostavljeno.

Na temelju rezultata do kojih se došlo na eksperimentima, odlučeno je da se na nosač koji drži sustav za istiskivanje postavi pištolj s vrućim zrakom, dio držača koji je dizajniran u softveru SolidWorks, a zatim je izrađen na 3D printeru pomoću PLA materijala. Držač je zatim fiksiran na ekstruzijski sustav podsklopa pomoću vijka. 3D oprema za tisak razvijena u TUCN-u modificirana je u skladu s potrebama industrijskih tvrtki za ispitivanje nekoliko vrsta materijala (plastika i kompoziti), u obliku niti, u obliku praha ili u obliku peleta.

Dizajn komponenata izrađen je u CAD softverskim programima, dok je analiza rađena na temelju metoda konačnih elemenata, a konačna

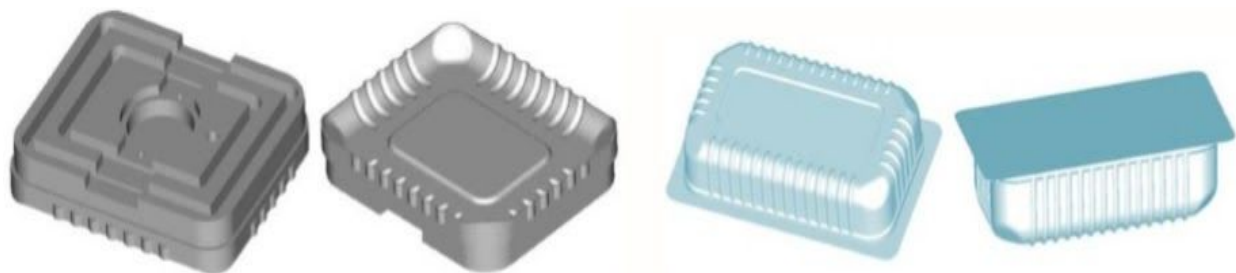
validacija izvedena je na temelju eksperimenata izvedenih na stvarnim 3D tiskarskim strojevima i mehaničkim ispitivanjima nakon toga.



Oprema za 3D ispis prilagođena za ispitivanje novih materijala u skladu s potrebama industrijskih tvrtki

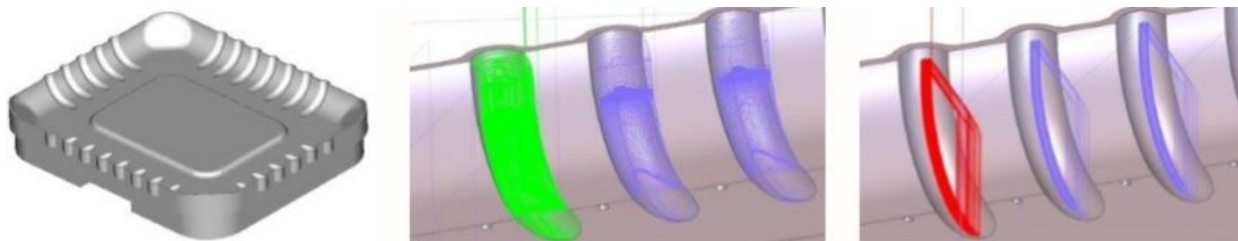
Smanjenje vremena izrade kalupa za termooblikovanje primjenom DFM principa

Da bi uspjeli, istraživači od prvog puta moraju dizajnirati proizvode na pravi način za optimalnu proizvodnju, troškove, kvalitetu, vrijeme i funkcionalnost. DFM (Design for Manufacturing) je metodologija za razvoj proizvoda ili projekte poboljšanja proizvoda u kojem dizajneri i proizvodni inženjeri zajedno rade na dizajniranju procesa proizvodnje i montaže proizvoda, istovremeno dizajnirajući sam proizvod. U nastavku će biti predstavljen dizajn proizvodne analize kako je realiziran upotrebom DFMXpress-a kako bi se identificirali i eliminirali kritični problemi s dizajnom kalupa za termoformiranje koji povećavaju složenost proizvodnje i troškove.



Dobiveni plastični spremnik za hranu nakon postupka termoformiranja

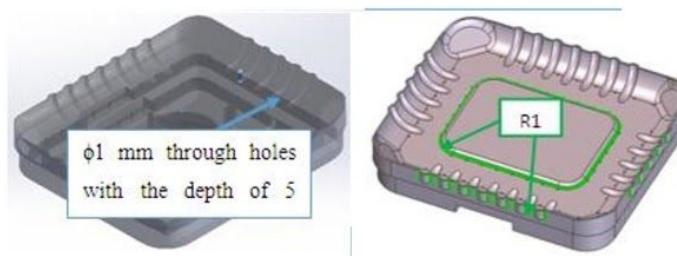
Važan korak u procesu dizajniranja je odabir materijala. U ovom je slučaju dio izrađen od legure aluminija EN-AW-5083 H111 koja je poznata po svojim izvanrednim performansama u ekstremnim okruženjima jer je vrlo otporna na kemijski udar koji se može dogoditi u industrijskim kemijskim okruženjima. kako bi se utvrdilo vrijeme proizvodnje "kalupa za termooblikovanje", bilo je potrebno realizirati CNC program potreban za ovo izdanje. U ovom se slučaju program EdgeCam koristio za generiranje potrebnih putanja alata kako bi se dobio konačni dio.



Analizirane strategije puta alata u slučaju kalupa za termooblikovanje

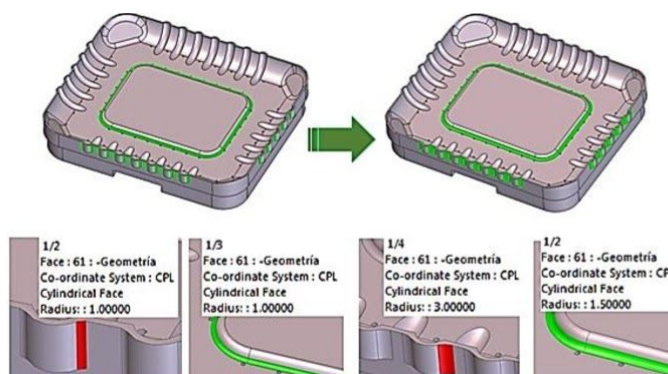
Nakon dobivanja redizajniranog dijela na temelju preporuka softvera DFMXpress, način obrade dijela promijenjen je pomoću manje specijalnih alata i više alata s većim promjerom. Te su izmjene imale značajan utjecaj na vrijeme obrade. DFMXpress je dodatak Solidworks zasnovan na pravilima koji omogućuje dizajneru da uspoređi svoje datoteke s poznatim, dobrim dizajnom za proizvodna pravila. Unutar Solidworksa otvoren je dodatak DFMXpress, odabrana je datoteka pravila i postavljene su željene vrijednosti za provjeru DFMXpress. Za

produktivni postupak odabrana je opcija „Samo mlin / bušilica“, uzimajući u obzir činjenicu da je kalup za termooblikovanje CNC glodani dio.



Neuspjelo pravilo omjera dubine / promjera rupe i nedostupna značajka

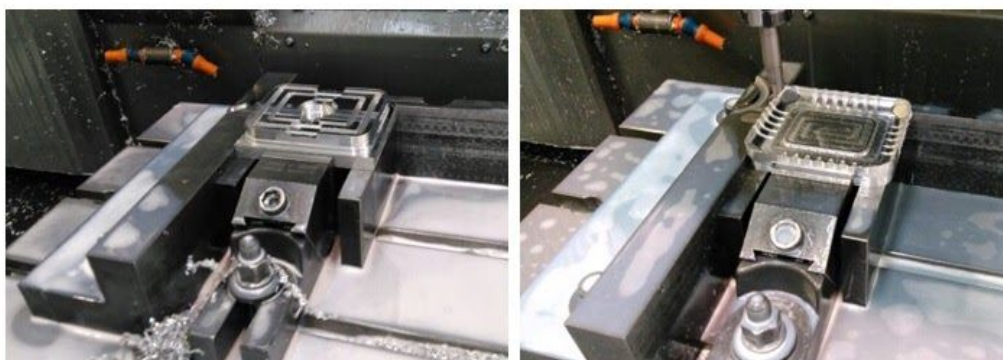
Pravilo Omjer dubine i promjera rupe nije uspjelo zbog činjenice da je tijekom DFM analize uzeta u obzir unaprijed definirana vrijednost od 2,75 za ovaj parametar pravila. Program DFMXpress smatra da označene značajke ili nisu lako dostupne za obradu (sklop držača alata se ne može približiti svojstvu i potreban je dugački tanki rezač koji nije poželjan) ili zahtijeva poseban rezač za obradu. Korištenjem programa DFMXpress napravljen je redizajn kalupa za termoformiranje na temelju neuspjelih pravila i preporuka danih od programa DFM. Polumjeri R1, na vanjskoj i na dnu kalupa za termoformiranje, promijenjeni su, uzimajući u obzir činjenicu da pravilo nedostupne značajke nije uspjelo zbog ovih značajki.



Redizajn termoformirajućeg kalupa temeljen na preporukama DFMXpress-a

Računalno potpomognuta proizvodnja i smanjenje vremena obrade primjenom optimalnih strategija putanje alata, praćen je dizajnom za

analizu proizvodnje realiziranim uz pomoć programa DFMXpress, kako bi se identificirali i eliminirali kritični problemi s dizajnom kalupa za termooblikovanje koji povećati složenost proizvodnje i troškove. Uzimajući u obzir činjenicu da je potrebna količina ovog kalupa za termoformiranje 25 dijelova, a proizvodni trošak za jedan sat jednak 28 eura, vrijeme obrade smanjeno je za 825 minuta (približno 14 sati) za cijeli postupak, a troškovi proizvodnje su također smanjena za 392 eura u ovoj varijanti. Redizajnirani kalup za termo presavijanje proizveden je na vertikalnom obradnom centru Mazak VTC 200C u okviru jedne tvrtke koja se aktivira u prehrambenom sektoru u Rumunjskoj.



Redizajnirani kalup koji se koristi za proizvodnju plastične posude za hranu

MODUL 2

POGLAVLJE 1 Umjetna inteligencija i strojno učenje u onkologiji

- - - - X

Važnost integracije strojnog učenja u dijagnozi karcinoma

Rano otkrivanje i prognoza raka važan je aspekt zdravstvene zaštite. Rak je drugi vodeći uzrok smrti u svijetu i ima značajan utjecaj na gospodarstvo, kao i na ljudske živote. Istraživači iz cijelog svijeta posvećuju cijelu svoju karijeru liječenju raka; svake se godine postižu ogromni pomaci u dijagnostici i liječenju lijekova. No, nažalost, mnogim uskoro pacijentima s karcinomom to još uvijek nije dovoljno. U nadi da će spasiti bezbroj života, istraživači su se okrenuli futurističkim dijagnostičkim metodama pomoću inteligentnih strojeva. Znanstvenici vjeruju da će im uspon tehnologije strojnog učenja pomoći ne samo da pronađu prikladan lijek za rak, već i potpuno zaustavljaju njegov razvoj.

Umjetna inteligencija (AI) i strojno učenje (ML) polako se probijaju u sustav zdravstva od 1970-ih, mijenjajući način na koji liječnici dijagnosticiraju i liječe različita zdravstvena stanja. Suvremene iteracije smanjuju troškove medicinskih računa i ubrzavaju prepoznavanje bolesti, što znači da pacijenti prije počinju s liječenjem i povećava im se kvaliteta života. Posebno se razlikuje primjerice povećanje kvalitete kod pacijenata s karcinomom, čija su stanja često opasna po život i zahtijevaju hitnu njegu. Neki stručnjaci kažu da je vjerojatnost preživljavanja 10 puta veća ako se rano pronađe rak.

Pregledana mjesta raka jedna su od najštetnijih vrsta dijagnostičkih pogrešaka u primarnoj zdravstvenoj zaštiti. Dijagnoza raka je problematična čak i kada se koriste višestruki testovi, kao što su rendgen, MRI i biopsije. Na primjer, bijeli tragovi u tkivu dojke mogu biti normalni ili kancerogeni, a to može dovesti i do lažno pozitivne ili lažno negativne dijagnoze. Računalni programi mogu se naučiti

analizirati obrasce koji kliničari mogu propustiti i interpretirati medicinske slike na sasvim novi način. Između 2012. i 2019. objavljeno je preko 20 000 radova koji analiziraju izvedbu umjetne inteligencije u dijagnostici. Samo ih je 25 uspoređivalo učinak umjetne inteligencije i zdravstvenih radnika, ali rezultati jasno pokazuju da je njihov učinak bio jednak. Međutim, to nije razlog za strah da će strojevi preuzeti medicinsko područje, već šansa da postanemo bolji liječnici suradnjom s novom tehnologijom. Iako rješenja AI mogu dobro obaviti zadane zadatke, liječničko iskustvo i ljudski kontakt s pacijentima ne mogu se zamijeniti.

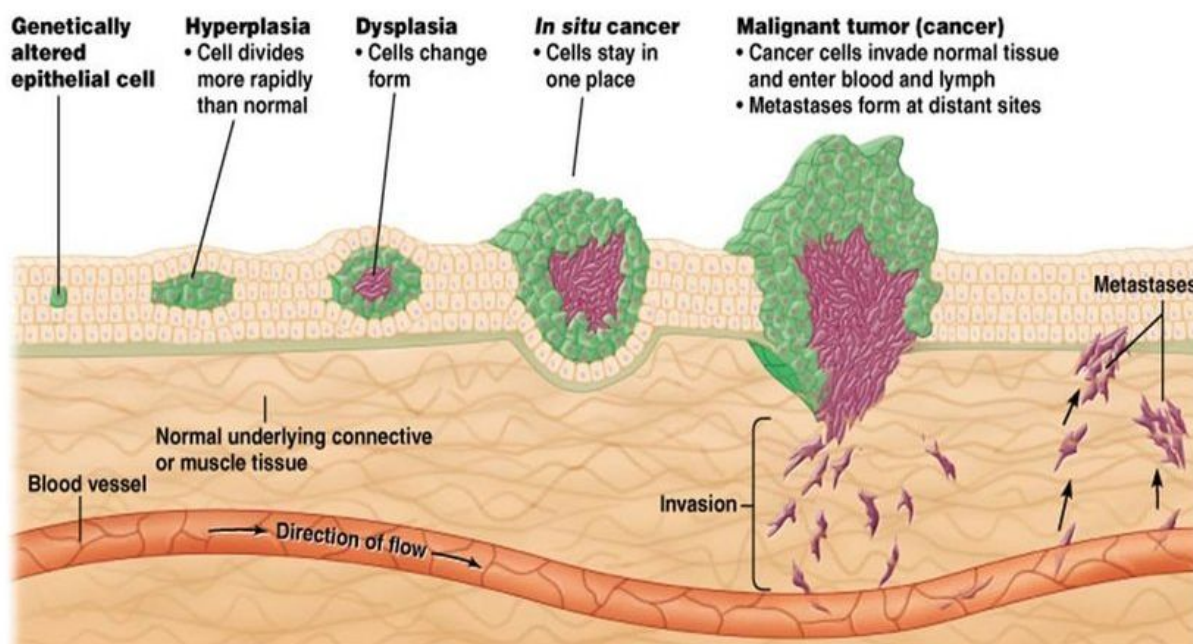
Patofiziologija - razumijevanje raka

Put do naprednije tehnologije započinje razumijevanjem osnova razvoja raka i onoga što čini tijelu. Pa, što je rak? Rak je skupina od više od 100 bolesti koje uključuju nekontrolirani rast stanica i koje se potencijalno mogu proširiti na druge dijelove tijela. Pojam rak razlikuje se od tumora, iako se često koriste naizmjenično. Tumor je masa stanica koje se nenormalno dijele i obično se kategorizira kao benigna ili maligna; dobroćudan je neinvazivan i zadržava se u svom tkivu podrijetla, dok je vjerojatnije da će se maligni tumor krvlju ili limfom preseliti u druge dijelove tijela. Ako se ustanovi novi tumor, patološka mjesta nazivaju se metastazama.

Na početku istraživanja raka znanstvenici su vjerovali da je njegov razvoj uzrokovan kemikalijama, zračenjem ili virusnim infekcijama. Od tada su znanost i medicina daleko napredovali. Danas razumijemo da je mnogo različitih molekula i mutacija gena uključeno u stvaranje raka. Tumori se sastoje od stanica koje postoje u našem tijelu i ne potječu iz stranih izvora. Suvremene teorije sugeriraju da sve stanice unutar tumorskog rasta imaju istu "majčinu" stanicu, koja se u nekom trenutku transformirala i počela nekontrolirano rasti. Ova se stanica i njezina "djeca" dijele tijekom godina, tvoreći tumor koji u konačnici loše utječe na tijelo i uzrokuje simptome poznate kao rak. Tijekom određenog vremena akumuliraju se dodatne mutacije, stvarajući subpopulacije koje se mogu dalje dijeliti i mutirati. Više neovisnih

subklona raka može koegzistirati unutar istog tumora, a ta je značajka povezana s lošom prognozom.

Stanice raka ne surađuju s drugim stanicama u svom okruženju i izgledaju drugačije od svojih zdravih susjeda. Te stanice imaju abnormalno veliku jezgru i genetski su nestabilne. Slučajna brisanja, dupliciranja i preslagivanja njihovih kromosoma čine ih neobičnim osobinama. Gubitak inhibicije kontakta i manja ovisnost o čimbenicima rasta u okolišu promjene su zajedničke svim stanicama raka. Te promjene omogućuju stanicama rast bez ograničenja.



Faze razvoja tumora i mehanizam metastaziranja.

Dvije su kategorije gena koje kontroliraju većinu procesa diobe stanica, također poznate kao stanični ciklus. Jednu kategoriju čine proto-onkogeni; drugi uključuje gene za supresiju tumora. Ti geni drže pod nadzorom rast stanica, pomažući svakom tkivu i organu da zadrže svoju veličinu i funkciju. Ljudsko tijelo zahtijeva ravnotežu da bi pravilno funkcioniralo, a bilo kakve promjene u genetskom materijalu koje nisu popravljene mogu uzrokovati razne zdravstvene probleme. Stanice su obično vrlo učinkovite u popravljanju svoje DNK i potrebno je mnogo godina da se u jednoj stanici nakupi dovoljno mutacija da

uzrokuju rak. Studije sugeriraju da je potrebno 5-10 genetskih modifikacija kako bi se zdrave stanice transformirale u karcinom.

Proto-onkogeni kodiraju proteine koji primaju i obrađuju signale iz okolnih stanica u tkivu. Podjela je stimulirana oslobađanjem faktora rasta u prostor između stanica, koji se zatim veže na određene receptore na zidovima susjednih stanica. Ovaj se signal prenosi s proteina na protein dok ne stigne do jezgre stanice gdje različiti geni postaju aktivni i započinju ciklus rasta. Mutacije čine da proto-onkogeni postanu onkogeni, zbog čega stanice rastu i pretjerano se dijele. Onkogeni mogu utjecati na različite dijelove prethodno spomenutog signalnog puta, stimulirajući stanice na prekomjernu proizvodnju faktora rasta ili šaljući signale za poticanje rasta u jezgru kada nije prisutan faktor rasta. Geni za suzbijanje tumora obično inhibiraju ove lažne signale, ali su neaktivni ako se pojave mutacije.

Ljudske stanice imaju nekoliko drugih sigurnosnih sustava u slučaju da se pojave pogreške u procesu diobe stanica. Sustav za popravak DNK vrlo je važan jer karcinogeni i otrovni proizvodi metabolizma u okolišu neprestano oštećuju naš genetski materijal. Pogreške se također mogu pojaviti tijekom replikacije DNA i mogu postati trajna značajka u stanici (mutacija) ako se ne poprave. Ako je bitna komponenta oštećena, zahvaćena stanica može primiti signal za programiranu smrt, koji se naziva i apoptoza. Proizvod gena za supresiju tumora nazvan p53 u velikoj je mjeri uključen u ovaj proces. Njegove mutacije mogu utjecati ne samo na rast stanica, već i na odgovor na zračenje i kemoterapiju.

Tu je i bitan sustav koji ograničava koliko se puta stanica može podijeliti, a uključuje segmente DNA na kraju kromosoma. Ti se segmenti nazivaju telomeri, a dio ih se usitni nakon svake replikacije dok ne dosegnu minimalnu duljinu. Stanice se tada prestaju dijeliti, ili daljnje skraćivanje uzrokuje pucanje kromosoma. Stanice raka ne pokazuju ovo ponašanje jer u njima, za razliku od zrelih, zdravih stanica, postoji enzim zvan telomeraza koji zamjenjuje dijelove telomera izgubljene tijekom replikacije.

Ljudske stanice imaju ukupno 20 000-25 000 gena. Postoji mnogo različitih vrsta stanica jer te gene koriste različito, odabirući koje će uključiti i isključiti. Budućnost dijagnoze leži u sposobnosti znanstvenika da razumiju i uspoređuju "potpise" zdravih i stanica raka. Ti "potpisi" ili "otisci prstiju" pomažu u razdvajanju skupina stanica. Na primjer, stanice kostiju i mišića uglavnom izražavaju posve različite gene. Neki su geni izraženi u oba tipa stanica, ali u različitim količinama ili je krajnji proizvod drugačiji. Budući da se stanice mijenjaju na molekularnoj razini tijekom njihove transformacije u stanice raka, moći će primijetiti ove promjene, može pomoći u otkrivanju, dijagnosticanju i liječenju raka. Također može pomoći u izračunavanju hoće li rak napredovati i koliko brzo. Glavni je cilj zdravstva uočiti rak u ranim fazama i u potpunosti spriječiti njegov razvoj.

Problem s rakom kao skupinom bolesti je taj što svatko ima određeni rizik da ga razvije tijekom svog života. Međutim, rizik od razvoja određene vrste karcinoma ovisi o izloženosti uzročnicima koji uzrokuju rak i pojedinačnim osobinama kao što su obiteljska povijest, navike itd. Čak i ako populacija svjesno izbjegava sve kancerogene tvari u okolini i nema naslijeđene genetske mutacije, oko 25% ljudi bi i dalje razvio rak kao slučajnu pojavu u tijelu. Predloženi način djelovanja je minimiziranje kontakta s poznatim karcinogenima (poput onih u cigaretama), obavljanje godišnjih pregleda i sudjelovanje u programima probira.

Pozitivno je da se stope preživljavanja među oboljelima od raka neprestano povećavaju tijekom godina. To je vjerojatno zbog napretka u otkrivanju, poput novih tehnika snimanja i različitih vrsta krvnih testova. Rak je teško dijagnosticirati samo po simptomima, jer su nespecifični i obično se javljaju kada je tumor znatno porastao ili čak metastazirao.

★ [Zašto nismo izliječili rak \(eng. Why We Haven't Cured Cancer\)](#)

Video 1. Kratki pregled patofiziologije karcinoma i kako ograničava učinkovitost liječenja, ali i pokreće globalna istraživanja.

Iako će rizik od eventualnog razvoja raka uvijek biti prisutan, on se na osobnoj i nacionalnoj razini može svesti na minimum. Pojedinci mogu promijeniti svoje navike kako bi poboljšali svoje zdravlje, dok vladine agencije rade na poboljšanju javne izloženosti kancerogenima. To također uključuje zakone poput onih koji ograničavaju prodaju alkohola i duhana osobama mlađim od 18 godina. Ali takvi zakoni ne ograničavaju individualnu slobodu i dopuštaju odraslima da preuzmu osobni rizik ako su spremni suočiti se s posljedicama.

Znanost i moderna medicina igraju važnu ulogu u jačanju osobnog i javnog zdravstva. Znanje koje pružaju stručnjaci može se koristiti za razumijevanje, prepoznavanje i liječenje raznih bolesti i zdravstvenih stanja. No kako znanstvene informacije postaju sve dostupnije javnosti, ljudi počinju sami dijagnosticirati i manje se oslanjaju na svoje liječnike. Iako se svako potiče da sam bira, ignoriranje dobro dokazanih činjenica može imati neželjene zdravstvene posljedice. Morali bismo biti zahvalni na čudima suvremene medicine, ali ne ovisiti o tome i prikupljeno znanje koristiti u svoju korist. Prevencija vrijedi puno više od liječenja, kako za nas same, tako i za druge.

Predviđanje i prognoza raka

Prevencija i rano otkrivanje raka mogu se postići široko rasprostranjenom praksom probira. Probir je strategija koja se koristi u medicini za traženje neprepoznatih stanja u naizgled zdravim, asimptomatskim populacijama. Iako su dostupne brojne strategije za rano otkrivanje i prevenciju, njihovo pretjerano korištenje može dovesti do prekomjerne dijagnoze i naknadnog pretjeranog liječenja. Klinički i eksperimentalni dokazi kontinuirano pružaju nove metode za dijagnozu raka, usredotočujući se na preciznu medicinu. Nedavne

inovacije koriste molekularno znanje i čimbenike okoliša za izračunavanje rizika od razvoja raka.

Kako se raku treba dugo vremena, postoji puno mogućnosti za otkrivanje prekanceroznih mjesta i intervenciju prije nego što se tumor u potpunosti formira. Budući da je rak drugi vodeći uzrok smrti širom svijeta, moraju se uložiti osobni naponi i naponi zajednice kako bi se smanjila njegova učestalost. Identificirano je nekoliko mehanizama prevencije koji su podijeljeni u primarne, sekundarne i tercijarne procese. Primarna prevencija uključuje promjene u načinu života i prehrani, poput čestih vježbi, odvikavanja od pušenja, ograničavanja unosa hrane bogate životinjskim mastima i korištenja kreme za sunčanje. Korištenje zaštitne terapije također je način prevencije raka, uključujući sustavno cijepljenje. Rano otkrivanje, liječenje ili uklanjanje prekanceroznih mjesta spada u kategoriju sekundarne prevencije bolesti. To uključuje rutinski pregled koji je trenutno dostupan za kolorektalni karcinom, rak dojke i prostate. Tercijarna prevencija započinje nakon dijagnoze raka, usredotočujući se na poboljšanje kvalitete života i preživljavanja pacijenta. Razumijevanje mehanizama koji stoje iza razvoja karcinoma i korištenje uspostavljenih strategija prevencije omogućit će zdravstvenim radnicima da se bolje brinu i o budućim i o sadašnjim pacijentima s rakom.

Premaligne stanice pokazuju nekoliko molekularnih i genetskih promjena u usporedbi sa zdravim tkivom i malignim lezijama. Promatranje ovih promjena može biti presudno u razumijevanju kako se određene vrste raka razvijaju i napreduju. Nažalost, pronalazak molekularnih uzoraka u ranim lezijama raka skupo je i zahtijeva velike uzorke tkiva. Također je suvišan u većini slučajeva jer većina premalignih lezija ne napreduje u invazivni rak. Otkrivanje ovih lezija problematično je čak i u uobičajenim metodama probira, poput mamografije za rak dojke i PSA (antigen specifičan za prostatu) za rak prostate. Lažno pozitivni rezultati mogu dovesti do nepotrebnih praćenja poput biopsija i liječenja lijekovima, iako otkrivene premaligne lezije možda nikada neće napredovati i ugroziti život pacijenta. Kada provodite bilo koju strategiju prevencije raka, važno je uzeti u obzir omjer rizika i

koristi. Prekomjerna dijagnoza nedostatak je probira i treba ga izbjegavati jer može naštetiti pacijentima. To je vidljivo u dijagnozi raka dojke. Iako je učestalost prekomjerne dijagnoze niska, zdravstvene posljedice su značajne. Ostali subjekti prekomjerne dijagnoze kod raka uključuju melanom, rak prostate, bubrega i štitnjače. Rak bubrega uglavnom se nalazi slučajno tijekom snimanja abdomena, dok se rak štitnjače može pronaći prilikom ispitivanja abnormalnosti funkcije štitnjače.

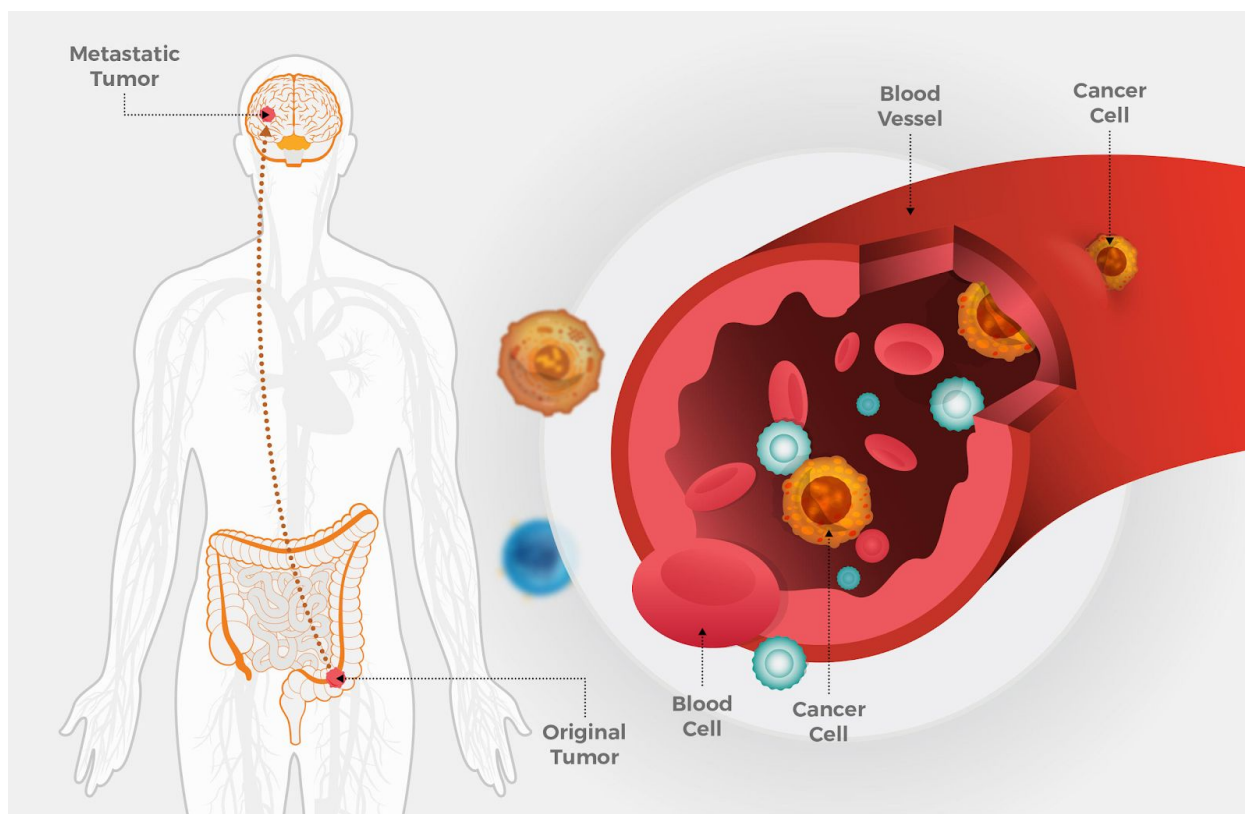
Tablica: Ispitivanja i postupci pregleda za razne vrste raka.

Vrsta raka	Test ili postupak
Rak dojki	Mamografija
Rak vrata maternice	PAPA test (citologija cervikalnih stanica) HPV DNA test
Rak debelog crijeva	Fekalni imunokemijski test, test fekalne okultne krvi, multitarget DNA test stolice Kolonoskopija, CT kolonografija, fleksibilna sigmoidoskopija
Rak na plućima	CT
Rak prostate	PSA (specifični test za prostatu) s digitalnim rektalnim pregledom ili bez njega

Važan dio praćenja pokretanja i napredovanja raka je identificiranje biomarkera povezanih s tim putovima. Biomarkeri (potpuno imenovani biološki biljezi) široka su kategorija molekula koje se mogu izmjeriti u tijelu i predvidjeti učestalost ili ishod bolesti. Te molekule mogu biti DNA, RNA, proteini ili metaboliti. Idealni biomarkeri trebali bi biti izravno povezani i uključeni u procese raka, biti vrlo osjetljivi i specifični, imati neinvazivno otkrivanje i razuman omjer troškova i koristi. U dijagnozi raka dojke radi se molekularno profiliranje receptora estrogena, progesterona i humanog epidermalnog faktora rasta kako bi se identificirali potencijalni biomarkeri. Ako se pronađu

dobro poznate mutacije, liječenje je lakše jer su dostupni visoko specifični lijekovi. Primjeri uključuju tamoksifen za ER pozitivne karcinome i trastuzumab za HER2 pozitivne karcinome.

Znanstvene inovacije naginju manje invazivnim tehnikama za rano otkrivanje raka, poput izoliranja cirkulirajuće DNA bez stanica (cfDNA) prisutne u krvi (plazmi, serumu), urinu i drugim tjelesnim tekućinama. Postoje različite vrste cfDNA. Neki su prisutni u zdravih osoba poput fetalne DNA bez stanica (cffDNA) tijekom trudnoće, dok drugi mogu ukazivati na prisutnost bolesti poput tumorske DNA koja cirkulira (ctDNA). Većina cirkulirajuće DNA otpušta se u krvotok kad se dogodi prirodna smrt stanica (apoptoza), ali precizni mehanizmi još uvijek nisu poznati. I cirkulirajuća tumorska DNA i tumorske stanice mogu se izolirati iz prethodno spomenutih uzoraka i provjeriti molekularne promjene. Upotreba ovih biljega u kliničkoj praksi je ograničena. Neke bolnice nemaju resursa za provođenje ovih testova, dok druge shvaćaju da bi biomarkeri od interesa mogli biti proizvedeni od strane nekanceroznih stanica ili možda nisu specifični za određene vrste raka.



Stanice tumora u cirkulaciji mogu se odvojiti od primarnog tumora kao pojedinačne stanice ili dio nakupine. Te stanice tada mogu ući u krvotok i migrirati u udaljene organe stvarajući metastaze.

Tumorski markeri pušteni u krvotok mogu biti korisni za otkrivanje više karcinoma jednim testom. Ova metoda se ponekad naziva tekuća biopsija. Postojeće metode probira raka usmjerene su na pojedine organe, a probir na razini cijele populacije preporučuje se za samo 4 vrste raka – dojke, vrata maternice, debelog crijeva i prostate. Probir na druge vrste raka vrši se samo kod visoko rizičnih osoba. Primjeri uključuju screening karcinoma gušterače kada je prisutna obiteljska anamneza, screening karcinoma pluća za pušače i screenom hepatoma za pacijente s kroničnom bolešću jetre. Iako su u skupini s visokim rizikom, neki pacijenti nisu pregledani. Tu bi bili korisni testovi koji otkrivaju kružnu tumorsku DNA u uzorcima krvi. Dobivanje uzoraka krvi mnogo je lakše i nema duge liste čekanja kao što to imaju radiološki pregledi. Nedavno je osmišljen AI program za izračunavanje

vjerojatnosti raka pluća u plazmi (Lung-CLiP) analizom sadržaja i količine ctDNA. Obučena je na uzorcima raka pluća u ranoj fazi. Znanstvenici se nadaju da će se ovaj program u budućnosti moći primijeniti na druge vrste raka. Tada bi se pacijenti s pozitivnim testovima pregledavali odgovarajućim tehnikama snimanja.

Tablica: Biomarkeri raka koje je odobrila FDA trenutno se koriste u kliničkoj praksi.

Marker (puni naziv)	Vrsta raka
AFP (α-Fetoprotein)	Jetra
PSA (Prostate-specific antigen)	Prostata
CA125 (Cancer antigen 125)	Jajnici
HE4 (Human epididymis protein 4)	Jajnici
CA15-3	Prsa
CA27-29	Prsa
CA19-9	Gušterača Jajnici
CEA (Carcinoembryonic antigen)	Debeli crijevo Želudac Gušterača Pluća Prsa
HER2/neu (Human epidermal growth factor receptor 2)	Prsa
Tg (Thyroglobulin)	Štitnjača
hCG (Human chorionic gonadotropin)	Testisi Jajnici

Gore navedeni biomarkeri raka uglavnom se koriste za praćenje terapije i otkrivanje ponovljene bolesti (relapsa). Iznimke uključuju PSA koji se koristi za probir raka prostate, kao i AFP i hCG koji se koriste za dijagnozu odgovarajućih vrsta karcinoma. U upotrebi je nekoliko testova koji mjere razine više biomarkera u serumu i kombiniraju rezultate u indeks rizika od raka. U predviđanju raka jajnika, OVA1 test vrijedan je alat za procjenu vjerojatnosti da će peritonealna masa biti zloćudna. Test traži prisutnost 5 biomarkera. Uključeni biomarkeri su CA125 i 4 različita proteina prisutna u krvi. Kombinacija rezultata imunoloških testova s AI algoritmom koji izračunava rizik od maligne bolesti pokazala je obećavajuće rezultate. Imunoanalizama se mjeri broj prisutnih biomarkera uz upotrebu antitijela.

Međutim, OVA1 test ne bi se trebao koristiti za probir zbog svoje male specifičnosti. Nenormalni rezultati ne znače nužno da pacijent ima rak, jer bi biomarkeri pokupljeni testom mogli biti povišeni u benignim uvjetima. Test se prvenstveno koristi za procjenu vjerojatnosti prisutnosti zloćudnih lezija kada su rezultati kliničke i radiološke procjene nesavjesni. To se radi prije operacije. Važno je razumjeti koji se testovi mogu ili ne mogu koristiti u pregledu asimptomatskih bolesnika.

Lažno pozitivni ili lažno negativni rezultati mogu ostaviti trajni utjecaj na njihovo fizičko i mentalno zdravlje. Rak jajnika je problematičan jer ne postoje pouzdani probirni postupci za rano otkrivanje. U uporabi su mjerne razine CA125 i transvaginalni ultrazvuk, ali rezultati su često neizvjesni. Znanstvenici se nadaju da upotreba umjetne inteligencije može ukazati na međusobni odnos između CA125 i malignih procesa u tijelu, jer njegove razine mogu biti povišene kod više vrsta karcinoma. Transvaginalni ultrazvuk već se automatizira, a razvijeni algoritam ima mogućnost klasificirati tumore kao benigne ili maligne. Pokazao je točnost od preko 90% na malom broju uzoraka, ali još uvijek nije testiran na velikom broju slučajeva.

Kod karcinoma dojke Tyrer-Cuzickov model može procijeniti rizik na temelju gustoće dojke, dobi, obiteljske povijesti raka, dobi prvog razdoblja i menopauze. Koristi se u informativne svrhe i pomaže ženama u razmatranju genetskog savjetovanja i testiranja. Iako je opisan kao najopsežniji model procjene rizika od raka, moderna ga tehnologija počinje zasjenjivati. AI model pomoću mamograma za izračunavanje rizika stavlja dvostruku količinu žena koje su na kraju razvile rak dojke u visoko rizičnu skupinu. Poboljšavanjem modela moći će s većom točnošću predvidjeti koje će žene razviti rak dojke u sljedećih 5 godina. To također smanjuje troškove zdravstvene zaštite i izloženost pacijenta rendgenskom zračenju, jer će se mamografije raditi rjeđe.

Medicinski sustavi umjetne inteligencije mogu otkazati kada se koriste u drugoj populaciji od one u kojoj je obučena. Do sada je model otkrivanja biomarkera raka dojke bio uspješan kod crnkinja, iako je populacija korištena u treningu bila pretežno bijela. Sustav se mora testirati u različitim zemljama, pa čak i na kontinentima, prije nego što postane standardni dijagnostički postupak.

U raku vrata maternice, AI tehnologija korištena je u nekoliko nedavnih studija. Cilj je smanjiti opterećenje citopatologa odvajanjem malignih lezija od normalne citologije, smanjiti pristranost promatrača i pružiti dosljednu klasifikaciju. Složeni nadzirani algoritam učenja predstavljen je 2017. godine, usredotočujući se na razdvajanje stanica po obliku, teksturi i značajkama boja. Pokazao je visoku točnost i preciznost (obje preko 98%), što se pokazalo učinkovitim u ranom otkrivanju raka. Algoritam je upotrijebio Bethesda sustav klasifikacije za označavanje slika Papa-brisa, što zahtijeva puno obuke i stručnosti. AI se koristi za personalizaciju probira za rak vrata maternice na temelju medicinske povijesti i genetskog profila, koristeći Papa izvještaje i rezultate testiranja na HPV. Testirano je nekoliko algoritama koji pružaju specifične preporuke za pacijenta za budući probir, predviđanje rizika i upravljanje bolestima. Njihove su performanse bile neadekvatne, ali mogle bi biti korisne u budućnosti nakon daljnje optimizacije.

Stanje koje uključuje abnormalni rast stanica na površini vrata maternice naziva se cervikalna displazija. Nije vrsta raka, ali ima potencijal da postane karcinom i proširi se na obližnje zdravo tkivo. Gotovo sve prekancerozne lezije uzrokuje HPV (humani papiloma virus), koji se obično nalazi kada se radi Papa test. Budući da je HPV globalno najčešća spolno prenosiva infekcija, većina seksualno aktivnih ljudi zaražena je njime tijekom svog života. U općoj populaciji rutinsko testiranje na HPV nije potrebno za muškarce, ali je odobreno za žene. Unatoč svjetskoj provedbi programa probira i cijepljenja, rak vrata maternice i dalje je glavni zdravstveni problem. Tu se pokazala korisnom AI tehnologija koja je identificirala točne HPV genotipove povezane s cervikalnom displazijom koja traje i nakon tretmana. Uz pomoć AI analizirano je nekoliko mutacija izazvanih HPV-om u karcinomima glave i vrata. Korištena je analiza umjetne neuronske mreže (ANN). Podaci koje je pružio mogu biti korisni tijekom savjetovanja za pacijente i za provedbu novih programa cijepljenja.

Kod karcinoma debelog crijeva probir je donekle problematičan jer pacijenti nerado daju uzorke stolice, a kolonoskopija zahtijeva opsežne pripreme. U razvoju je test s više analita koji koristi AI za prepoznavanje obrazaca povezanih s bolestima u DNA bez stanica, usredotočenih isključivo na biomarkere kolorektalnog karcinoma. Rezultati su zasad obećavajući, a pacijenti popustljiviji jer je postupak neinvazivan. Ljudi s višim od prosječnog rizika od raka debelog crijeva, međutim, trebaju kolonoskopski nadzor. Uvjeti koji povećavaju ovaj rizik uključuju upalne bolesti crijeva i adenome. Adenomi su benigni tumori sa žljezdanom strukturom tkiva. Mogu stvoriti polipe debelog crijeva i obično se tretiraju kao prekancerozni, jer se mogu transformirati i postati zloćudni. Razvijen je AI sustav u stvarnom vremenu koji pomaže liječnicima dijagnosticirati kolorektalni karcinom u ranoj fazi i prekursorske lezije tijekom kolonoskopije.

Kod karcinoma pluća, računalna tomografija (CT) češće se koristi za pregled pacijenata kojima prijeti razvoj bolesti. Za stvaranje svojih slika koristi nisku dozu X-zraka, od kojih su neki korišteni za osposobljavanje AI modela za predviđanje broja pacijenata koji će razviti rak pluća u roku od godinu dana. Model je nadmašio radiologe kad je za dijagnozu bio dostupan samo jedan pregled, smanjujući broj lažno pozitivnih i lažno negativnih rezultata. S više skeniranja, njihova izvedba bila je jednaka. Budući napori usredotočit će se na kombiniranje znanja stručnjaka sa sposobnostima računala kako bi se postigli još bolji rezultati.

Rano otkrivanje raka gušterače bilo bi korisno jer se 70-80% bolesnika dijagnosticira u poodmakloj fazi. Samo oko 5% živi više od 5 godina nakon dijagnoze. Budući da ova vrsta raka nije vrlo česta, pregled svih bio bi neučinkovit, izlažući pacijente nepotrebnim testovima i potencijalnim nuspojavama. AI tehnologija može prepoznati osobe s većim rizikom od razvoja raka gušterače. U Velikoj Britaniji stvoren je AI model kako bi se utvrdilo tko je u riziku procjenjujući simptome, bolesti i lijekove različitih pacijenata u dvije godine prije dijagnoze raka. Prepoznavanjem trendova u tim velikim količinama podataka, sustav može suziti broj ljudi koji trebaju biti pregledani i povećati šanse za preživljavanje ovog raka.

AI bi se trebao koristiti kao alat za prepoznavanje visoko rizičnih slučajeva i pomoć kod neizvjesne dijagnoze. Kako stanovništvo stari, a precizna medicina razvija, patolozi će bolje obavljati svoj posao ako im budu pruženi bolji alati. Međutim, nedavni podaci o biostatistici pokazuju da rana dijagnostika raka gubi svoje koristi kako metode liječenja postaju učinkovitije. Iako su petogodišnje stope preživljavanja više, za 10 ili 25 godina ista količina ljudi umire od raka, sa ili bez probira. Povećavaju se i stope kratkotrajnog preživljavanja jer se češće otkrivaju neprogresivni tumori. Takvi tumori imaju dobru prognozu čak i bez liječenja, ali mogu uzrokovati druge zdravstvene probleme ako se pacijent podvrgne operaciji i kemoterapiji. Prekomjerna dijagnostika pravi je problem, a stres koji uzrokuje pacijentima ne smije se zanemariti. Ipak, pet godina je dugo i za pacijente i za njihove obitelji, pa zdravstveni radnici imaju valjan razlog da ga pokušaju produžiti na bilo koji mogući način.

Klasifikacija raka

U biomedicini glavni izazov predstavlja precizna klasifikacija bolesti i njihovih podtipova. Dijagnosticirati rak znači točno odrediti patološko mjesto porijekla i vrstu uključenih stanica. Primarno mjesto je pojam koji se koristi za opis izvornog ili prvog tumora u tijelu. Iste stanice raka mogu se proširiti na druge dijelove tijela i oblikovati sekundarne tumore ili metastaze, ali tu mogućnost određuje primarno mjesto. Najčešća mjesta raka uključuju dojke kod žena, debelo crijevo, pluća, prostatu, vrat maternice i kožu. Metastaze imaju iste karakteristike kao i primarni rak, a širenje na limfne čvorove, kosti i pluća definira stadij raka.

Mnogi znakovi i simptomi mogu ukazivati na prisutnost raka u tijelu. Dijagnoza je problematična jer su ti simptomi nespecifični i obično se pojavljuju kada je tumor značajno porastao. Ipak, metode snimanja i laboratorijski testovi mogu se izvoditi kada pacijent ili liječnik sumnjaju. Poželjna metoda za utvrđivanje ili isključivanje dijagnoze raka je biopsija, koja je postupak uklanjanja tkiva za mikroskopsku procjenu. Ako je tumorska masa nepristupačna, koriste se tehnike snimanja za njezino lociranje i vizualizaciju prije izvođenja

biopsije. Pregledom malignog tkiva omogućuje se klasifikacija tumora i histološko ocjenjivanje, dok se otkriva opseg njegovog širenja (patološko stadiranje).

Važno je utvrditi koja je vrsta stanica transformirana u kancerogenu, jer različite vrste imaju različite brzine rasta i prognozu. Stanice se obično razvijaju u mnoge vrste, tako da unutar tkiva ili organa može biti više vrsta. Nakon potvrde dijagnoze raka, patolozi pokušavaju utvrditi koliko zloćudne stanice nalikuju zdravim, zrelim stanicama. Taj se postupak naziva ocjenjivanjem. Karcinomi niskog stupnja dobro se razlikuju, stanice izgledaju relativno normalno i bolest ima bolje izgleda. Rakovi visokog stupnja slabo su diferencirani i imaju tendenciju brzog rasta.

Za mnoge vrste karcinoma liječnici koriste TNM sustav za postavljanje. Stadiranje može biti kliničko ili patološko. Kliničko postavljanje koristi rezultate testova rađenih prije operacije, uključujući fizikalne preglede, snimke i biopsije. To je važno kada liječnici preispituju mogućnosti liječenja i pokušavaju dobiti ideju o pacijentovoj prognozi. Patološko postavljanje temelji se na onome što se nauči o raku tijekom operacije i daje preciznije informacije o ishodima liječenja. Ne koriste se sve vrste raka TNM-om. Iznimke uključuju tumore središnjeg živčanog sustava, rak kod djece, rak u krvi i ženskim reproduktivnim organima.

Tablica: TNM sustav stupnjevanja.

Primarni tumor (T)	
TX	Primarni tumor se ne može procijeniti
T0	Nema dokaza o primarnom tumoru
Tis	Karcinom in situ, stanice raka su prisutne, ali se nisu proširile na susjedno tkivo
T1, T2, T3, T4	Veličina tumora i / ili količina širenja u obližnje strukture
Regionalni limfni čvorovi (N)	
NX	Regionalni limfni čvorovi ne mogu se procijeniti
N0	Obližnji limfni čvorovi ne sadrže rak
N1, N2, N3	Veličina, mjesto i / ili broj obližnjih limfnih čvorova pogođenih rakom
Daleke metastaze (M)	
MX	Udaljene metastaze ne mogu se procijeniti
M0	Nije pronađeno udaljeno širenje raka
M1	Rak se proširio na udaljene organe ili tkiva

Postupak se može ponoviti ako rak raste, širi se ili se vrati (ponovi) nakon terapije. Taj se postupak ponekad naziva ponovnim postavljanjem, što znači da se postupci za početnu dijagnozu moraju ponoviti. To uključuje fizičke preglede, odgovarajuće metode snimanja, biopsije itd. Nova klasifikacija ne zamjenjuje izvornu. Postupci opisani u dijagnozi i dalje su najvažniji čimbenik pri razmatranju mogućnosti liječenja i stope preživljavanja.

AI i tehnologija dubokog učenja pronašli su mnoge primjene u procesu medicinske dijagnoze. Tijekom godina pokazale su se korisnim metode u rasponu od neuronskih mreža do automatskih koda u zadacima prepoznavanja slika. Danas se obično koriste dvije klase metoda AI. Prva ima značajke definirane matematičkim jednadžbama i može se kvantificirati pomoću računalnih programa. Korisno je za razvrstavanje pacijenata pružiti kliničku potporu odlučivanju. Budući da koristi unaprijed definirane značajke, ne može se dobro prilagoditi interpatientnim varijacijama koje se vide u tehnikama snimanja kao što su CT ili MRI. Zbog toga je sve više istraživanja posvećeno drugoj metodi koja koristi duboko učenje. Algoritmi dubokog učenja ne zahtijevaju prethodnu definiciju od strane ljudskih stručnjaka i automatski pružaju informacije. To im omogućuje analizu svih vrsta podataka i primjenu na razna klinička stanja. Radiolozi identificiraju patološke procese primjećujući promjene u intenzitetu slike ili neobične obrasce, što je vrlo subjektivno. Kada pokušavaju automatizirati ispitivanje medicinskih slika, strojevi tek trebaju nadmašiti stručne radiologe. Ali AI tehnologija nesumnjivo se bolje izvodi u složenim zadacima, poput uočavanja više značajki, uštede vremena, predviđanja vjerojatnosti za malignost i segmentacije tumora. Segmentiranje i tumora i zdravog tkiva vrlo je važno za liječenje zračenjem, ali ljudski čitatelji jednostavno nemaju sposobnost primijetiti suptilne razlike u teksturi ili obliku.

Stanice raka mogu biti slične veličine, oblika i građe, što ih je teže prepoznati tehnikama snimanja. Napredna tehnologija učenja može pomoći u pronalaženju postojećih obrazaca u staničnoj morfologiji povezanih s određenim mutacijama i biološkim procesima. Konvolucijska neuronska mreža (CNN) pod nazivom Inception V3 koja obrađuje sirove slike osposobljena je za razlikovanje zdravog tkiva, adenokarcinoma pluća i karcinoma skvamoznih stanica pluća. Model je analizirao slike cijelog dijapozitiva iz biopsija pluća, koje su datoteke visoke rezolucije stvorene hvatanjem mnogih malih slika s mikroskopskog dijapozitiva i njihovim montažom. Ovaj CNN također je mogao predvidjeti postoje li mutacije u 6 različitih gena koji su obično odgovorni za adenokarcinom pluća.

Istraživači su izjavili da bi se buduća poboljšanja trebala usmjeriti na otkrivanje promjena u mikrookruženju tumora. To je učinjeno godinu dana kasnije kada je razvijen još jedan CNN-ov model za klasifikaciju stanica raka pluća na temelju njihovog izgleda. Glavne prisutne vrste stanica identificirane su kao tumorske stanice, stromalne stanice (stanice vezivnog tkiva) i limfociti. Promatrajući kako su stanice raspoređene u zloćudnom tkivu mogu se otkriti obrasci rasta stanica raka, njihov odnos s mikrookolinom tumora i intenzitet imunološkog odgovora tijela. Ovaj je alat nazvan ConvPath i namijenjen je pomaganju patolozima da brže pronađu tumorske stanice. Također se može koristiti za predviđanje prognoze pacijenta i odgovor na liječenje. Buduće poboljšanje treba usmjeriti na širenje ovih metoda na druge histološke podtipove.

Može se izvršiti klasifikacija tumora iz genomskih podataka, poput mutacija, promjena broja kopija, ekspresije gena i metilacije, ali nije dio rutinske kliničke njege. Analiza molekularnih podataka biopsija tkiva solidnih tumora pokazala je obećavajuće rezultate, ponekad potaknuvši prekvalifikaciju raka i promjenu terapije. Proučavanje molekularnih profila način je za poboljšanje veze između biologije i bolesti. Istraživači su koristili slučajni klasifikator šuma za predviđanje mjesta nastanka tumora i pokazao je točnost od 95% pri analizi tipova karcinoma s izrazitim genomskim promjenama. Ova tehnologija može biti korisna kada je tkivo podrijetla tumora nepoznato i kada se odlučuje jesu li tumori u središnjem živčanom sustavu primarni ili metastatski. Pacijent također može imati dvije odvojene vrste raka i pravilno označavanje (ne kao metastaze) značajno mijenja plan liječenja. Ako se pravilno primijeni, AI može imati snažnu ulogu u podržavanju kliničkih odluka. Može nadopuniti standardne histopatološke i slikovne metode, što rezultira poboljšanom dijagnostičkom točnošću.

U dijagnostici karcinoma čak i rezultati visoko invazivnog postupka poput biopsije mogu biti dvosmisleni. Korištenje pogrešnih lijekova i plana liječenja zračenjem može imati loše učinke na tijelo pacijenta, a da zapravo ne utječe na rak. Prilikom razvrstavanja karcinoma u podtipove, patolozi su se počeli okretati umjetnoj inteligenciji kako bi klasificirali tumor. Jedna od naprednijih metoda u uporabi je klasifikator raka karcinoma središnjeg živčanog sustava koji se temelji na metilaciji. Metilacija je postupak vezivanja molekula ugljikovodika na DNA, posebno na baze citozina i adenina. Modificira aktivnost gena bez izazivanja mutacije. Budući da se kontinuirano otkrivaju novi profili metilacije, patolog ne može sve njih definirati. Tu računala briljiraju, pronalaze uzorke koje je ljudsko oko moglo propustiti i svrstavaju ih u grupe. Studije pokazuju da je 12-14% tumora na mozgu pogrešno dijagnosticirano, što je značajan broj. Implementacija AI algoritama mogla bi značajno smanjiti te stope pogrešaka. Međutim, profiliranje metilacije skupo je pa se znanstvenici nadaju da se mogu naći jednostavniji biomarkeri za diferencijalnu dijagnozu raka.

Umjesto da samo identificiraju potencijalne biomarkere, algoritmi strojnog učenja mogu se koristiti za razumijevanje i definiranje mehanizama osnovne bolesti. Biologija bolesti vrlo je složena i identificiranje povezanih gena moglo bi pružiti više odgovora zašto je određeni klinički fenotip predstavljen kod određene osobe. Algoritmi dubokog učenja mogu se naučiti kako bi se istražilo kako se mijenjaju interakcije gena, proteina i proteina kada je bolest prisutna u usporedbi sa zdravim stanjima. Ovaj se postupak može razviti i primijeniti u preciznu medicinu kako bi se identificirali pacijenti koji su ozbiljnije pogođeni nekom bolešću ili utvrdilo tko bi trebao dobiti određenu vrstu liječenja.

Rak mokraćnog mjehura prilično je česta i agresivna vrsta raka. Puno ranih stadija, pa čak i napredniji stadiji raka mokraćnog mjehura otkrivaju se kasno, jer pacijenti ne primjećuju simptome ili misle da ih uzrokuje nešto benigno. Trenutne metode dijagnoze uključuju cistoskopiju i biopsiju. Oba su postupka vrlo invazivna, skupa i mogu imati ozbiljne nuspojave za pacijenta. Istraživači rade na višeslojnom algoritmu perceptrona (MLP), koji može analizirati metabolite prisutne u uzorcima urina i povezati ih s različitim fazama raka mokraćnog mjehura. Ugljikohidrati poput galaktoze i škroba povezani su s ranom fazom, dok su aminokiseline povezane s rakom mokraćnog mjehura u kasnoj fazi. Promatranje promjena koncentracije metabolita u mokraći može biti učinkovita metoda za otkrivanje i praćenje raka. Te se promjene uglavnom događaju zbog mutacija gena koji reguliraju metaboličke putove. Povezivanje pogođenih metabolita s odgovarajućim genima može pomoći u određivanju najboljeg liječenja za svakog pacijenta.

Iako je cistoskopija važan postupak za dijagnosticiranje i praćenje raka mokraćnog mjehura, neke se lezije mogu previdjeti. Budući da je male i ravne tumore teško identificirati, oni mogu negativno utjecati na liječenje ako se propuste tijekom kirurške resekcije. Postoji studija koja predlaže sustav potpore za cistoskopsku dijagnozu raka mokraćnog mjehura uz pomoć konvolucijske neuronske mreže. AI sustav pokazao je visoku preciznost pri klasificiranju tumorskih lezija, ali mora se dalje razvijati kako bi postao dio kliničke prakse. Algoritam još uvijek treba nadzirati od strane liječnika, posebno kada se ispituju promjene u sluznici mjehura izazvane upalom.

Sljedeće je brzo rastuće područje istraživanja uporaba AI u gastrointestinalnoj endoskopiji, postupku koji se koristi za ispitivanje probavnog trakta osobe. Razvijeno je nekoliko algoritama koji pomažu u otkrivanju i optičkoj dijagnozi polipa debelog crijeva, ali postoje i drugi aspekti gastroenterologije koje treba poboljšati. Važno pitanje je liječenje ranih karcinoma želuca. Predviđanje koliko je duboko rak zahvatio slojeve želučanog zida ključno je pri razmatranju metastatskog potencijala i hoće li operacija biti potrebna. Razvijen je obećavajući AI model koji je koristio duboko učenje za prepoznavanje visoko invazivnih karcinoma. Ima vrlo visoku specifičnost i ako se može primijeniti u kliničkim uvjetima, pomoći će minimizirati pretjeranu dijagnozu i nepotrebne kirurške zahvate.

Glavna metoda snimanja raka dojke je mamografija, zlatni standard za otkrivanje raka dojke u ranoj fazi prije kliničke dijagnoze. Prilikom uvođenja AI u dijagnostički proces, većina istraživača usredotočena je na poboljšanje ove metode. Mamografija se smatra učinkovitom u smanjenju smrtnosti zbog raka dojke, što rezultira velikim brojem žena. To stvara više posla za radiologe i potrebu za pomoći AI, jer je količina generiranih podataka svakim danom sve veća. Ostale relevantne metode uključuju histopatologiju i ultrazvuk, s mnogo manje pozornosti koja se poklanja MRI dojke. Upotreba MRI povećava se zbog značajnog doprinosa klasifikaciji lezija, segmentaciji, napredovanju bolesti i odgovoru na liječenje. Tijekom godina razvijani su različiti algoritmi strojnog učenja, od vektorskog stroja za podršku (SVM) do CNN-a, s ohrabrujućim rezultatima. Nažalost, pouzdanost sustava još uvijek je preniska za dijagnostičku upotrebu, ali potencijal postoji. Zbog velike količine morfoloških i dinamičkih podataka koji se mogu iz njega izvući, MRI ostaje najprivlačnija metoda za primjenu AI.

MRI možda nije prikladan za sve pacijente. Budući da koristi magnet za dobivanje slika, može biti nesigurno za pacijente s ugrađenim medicinskim uređajima. Oštećena funkcija bubrega ograničava upotrebu kontrastnih sredstava, a psihološka stanja poput klaustrofobije čine postupak izazovnim za podnošenje. S takvim pacijentima može se preporučiti ultrazvuk, koji je u cjelini jeftiniji i pruža slike u stvarnom vremenu. Bilo je pokušaja uvođenja AI tehnologije u ultrazvučnu opremu, ali treba napomenuti da većina sustava ne može istovremeno generirati slike i provoditi AI analizu. Pojednostavljena neuronska mreža kombinirana je s GPU radnom stanicom kako bi liječnici pomogli lociranju tumorskih lezija u stvarnom vremenu s dobrom preciznošću. Do sada je testiran za otkrivanje raka dojke, ali mogao bi biti dragocjen alat u svakodnevnoj kliničkoj praksi. Budući da razvijeni algoritam koristi manje računske snage, u budućnosti bi mogao biti ugrađen u više pametnih uređaja.



Vanjska GPU radna stanica omogućuje istodobnu upotrebu ultrazvuka i AI pomoći u stvarnom vremenu.

Sve je veći broj pacijenata koji posjećuju endokrine stručnjake zbog čvorova na štitnjači zbog sve veće upotrebe probirnih programa i vrlo osjetljivih tehnika snimanja. Ovi čvorovi su čvrste ili tekućinom ispunjene nakupine stanica štitnjače u štitnjači. Odluka je je li kvržica dobroćudna ili zloćudna, a dijagnoza zahtijeva upotrebu više dijagnostičkih metoda. Citologija podržana ultrazvučnim slikanjem danas se široko koristi, ali ispada da je četvrtina rezultata nejasna i zloćudni tumori nisu točno identificirani. Znanstvenici predlažu upotrebu ultrazvuka u boji visoke razlučivosti i 3D skeniranja cijelog područja vrata, što može pružiti preciznije rezultate od uobičajenog snimanja sive skale. Ove su tehnike idealne za trening i provjeru valjanosti AI sustava. AI je pokazao izvrsne rezultate u citološkoj i ultrazvučnoj analizi štitnjače. Pokazalo se da je njegova osjetljivost jednaka osjetljivosti iskusnih radiologa, ali nažalost, specifičnost je još uvijek premala za kliničku uporabu. Ipak, algoritmi AI mogu kombinirati rezultate snimanja, povijest pacijenta, kliničke preglede i rezultate laboratorija štitnjače kako bi podržali endokrinologe pri odluci je li operacija potrebna.

Rezultati karcinoma prostate mogu biti nedovoljni. Uzorci se obično uzimaju s unaprijed određenih mjesta na prostati, ponekad nedostaje stvarno mjesto raka. Da bi se to otklonilo, koristi se multiparametrijska magnetska rezonancija (MRI). To je posebna vrsta skeniranja koja stvara detaljnije slike prostate od standardnog MRI. To čini kombinirajući četiri različite vrste slika i koristeći kontrastna sredstva. Rezultati su predmet rasprave između radiologa, a ispravna identifikacija tumorske mase zahtijeva godine treninga. To predstavlja izazov u bolnicama u zemljama u razvoju, koje u svojim redovima nemaju takve stručnjake. AI programi mogu pružiti brzu dijagnozu, precizniju prognozu i bolji tretman u regijama kojima nedostaje radiologa.

FocalNet je sustav temeljen na AI, osposobljen za predoperativne multiparametrijske MRI snimke pacijenata koji čekaju operaciju uklanjanja prostate. Na upit da se utvrdi stopa malignosti u novom skupu pretraga, njegova izvedba bila je identična iskusnim radiolozima. To može poboljšati dijagnozu kad radiolozi nisu dostupni ili ukloniti varijabilnost između čitatelja. Multimodalne slike poboljšale su točnost karakterizacije i procjene tumora. Ostali primjeri uključuju PET hibride: PET-MRI i PET-CT. Te se tehnike mogu dalje istraživati bez žrtvovanja detalja slike primjenom naprednijih algoritama. Hibridni PET-CT već je pokazao dobre rezultate kod pacijenata s rakom pluća i limfomom. Konvolucijska neuronska mreža korištena je za automatsko otkrivanje, lokaliziranje i klasificiranje potencijalnog zloćudnog tkiva na snimkama cijelog tijela. Iako postoji nekoliko algoritama, u praksi većini softvera trebaju ručne ispravke kako bi se dobili točni rezultati. To se događa jer se radioaktivni tragači koji se koriste za vizualizaciju organa i tkiva ne distribuiraju ravnomjerno, zbog razlika u sastavu tumora i tijela. Primjer je loš unos u masno tkivo. Važno je razmotriti ove aspekte jer veća koncentracija tragova ukazuje na veću kemijsku aktivnost u određenim tkivima.

Tehnologija koja analizira obojene uzorke tkiva pod mikroskopom ne samo da je jeftinija, već je dostupna i većini bolnica. Analiza dijapozitiva pod mikroskopom sklona je pogreškama jer to ovisi o subjektivnoj prosudbi i razini vještine patologa. Mikroskopija je u nepovoljnom položaju kada se ispituje subcelularna struktura koja treba specifične reagense, specijaliziranu opremu i složene postupke. Čak i tada, izvorno stanje uzorka može biti narušeno ako se koriste mrlje i utječu na dijagnozu. Automatizirano visokopropusno slikanje (HTI) napredna je tehnika mikroskopije s mogućnošću otkrivanja kako lijekovi mijenjaju morfologiju stanica. Neke od tih promjena mogu biti nevidljive golim okom, dok ih strojevi mogu primijetiti, pa čak i predvidjeti učinak lijekova na nepovezane molekularne ciljeve. To znači da nakon što se neuronska mreža obučila, može se koristiti u drugim analitičkim postupcima, ne samo u mikroskopiji.

Terapija raka u velikoj se mjeri oslanja na dijagnozu i postavljanje raka. Mikroskopska procjena uzoraka tkiva isplativa je, ali zahtijeva obučene patologe. Kako bi se poboljšala točnost i učinkovitost dijagnoze raka, predloženo je rješenje pomoću analognog mikroskopa s prekrivanjem u stvarnom vremenu na bazi AI. Algoritam dubinskog učenja obrađuje svaku sliku i stvara toplinsku kartu kao izlaz, ocrtavajući sumnjivo mjesto raka. Zatim patolozi mogu vidjeti dodatne informacije o izvornom prikazu kroz okular. Ova je metoda do sada testirana za otkrivanje metastatskog karcinoma dojke i klasifikaciju raka prostate Gleasonovim ocjenjivanjem s dobrim rezultatima.

★ [Otkrivanje raka u stvarnom vremenu pomoću strojnog učenja \(eng. Detecting cancer in real-time with machine learning\)](#)

Video 2. Patolozi i inženjeri predstavljaju mikroskop na AI koji ukazuje na potencijalna mjesta raka. Bitno je shvatiti da tehnologija nudi samo kliničku podršku odlučivanju. Suradnja između patologa i AI potrebna je kako bi bila korisna u rutinskim dijagnostičkim postupcima.

Sve je veća učestalost karcinoma kože i predstavlja veliku priliku za automatizirano otkrivanje. Dijagnosticiranje raka kože, posebno melanoma, rano uzrokuje drastično smanjenje smrtnosti. Nedavni rad koji koristi AI fokusiran je na dermoskopiju i kliničke fotografije jer je takve podatke lako dobiti. Dermatoskop se koristi za snimanje digitalnih fotografija povećanih sumnjivih lezija kože kako bi se pronašli potencijalno zloćudni uzorci. Klinička fotografija može predstavljati izazov u automatiziranoj analizi jer uređaj za snimanje nije u kontaktu s kožom, a pozadinski artefakti mogu zbuniti AI. Dok su klinička ispitivanja CNN-a u dermatologiji još uvijek u tijeku, mobilne aplikacije za dijagnosticiranje mrlja na koži mogu pomoći pacijentima i istraživačima. Aplikacije informiraju pacijente trebaju li posjetiti stručnjaka dok se slike mogu poslati istraživačima kako bi pomogle u razvoju boljih metoda dijagnoze. Ova mobilna tehnologija ima potencijal jer je velikom broju ljudi dostupna iz udobnosti vlastitog doma.

Brojne bolesti pomažu računalnim sustavima, a leukemija je ona s najvećim brojem smrtnih slučajeva kod djece i mladih. Leukemija je skupina karcinoma krvi koja potječe iz koštane srži. Uzrokuje abnormalni rast bijelih krvnih stanica, koje su stanice imunološkog sustava uključene u zaštitu tijela od infekcija. Mikroskopska analiza najčešća je metoda za dijagnosticiranje leukemije i sklona je pogreškama jer se radi ručno. Predložena je automatska metoda koja koristi mrlje krvi kako bi se smanjila opterećenja patologa, kombinirajući SVM i CNN algoritme. CNN je korišten za izdvajanje značajki iz slika, dok je SVM korišten za njihovo klasificiranje ili kao patološko ili ne. Budući da predložena metoda ne zahtijeva segmentaciju, može se primijeniti na više baza podataka i dati izvrsne rezultate. Segmentacija znači razdvajanje područja interesa od pozadine slike. Iako postupak segmentacije može biti izvrstan temelj za izdvajanje i klasifikaciju značajki, sklon je pogreškama kada se primjenjuje na slike s drugačijim karakteristikama od onih koje se koriste u treningu. Preciznost ove nove metode bila je preko 99%, a uz neko fino podešavanje, nadamo se da će postati prikladna za rutinsku dijagnostičku upotrebu.

Bijele krvne stanice u leukemiji pokazuju suptilne promjene na površinskim molekulama koje se mogu koristiti za njihovo odvajanje od zdravih stanica. Razvojem markera koji se mogu specifično vezati za te molekule, multiparameterska protočna citometrija (MFC) postaje vrijedan alat u dijagnozi, klasifikaciji i praćenju bolesnika s leukemijom. U laboratorijskoj hematologiji i imunologiji protočna citometrija je uobičajena tehnika. Mjeri količinu laserske zrake koja prolazi oko stanica i odbija se od čestica unutar stanice u tekućoj smjesi, obično uzorku krvi. Rezultati su predstavljeni kao različiti grafikoni koji prikazuju broj, veličinu i unutarnju složenost stanica. Složenija inačica metode, MFC, može istodobno mjeriti više parametara na svakoj stanici, s tim da su stanice označene različitim fluorescentnim bojama. Broj markera koji se koriste u protočnoj citometriji značajno se povećao tijekom godina kako bi se omogućila preciznija dijagnoza leukemije i drugih hematoloških poremećaja. Potreba za bržom i preciznijom dijagnozom izvrsna je prilika za uvođenje dubokog učenja u ovu metodu. Dosadašnja upotreba samoorganizirajuće mape (SOM) i CNN-a pokazala je obećavajuće rezultate. Daljnja poboljšanja za podtipove rijetkih bolesti mogu se očekivati kada bude dostupno više uzoraka za obuku modela.

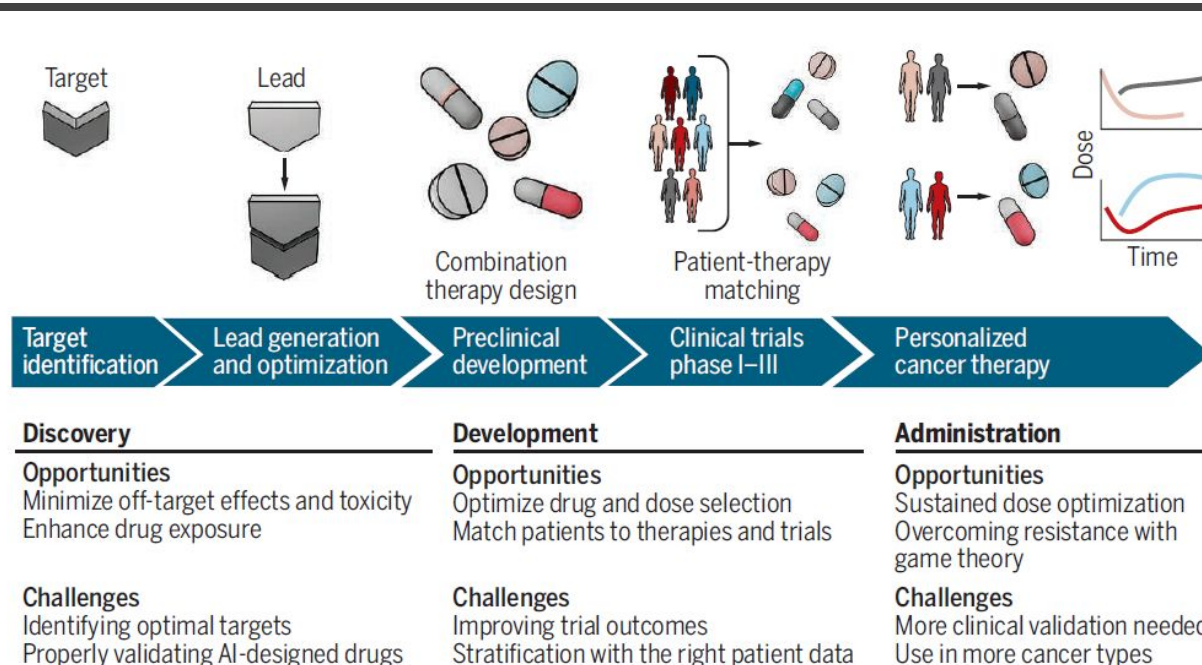
Liječenje raka

Postoji više vrsta liječenja raka, a većina će pacijenata primiti više od jednog. Cilj primarnog liječenja je uklanjanje lezija raka iz tijela u potpunosti, a uglavnom se radi kirurškim zahvatom. Kliničari se također mogu odlučiti za terapiju zračenjem ili kemoterapiju, ovisno o vrsti prisutnog karcinoma. Pomoćno liječenje koristi se za uklanjanje ostataka kancerogenih stanica nakon primarnog liječenja radi poboljšanja prognoze. U tu se svrhu obično koriste kemoterapija, zračenje i hormonska terapija. Ako se takva vrsta liječenja radi smanjenja veličine tumora prije operacije, naziva se neoadjuvantna terapija. Za ublažavanje nuspojava liječenja i simptoma raka, poput boli, može se koristiti palijativno liječenje. Ostali uobičajeni postupci za liječenje raka uključuju transplantaciju koštane srži, imunoterapiju i ciljanu terapiju lijekovima.

Suvremeno liječenje raka temelji se na anatomskom položaju i tkivu podrijetla primarnog tumora. Ako je rak metastazirao, važno je identificirati primarno mjesto slikanjem ili patološkim pregledom. Kada se solidni tumori ponove nakon liječenja ili napredovanja, potrebno je ponovno napraviti dijagnostičke testove, uključujući laboratorijske testove, postupke snimanja i biopsije. Različite populacije stanica raka mogu postojati u istom tumoru ili između primarnog tumora i mjesta metastaziranja. Da bi se utvrdio molekularni profil tumora i odabrao pravi tretman, uzorci tkiva obično se uzimaju iz biopsije ili dijagnostičke kirurgije. Obje metode ne mogu točno uhvatiti cjeloviti genomski krajolik raka pacijenata.

Budući da se ciljana terapija temelji na biomarkerima mikrokruženja tumora i mutacijskom statusu stečenom biopsijom, određene populacije stanica raka mogu se propustiti. Ako se zanemare stanice s mutacijama koje induciraju rezistenciju, kemoterapija može biti neučinkovita i izazvati razarajući recidiv. To je očito kod tumora na mozgu koji nisu samo agresivni, već pokazuju velike molekularne razlike u stanicama. Lezije tumora kontinuirano se mijenjaju i razvijaju, mijenjajući njegov genetski sastav, pa čak i mjesto metastatskim širenjem. Terapijska intervencija može dodatno potaknuti ovu evoluciju, omogućujući raku da istraži mehanizme rezistencije i mutira zbog učinaka citotoksične kemoterapije. Stanice koje su preživjele liječenje mogu ponovno naseliti tumor i izgledaju agresivnije zbog otpornosti na početnu terapiju lijekovima. Nije postignut veliki terapijski napredak u rješavanju ovog problema, te se naglašava potreba za naprednijom tehnologijom za opetovano praćenje cijelih tumorskih lezija, ne samo na mjestu biopsije.

Tehnike snimanja često se koriste za procjenu odgovora na liječenje jer su neinvazivne i jednostavne za primjenu u kliničkoj praksi. Međutim, uspješan odgovor na terapiju možda neće rezultirati smanjenjem tumora, a potreba za postupcima kojima se mjeri nešto drugo osim veličine brzo se povećava. Pojavom tehnologije strojnog učenja značajke slike mogu se kombinirati s profilima ekspresije gena, promjenama broja kopija i kliničkim podacima.



Različite faze terapije raka mogu imati koristi od primjene AI, ali mora se prevladati nekoliko izazova kako bi ona revolucionirala kliničku praksu.

AI ima potencijal poboljšati nekoliko aspekata terapije raka, poput otkrivanja i razvoja lijekova. To uključuje proizvodnju lijekova, ispitivanje kvalitete i prihvata pacijenata. AI platforme mogu analizirati biomarkere kako bi točno podudarali pacijente s kliničkim ispitivanjima i personaliziranom terapijom karcinoma sa zdravstvenim kartonima pojedinog pacijenta. Terapija zračenjem također može imati koristi od pomoći s umjetnom inteligencijom, od odabira prave doze ovisno o veličini tumora do odabira komplementarnih kemoterapijskih lijekova. AI se može naučiti razvijati 3D prikaze koji pokazuju najbolji način raspodjele zračenja za svakog pacijenta kako bi se terapija mogla započeti prije. U kirurškim zahvatima, AI je pronašao svoju ulogu u robotici i sustavima za podršku odlučivanju.

Prenamjena lijekova uključuje procjenu knjižnice lijekova koji se koriste ili u kliničkim ispitivanjima, nadajući se da se neki mogu koristiti za liječenje više bolesti. Međutim, teško je prenamijeniti spojeve jer ih treba usporediti s lijekovima koji se već koriste za liječenje i provjeriti međusobnu interakciju. To je olakšano dodavanjem podataka o strukturi, aktivnostima i drugim svojstvima u javno dostupne baze podataka. Kemičari se stoga mogu usredotočiti na procjenu točnosti svojih algoritama pretraživanja, umjesto na to kako označiti svaku novu molekulu kako bi se mogla usporediti s drugima.

Iako je postignut velik napredak u tehnologiji i razumijevanju ljudske biologije, postupak otkrivanja lijekova još uvijek oduzima puno vremena i resursa. Vjerojatnost da lijek uspješno završi klinička ispitivanja iznosi 11,83%. Dizajn lijekova može se izvesti retrosintezom, gdje se ciljane molekule periodično transformiraju u jednostavnije, poznate spojeve. Kemičari odabiru putove transformacije koji najviše obećavaju, ali ne postoji jamstvo da će tijelo obrađivati molekule na isti način. Drugi način dizajniranja lijekova jest istraživanje složenih knjižnica. Uključuje pretragu strojeva za odabir molekula sa željenim svojstvima i farmakološkim učincima. Ovdje tehnologija dubokog učenja može donijeti izvrsne rezultate jer generira farmakološki aktivne spojeve iz malog broja početnih uzoraka. Nema potrebe za pretraživanjem postojećih baza podataka, a rezultati su vidljivi odmah. Jednom kad se neuronska mreža osposobi, ona nastavlja samostalno učiti i poboljšavati procjenom prethodnih rezultata. Budući da je neuronska mreža još uvijek računalo, bez obzira na to koliko je napredan, vješt korisnički unos potreban da ne bi stvarao slične lijekove.

Učenje za pojačanje korišteno je za potpuno dizajniranje novog spoja za samo 21 dan, u usporedbi s konvencionalnim razvojem lijekova koji traje približno 1 godinu. Druga platforma bila je u stanju predvidjeti vezivanje za receptor za spoj i ciljane stanice. Ovo je korisno za minimiziranje vezanja lijeka na receptore slične strukture, ali nije relevantno za bolesnikovu bolest i terapiju. Tijekom razvoja lijekova, spojevi se također međusobno ispituju kako bi se postiglo više ciljeva lijeka i omogućilo učinkovitije liječenje. Međutim, interakcija spojeva može proizvesti nepredviđenu toksičnost. AI se može koristiti za utvrđivanje najboljih lijekova za kombiniranu terapiju uz istovremeno osiguravanje optimalnih doza i minimiziranje toksičnosti. U tijeku su klinička ispitivanja za tehnološku platformu AI za uspostavljanje novih kombinacija lijekova i identificiranje pacijenata koji bi mogli bolje reagirati na liječenje. Trenutno se koristi za personalizaciju terapije multiplog mijeloma. Platforma koristi malu količinu uzorka krvi ili koštane srži za mapiranje odgovora na lijek za stanice raka svakog pacijenta.

Biomarkeri poput genomskih promjena mogu se koristiti za predviđanje odgovora na liječenje i ishode pacijenta, što daje točnije rezultate od patologije. Umjetna inteligencija, genomski biomarkeri i zdravstveni kartoni pacijenata kombinirani su u studiji SYNERGY-AI, koja pomaže u uparivanju onkoloških bolesnika s obećavajućim kliničkim ispitivanjima. Budući da je svaki rak jedinstven za pacijenta, AI će uskoro biti potreban kako bi se osiguralo individualizirano liječenje. Stanice tumora otporne na lijekove mogu na kraju uzrokovati neuspjeh liječenja ako se koriste visoke doze terapijskih lijekova.

Razlike u bioritmima pacijenata također mogu promijeniti učinkovitost lijekova i njihovu toksičnost. Ručno izračunavanje doze i optimalnog vremena za primjenu lijeka za svakog pacijenta nemoguće je jer su kliničari već preplavljeni velikom količinom medicinskih podataka. Zbog toga znanstvenici tvrde da će personalizirana medicina biti nemoguća bez pomoći umjetne inteligencije, koja može razumjeti višefaktorske podatke bez usporavanja tijeka rada. AI počinje redefinirati kliničke standarde terapije raka, poboljšavajući dostupnost lijekova i nudeći naprednu personaliziranu njegu.

Treba napomenuti da je potrebno više raditi na potpunoj integraciji genomskih i elektroničkih zdravstvenih kartona (EHR) kako bi se omogućila precizna dijagnostika. Metode strojnog učenja koje povezuju sastav gena s medicinskim stanjima još uvijek nisu u skladu s imenima na laboratorijskim testovima koje su naručili liječnici. Nužno je raditi na integriranju informacijskih sustava jer poboljšava cjelokupni zdravstveni proces, od točnosti testova koji se koriste za dijagnozu do zadovoljstva pacijenta.

★ [Budućnost istraživanja raka \(eng. The Future of Cancer Research\)](#)

Video 3. Borba pacijenta s karcinomom stadija 4 koji ugrožava život. Video naglašava koliko su važni inovativni pristupi u borbi protiv određenih vrsta karcinoma i kako potreba za preciznom medicinom raste svake godine. Također pokazuje kako odlučnost i obrazovanje pacijenta mogu otvoriti put ka novim mogućnostima liječenja, umjesto da čekaju da znanost napravi prvi potez.

Predviđanje recidiva i preživljavanja raka

Većina istraživanja definira preživljavanje kao bilo koju incidenciju raka kod koje je pacijent još uvijek živ pet godina nakon dijagnoze. Medicinska statistika obično se koristi za prognozu raka, ali često ne daje točne rezultate. Kliničari su također zabrinuti zbog rizika pacijenta od razvoja karcinoma, recidiva tumora i smrti nakon liječenja. Svi su ovi aspekti važni pri odabiru pravog terapijskog postupka za pacijenta. Iako se AI rijetko koristi u predviđanju, sposobnost korištenja višefaktorskih podataka potiče mnoga globalna istraživanja na tom području.

Za neke vrste karcinoma, poput raka prostate, postavljanje prognoza je teško. Trenutne metode zahtijevaju složene algoritme za predviđanje, imaju malu točnost ili imaju poteškoća u pronalaženju gena sa značajnom mutacijskom razlikom između skupina s različitim prognozama. Za karcinom jajnika rezultati istraživanja obećavaju. Kombinacija statistike i nenadziranog grupiranja korištena je za predviđanje ishoda i identificiranje bolesnika s lošim stopama preživljavanja u nadi da će personalizirati liječenje. Slike su dobivene CT-om, što se radi rutinski prije operacije. Budući da se analizira cijela masa jajnika, izvučeni prognostički i biološki podaci točniji su od biopsije na jednom mjestu.

Određene vrste algoritama strojnog učenja rade bolje od drugih pri izračunavanju stope preživljavanja od raka. Slučajna metoda učenja šuma pokazala je dobru preciznost u predviđanju preživljavanja od karcinoma, posebno kod pacijenata s rakom dojke. Za karcinome s visokom incidencijom i velikom smrtnošću, poput naprednog karcinoma debelog crijeva, pluća i prostate, vrijeme preživljavanja je korisnije ako se mjeri u mjesecima. To zahtijeva upotrebu naprednih algoritama, ali pruža dragocjene informacije kliničarima pri odabiru liječenja. Koristi se obično ponderiraju s rizicima, a usprkos nuspojavama može se koristiti vrlo učinkovito liječenje ako pacijentu ostane malo vremena.

Ranijih godina preživljenost od raka procjenjivala se na temelju kliničkih značajki tumora i medicinske stručnosti kliničara. Danas se prikupljaju sve vrste medicinskih podataka kako bi se poboljšala bolnička učinkovitost, a sve veća količina podataka o raku pohranjuje se u baze podataka dostupne za izgradnju modela strojnog učenja. AI može transformirati podatke u uvid i ima sposobnost istodobne obrade povijesti bolesti, fizikalnih pregleda, laboratorijskih, slikovnih i genetskih podataka.

Korištenje genskih potpisa za predviđanje prognoze metastaza i prilagođavanje terapije lijekovima pokazalo je velik potencijal, sa samo 50 gena potrebnih za točne rezultate. Međutim, istraživači su zaključili da bi se bolji rezultati mogli postići kombiniranjem podataka o kliničkim i genetskim markerima. Studija je kombinirala genetske varijante s demografskim čimbenicima rizika kako bi se izračunala mogućnost razvoja raka dojke kod nepoznate osobe. Za analizu prikupljenih podataka korištena je tehnika strojnog učenja pod nazivom pojačanje gradijenta. Istraživači su otkrili da su geni u interakciji s demografskim čimbenicima rizika uključeni u apoptozu, angiogenezu (stvaranje novih krvnih žila) i estrogenske putove, koji mogu ocrtati potencijalne ciljeve liječenja.

Samo analiza kliničkih podataka također može pružiti dragocjen uvid u kritične čimbenike za napredovanje bolesti. Razni istraživački radovi ukazuju na dob dijagnoze, veličinu tumora, broj limfnih čvorova pozitivnih na metastaze, pa čak i mjesec dijagnoze može utjecati na prognozu raka. Zanimljivo je primijetiti da pacijenti kojima je dijagnosticirana u srpnju ili kolovozu imaju veći rizik od smrti, kako je opisano statističkim metodama.

Uobičajeni nefarmakološki pristup koji se koristi kako bi se pacijentima s karcinomom pomoglo da se nose sa svojom bolešću i možda žive duže, psihoterapija. Postoje znanstveni podaci koji potkrepljuju tvrdnju da socijalna podrška i poticanje emocionalnog izražavanja utječu na brzinu napredovanja bolesti. Tijekom onkološkog liječenja postoji više postupaka koji mogu uzrokovati nevolju i bol, poput kemoterapije, operacija i hospitalizacije. Moderna tehnologija nudi obećavajuću podršku oboljelima od raka s evolucijom virtualne stvarnosti (VR). VR je računalno generirano virtualno okruženje koje može podržati pacijente tijekom boravka u bolnici ili ponuditi rehabilitaciju kod kuće. Impresivna animacija u stvarnom vremenu koju generira sustav služi kao smetnja za smanjenje boli i omogućuje pacijentima da se odvoje od bolničkog okruženja koje izaziva stres.

Budućnost umjetne inteligencije u zdravstvu

Mnogi znanstvenici vjeruju da će AI u bliskoj budućnosti igrati važnu ulogu kao glavni pokretač precizne medicine. U posljednjih nekoliko godina mnoga su istraživanja bila usmjerena na poboljšanje probira i dijagnoze uz pomoć AI. Preporuka za liječenje i predviđanje mjesta preživljavanja ili metastaza i dalje je izazov, ali postoji nada da će AI na kraju svladati i ove domene. Metode snimanja mogle bi se automatizirati vrlo brzo jer su strojevi pokazali izvrsne performanse pri analizi radioloških i patoloških slika. Prepoznavanje govora i teksta već se koristi za poboljšanje komunikacije s pacijentom i bilježenje kliničkih bilješki. Neki su pružatelji zdravstvenih usluga eksperimentirali s chatbotovima i koristeći mobilne aplikacije za dogovaranje sastanaka ili popunjavanje recepata. Sljedeća potencijalna prilika za automatizaciju je sestrinstvo, gdje strojno učenje može smanjiti papirologiju, tako da se više vremena može provesti s pacijentima. Neke moguće aplikacije uključuju automatsko zakazivanje termina, identificiranje pacijenata kojima bi mogla biti potrebna hitna skrb i integracija podataka iz više dijagnostičkih postupaka.

Zdravstveni radnici imaju pomiješane osjećaje u vezi s uporabom AI tehnologije, radujući se smanjenom radnom opterećenju, ali ne u potpunosti izgubivši posao. Ušteda vremena može spasiti život pacijenta, jer strojevi mogu pomoći kliničarima označavanjem hitnih slučajeva. AI također može pomoći u smanjenju dijagnostičkih pogrešaka. Istraživanja sugeriraju da su performanse dubokih neuronskih mreža jednake stvarnim stručnjacima kada je u pitanju dijagnoza raka kože i mozga, ponekad čak i nadmašujući ih. Ipak, većina stručnjaka vjeruje da AI neće u potpunosti zamijeniti ni kliničare ni radiologe u sljedećih nekoliko desetljeća.

Istaknuto pitanje u primjeni AI u zdravstvu je "problem crne kutije", što znači da kliničari ne znaju kako strojevi generiraju njihova predviđanja. Razvoj karata i druge vizualizacije pomaže u rješavanju ovog problema. Može se koristiti i za uočavanje jesu li modeli manipulirani dodavanjem posebnih slučajeva u njih. Potreba za transparentnošću mogla bi uzrokovati da algoritmi AI postanu manje precizni u svojim predviđanjima. Zauzvrat, trebali bi ih biti lakše protumačiti i prilagoditi individualnim potrebama pacijenta. Iako problem crne kutije postoji i kad ljudi rade i u medicini, neočekivane i neželjene odluke donesene algoritmima dubokog učenja uzrokuju veću nelagodu. Iako se u zdravstvu mogu dogoditi pogrešne procjene, neizvjesno je tko će biti odgovoran kad je u odluku bio uključen sustav AI. Diskrecije u dijagnostici mogu nastati zbog razlika između pacijenata ili dijagnostičke pogreške i pristranosti. Kliničari bi trebali biti u mogućnosti pružiti povratne informacije za algoritam koji treba implementirati, dok bi algoritam trebao aktivno ispitivati kliničare o nesigurnim slučajevima. Pristrasnosti se treba suprotstaviti dopuštanjem stručnjacima da se ne slažu s ponašanjem sustava.

AI algoritmi obučeni za određenu populaciju rijetko se testiraju na drugima, jednostavno zato što podaci mogu biti drugačije označeni ili prethodno neprimijećeni mali čimbenici mogu zbuniti stroj. Promjene u bolničkim IT sustavima i strojevima koji uzimaju medicinske slike također utječu na točnost algoritma. Različite populacije mogu imati različite demografske podatke i osobine. AI obično nema sposobnost generaliziranja u čitavoj populaciji bez dodatne obuke i podataka o validaciji. Isti se sustav ne može koristiti u Europi i Americi bez pokazivanja različitih specifičnosti i osjetljivosti, što može naštetiti dijagnostičkom procesu.

Razvojem i primjenom umjetne inteligencije na svakom koraku trebalo bi upravljati nekoliko ljudi, od programera softvera, državnih agencija do medicinskih stručnih tijela. Svatko bi trebao biti dobro informiran o upotrebi umjetne inteligencije i odgovoran za sva pitanja koja se pojave u vezi sa sigurnošću ili kvalitetom. Suradnja je ključna zbog činjenice da liječnici trebaju više obuke iz znanosti i strojnog učenja, dok većina znanstvenika podataka nema medicinsko podrijetlo. Također postoje zabrinutosti u vezi s privatnošću i konkurentnošću prilikom dijeljenja zdravstvenih podataka o pacijentima između institucija.

Većina zdravstvenih organizacija nema odgovarajuću infrastrukturu za prikupljanje podataka potrebnih za osposobljavanje algoritama. Pacijenti različitih etničkih skupina mogu dobiti pogrešnu dijagnozu ako se sustav ne procijeni i ručno kalibrira nakon primjene. Ogroman potencijal leži u korištenju računalstva u oblaku i EHR-a. Ipak, glavna su pitanja kvaliteta unesenih podataka i privatnost pacijenta što onemogućava razmjenu podataka između različitih zdravstvenih odjela ili ustanova. Još uvijek se fizički prikuplja i pohranjuje velika količina podataka, od liječničkih bilješki do radiografskih slika. Sve je veća potreba za zdravstvenim osobljem koje može organizirati dolazne podatke o pacijentima i nadzirati sve nove algoritme koji se mogu primijeniti u budućnosti.

Iako liječnici imaju koristi od sustava podrške kliničkim odlukama, prekomjerno oslanjanje treba izbjegavati. Neki su znanstvenici zabrinuti da će široka upotreba umjetne inteligencije s vremenom smanjiti ljudsko znanje i kapacitet. Postaje očito da čitanje medicinskih časopisa više nije dovoljno da bi se išlo u korak s novostima u kliničkoj praksi. Obrazovanje se mora usredotočiti na pomaganje medicinskim radnicima da shvate kako izvući korisne informacije iz ogromnih količina dostupnih podataka, a ostalo prepustiti algoritmima. Ako se odgovorno koristi AI tehnologija neće naštetiti odnosima pacijenta i liječnika, ali omogućit će kliničarima da više vremena posvete zahtjevnim slučajevima. Odgovarajuća edukacija o prednostima i ograničenjima upotrebe umjetne umjetnosti presudna je za očuvanje povjerenja, što je od vitalne važnosti za učinkovitu zdravstvenu zaštitu.

Liječnicima je važno adekvatno razumjeti alate s kojima rade. Mnogi od njih već su izrazili nelagodu što se tiče statistike. To utječe na njihovu sposobnost da svojim pacijentima objasne značenje prediktivnih vrijednosti i izračuna stope preživljavanja. Liječnici obrazovani u matematici i tehnologiji sigurniji su u blagodati AI. Strojno učenje može biti i ulaz u daljnje obrazovanje, pomažući novim zdravstvenim radnicima da postanu sigurni u svoje vještine ukazujući na informacije koje su im možda propustili. Suvremena tehnologija neizbježno će transformirati područje medicine. I sadašnji i budući medicinski stručnjaci trebali bi biti sigurni u plovidbu ovim novim područjem kako bi maksimalno iskoristili osobne i profesionalne mogućnosti koje će im pružiti AI.

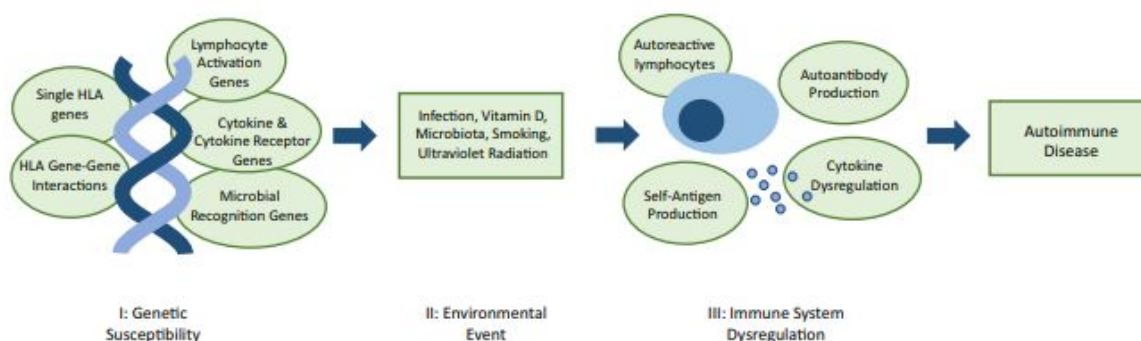
POGLAVLJE 2 Primjene umjetne inteligencije i strojnog učenja u autoimunim bolestima

- - - - X

Jedan od najsloženijih i najprilagodljivijih sustava u ljudskom organizmu je imunološki sustav koji služi kao stražar između različitih okolišnih podražaja i tjelesnih odgovora kroz brojne stanične i molekularne interakcije. Njegova glavna svrha je obraniti i očistiti organizam od bilo kojih stanica ili molekula koje nisu dio tijela i koje su prepoznate kao „ne sebe“. Autoimune bolesti nastaju kad imunološki sustav počne prepoznavati dijelove tijela, ili „sebe“, kao „ne sebe“, aktivirajući različite stanice i putove za napad na tkiva i organe tijela. Poznato je preko 80 autoimunih bolesti, a najčešća i istraživanja su dijabetes tipa 1, celijakija, multipla skleroza (MS), psorijaza i reumatoidni artritis. Ova vrsta bolesti već je vrlo raširena u ljudskoj populaciji i prevalencija i dalje raste za oko 9% svake godine¹. Ako prevalencija srčanih bolesti i raka nastavi opadati, autoimune bolesti mogle bi postati vodeći uzrok bolesti i najveći teret gospodarstvu jedne zemlje u razvijenim zemljama.

Razlozi ekstremnog porasta ovih uvjeta uglavnom su nepoznati, ali sigurno povezani s drastičnim promjenama okoliša i trendovima životnog stila u moderno doba. Riječima Freda Millera, američkog znanstvenika za zaštitu okoliša i autoimunitet sa sjedištem u SAD-u: „Naši se genetski slijedovi ne mijenjaju dovoljno brzo da bi objasnili njihova povećanja. Ipak, naše je okruženje - dobili smo 80.000 kemikalija odobrenih za upotrebu u trgovini, ali o njihovim imunološkim učincima znamo vrlo malo. Naši su životni stilovi također drugačiji nego prije nekoliko desetljeća, a mi jedemo više prerađene hrane. "

Tri elementa koja pridonose razvoju ovih stanja su genetska nastrojenost, čimbenici okoliša i poremećaj regulacije imunološkog sustava. Specifične pojedinačne kombinacije gena koji reguliraju interakcije imunološkog sustava mogu dovesti do toga da osoba bude predisponirana na imunološku disregulaciju ab initio (bez indukcije okoline) ili nakon izlaganja različitim mikrobnim agensima, stranim antigenima itd. Konačni rezultat može biti stvaranje autoreaktivnih limfocita, disregulacija citokina te stvaranje samoantigena i autoantitijela.

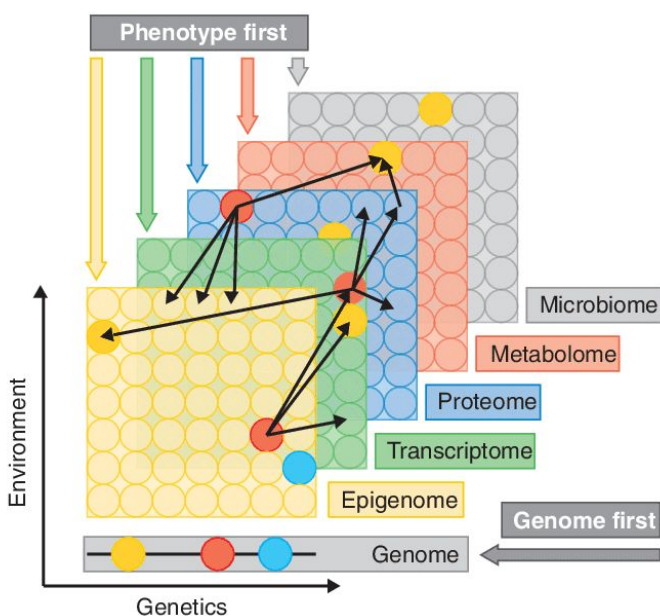


Tri elementa koja sudjeluju u razvoju autoimune bolesti. I genetska dispozicija (specifična kombinacija gena poput onih koji kodiraju proteine humanog leukocitnog antigena (HLA) koji utječu na regulaciju imunološkog sustava), II neki od potencijalnih pokretača iz okoline, III primjeri događaja poremećaja regulacije imunološkog sustava.

Zbog izuzetno visoke individualne genetske varijabilnosti i varijabilnosti okoline, manifestacija autoimune bolesti također je izuzetno raznolika i složena, u domeni jedne bolesti, kao i među njima. Podaci koji se koriste za dijagnozu i prognozu bolesti obuhvaćaju brojne kliničke vrste podataka, poput laboratorijskih testova i pregleda, simptoma u dijagnozi i slika dobivenih kolonoskopijom, CT-om (računalnom tomografijom) i MRI-jem (magnetska rezonancija). Tijekom posljednjih nekoliko desetljeća proizvode se i prikupljaju i druge, personalizirane vrste podataka, koje dolaze iz

"omičkih" tehnologija, uključujući genomiku, epigenomiku, transkriptomiku i proteomiku.

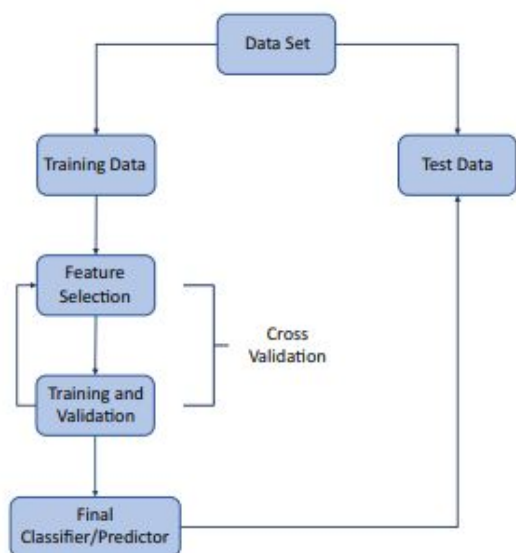
Uvođenje ove vrste podataka može pomoći u stvaranju potpunije slike o autoimunim bolestima, što dovodi do novih spoznaja i razvoja boljih tretmana. Podaci o „omicsu“ vrlo su bogati, složeni i različiti među pacijentima, što zahtijeva visoko sofisticirane i napredne metode za njihovu klasifikaciju, objedinjavanje i raspolaganje kliničkom primjenom. Jedini način za upravljanje ovom složenošću i kombiniranje i tumačenje kliničkih podataka s „omics“ podacima jest pomoću algoritama umjetne inteligencije, posebno strojnog ili dubokog učenja.



Različiti tipovi i međusobne veze više podataka omika4.

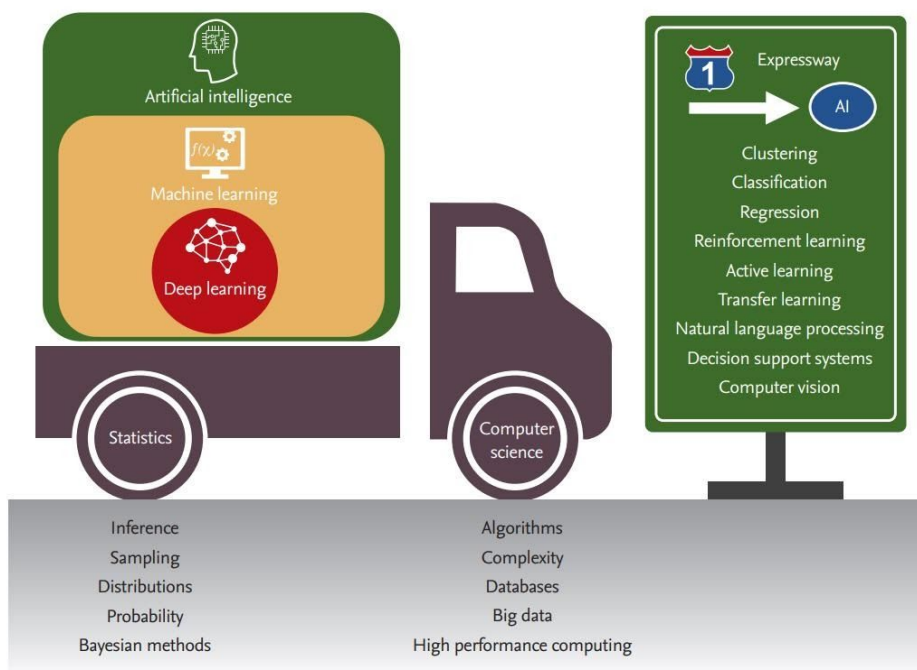
Umjetna inteligencija (AI) je proučavanje metoda za oponašanje inteligentne ljudske spoznaje, poput prepoznavanja logičkih i semantičkih obrazaca u velikom moru podataka, uspostavljanja veza i klasifikacija, dodjeljivanja identiteta novim ulaznim jedinicama i predviđanja ishoda, a posljednja dva procesa su konačna svrha upotrebe AI u području autoimunih bolesti. Dva načina učenja u razvoju algoritama uključuju učenje pod nadzorom i bez nadzora. Tijekom učenja pod nadzorom, algoritam se trenira na skupu podataka o treningu kako

bi prepoznao uzorke koji su povezani s određenim oznakama (tj. Zdravim i bolesnim). Nakon faze učenja, algoritam može dodijeliti oznake novim podacima, generalizirajući obrasce utvrđene u podacima o treningu na podatke testa.



Pojednostavljeni tijek rada za razvoj modela strojnog učenja. Predstavljen je ciklus odabira, obuke i provjere značajki.

Uobičajene metode nadziranog učenja uključuju neuronske mreže, stabla odlučivanja, slučajnu šumu, vektorski stroj podrške i obradu prirodnog jezika. U nenadgledanom učenju podaci o obuci nisu obilježeni, a algoritam pokušava pronaći i predstaviti obrasce unutar podataka, poput identificiranja klastera na temelju sličnosti primjera. Najčešće korištene metode nenadgledanog učenja su hijerarhijsko grupiranje i samoorganizirajuće mape. Ne postoje opće preporuke u vezi s primjenom najprikladnije metode, jer je njihov odabir uvijek specifičan za situaciju i ovisi o vrsti podataka, veličini i dimenzionalnosti.



Pregled polja povezanih s učenjem iz podataka.

Primjena ML u polju autoimunih bolesti kategorizirana je u šest širokih područja: identifikacija pacijenta, predviđanje rizika, dijagnoza, klasifikacija podtipa bolesti, napredovanje i ishod bolesti te praćenje i upravljanje, a do sada je istraženo na 169 studija koje pokazuju niz različitih podaci i metode koje se koriste. U svrhu identifikacije bolesnika s autoimunim bolestima iz elektroničke medicinske evidencije korištena je obrada prirodnog jezika. Očekuje se da će ovaj postupak zamijeniti trenutnu dijagnostiku putem kodova za naplatu, koja ima stopu pogrešaka između 17 i 77%, što značajno poboljšava dijagnostiku. Predviđanje rizika od bolesti i identifikacija novih čimbenika rizika odabirom obilježja provedeno je za upalne bolesti crijeva, dijabetes tipa 1, reumatoidni artritis, sistemski eritematozni lupus i multipla skleroza. Većina studija koristila je genetske podatke, a najčešće korištene metode uključivale su slučajne šume, vektorske strojeve i logističku regresiju.

Primjena ML na dijagnozu pomaže razlikovanju oboljelih od kontrolnih slučajeva, razlikovanju bolesti s preklapajućim simptomima i

fenotipovima te ispitivanju klasifikacije autoimunih bolesti. Klasifikacija podtipova bolesti izvršena je za RA, IBD i MS na kliničkim, genetskim, transkriptomskim i proteomskim podacima koristeći uglavnom nenadzirani pristup grupiranju. Za predviđanje napredovanja bolesti i ishoda, težine, odgovora na liječenje i predviđanja preživljavanja najčešće korištena vrsta podataka bila je klinička, obrađivana pomoću strojeva vektora potpore, slučajnih šumskih i neuronskih mreža. ML u praćenju i upravljanju bio je usmjeren uglavnom na dijabetes tipa 1 i predviđao je razinu glukoze u krvi i hipoglikemijske događaje koristeći regresiju vektora potpore.

Ukratko, ML modeli i metode koji su korišteni vrlo su heterogeni i može biti teško odlučiti koju metodu koristiti u kliničkoj primjeni. Treba pažljivo razmotriti vrstu podataka i kontekst, a možda i kombinaciju različitih modela kako bi se poboljšala njihova izvedba. Do sada najčešće korištena vrsta podataka predstavlja kliničke i laboratorijske podatke. U budućnosti bi trebalo integrirati i protumačiti više podataka o omiku, uzimajući u obzir njihovo ogromno obilje i informativni karakter, posebno u pogledu personalizirane medicine. Visok uspjeh AI i ML u polju istraživanja raka, gdje su identifikacija specifičnih molekularnih putova i ciljeva informirani o individualiziranom liječenju koje je poboljšalo prognozu karcinoma, kako u ishodu pacijenta, tako i u kvaliteti života, pokazalo je da je ovaj pristup izuzetno vrijedan i neophodan za uspješnu budućnost liječenja. Područje autoimunih bolesti čeka slično poboljšanje, budući da je istog stupnja heterogenosti i složenosti na individualnoj razini, korištenjem ML metoda za objedinjavanje ogromnog broja podataka o pacijentima i pružanje personaliziranih mogućnosti liječenja prikladnih za medicinu budućnosti.

POGLAVLJE 3 Umjetna inteligencija u radiologiji

- - - - X

Ključne riječi

- **CT** = [računalna tomografija]
- **MSCT** = [višeslojna računalna tomografija]
- **MR** = [magnetska rezonanca]

Radiologija je medicinska disciplina koja koristi medicinsko snimanje za dijagnostiku, a zračenje za liječenje. Neke od najvažnijih radioloških metoda su rendgenska radiografija, ultrazvuk, računalna tomografija (CT), višeslojna računalna tomografija (MSCT) i magnetska rezonancija (MRI). Svi se koriste za dijagnosticiranje ili liječenje bolesti različitih organa i organskih sustava. U radiologiji je presudna interdisciplinarna suradnja kliničkih specijalista, radiologa, radioloških tehničara i medicinskih sestara.

Stručnjaci za sva ostala područja često rade s radiolozima kako bi postavili dijagnozu, nadzirali terapiju, izvodili jednostavne postupke ili čak radi liječenja. Iz tog razloga, radiolozi moraju dobro poznavati anatomiju, fiziologiju i patofiziologiju cijelog ljudskog tijela. Također moraju biti upoznati s prednostima i nedostacima svake metode, znati ih primijeniti i protumačiti slike. S obzirom na količinu i vrstu informacija, logično je da je radiologija idealna niša za implementaciju AI tehnologije. Medicinsko snimanje područje je koje brzo raste, a previše je posla za radiologe koji bi, prema nekim istraživanjima, trebali analizirati jedan pregled svake 3-4 sekunde. Naravno, fizički je to nemoguće učiniti. Stoga bi AI trebalo smatrati alatom koji će olakšati rad radiologa i smanjiti njihovo radno

opterećenje. AI se sve više doživljava kao člana tima, onoga koji se ne može umoriti i može analizirati snimke bez pauze.

★ [Povećavanje radiologije pomoću AI \(eng. Augmenting Radiology with AI\)](#)

Video 1. Koja ideja stoji iza primjene AI u radiologiji? Što radiolozi očekuju od AI? Kako AI može poboljšati radiologiju?

Izgaranje liječnika globalni je problem trenutno u zdravstvu i AI može ponuditi rješenje. Uvođenje AI tehnologije smanjit će izgaranje jer će AI moći preuzeti dobar dio rutinskog posla, a radiolozi će nadgledati sustav i intervenirati po potrebi. Ono što će AI pružiti radiolozima jest sposobnost da se više usredotoče na specifične, teške slučajeve koji zahtijevaju njihovu stručnu procjenu. Omogućit će i prioritizaciju slučajeva što je vrlo važno jer je ponekad teško izdvojiti one važne iz mase.

Kao i u svemu, i kod uvođenja AI u kliničku praksu radiologije postoje razni izazovi. Prije svega, potrebno je uključiti radiologe u razvoj algoritama, jer informatičari nemaju potrebno medicinsko znanje. Potrebne su vještine koje samo radiolozi posjeduju u segmentaciji slike i opisu stanja. Također, potrebno je uskladiti segmentaciju, obilježavanje slika, način unosa podataka i razmjenu informacija kako bi se razvili najprecizniji algoritmi koji se mogu što brže koristiti u široj kliničkoj praksi. Budući da je AI najprisutniji u radiologiji, postoji poseban strah da će AI zamijeniti radiologe. Umjesto da na AI gledate kao na prijetnju, bilo bi bolje smatrati je alatom koji će radiolozima olakšati rad, a istovremeno pruža sofisticiraniju i precizniju analizu utvrđivanjem specifičnih uzoraka na slikama koje nisu vidljive čovjeku oko. Radiologija je mnogo više od samo interpretacije slike. Radiolozi također trebaju prenijeti dijagnozu drugim liječnicima ili pacijentima, razmotriti povijest i sklonosti pacijenta, izvoditi intervencijske zahvate i još mnogo toga. To su zadaci koje AI ne može izvršiti.

★ [Hoće li umjetna inteligencija zamijeniti radiologe? \(eng. Will artificial intelligence replace radiologists?\)](#)

Video 2. Ako nam ne vjerujete, tada ćete zaista vjerovati riječima jednog samog radiologa. U sljedećem videu radiolog objašnjava zašto AI neće zamijeniti radiologe, ali i zašto se radiolozi ne bi trebali bojati AI.

Konvencionalna radiografija

Uobičajena radiografija medicinska je metoda snimanja koja stvara dvodimenzionalne slike rendgenskim zračenjem. Načelo metode temelji se na otkrivanju zračenja koje do detektora dolazi nakon prolaska kroz ozračeno područje. Ovisno o sastavu i gustoći, tkiva i organi će apsorbirati različite količine zračenja. Kostí koje su gušće od mekog tkiva apsorbirat će značajniju količinu zračenja od, na primjer, pluća male gustoće. Otkrivanjem intenziteta prijelaznog zračenja dobivamo sliku na kojoj se mogu razlikovati strukture. Najčešća primjena rendgenske radiografije su mamografija (snimanje dojki), snimanje prsnog koša, trbuha i skeleta. Mamografija se uglavnom koristi na ženama za probir raka dojke, a više o tome možete pročitati u poglavlju o raku.

U ortopediji se konvencionalna radiografija i dalje najčešće koristi iz brojnih razloga, poput pristupačnosti, cijene, brzine i niske razine zračenja. Najčešći razlog dolaska na hitnu je sumnja na prijelom kosti, a prvi korak je obično snimanje rendgenskih snimaka za dijagnozu. Nedavno je strojno učenje napredovalo do razine da je uz pomoć ML moguće rješavati vizualne zadatke, poput otkrivanja predmeta, segmentacije i klasifikacije slika. Ova se značajka počinje široko upotrebljavati u medicinskim slikama. Razvijeno je malo neuronskih mreža koje mogu utvrditi prisutnost prijeloma, ali i lateralnost, pogled na pregled i dio tijela koji se nalazi na slici s točnošću usporedivom s radiologom. Uzmemo li u obzir činjenicu da je netočna identifikacija prijeloma odgovorna za do 80% medicinskih pogrešaka u hitnoj službi, jasno je zašto bismo trebali težiti poboljšanju analize rendgenskih zraka. Pogrešno tumačenje prijeloma može imati ozbiljne

posljedice za zdravlje pacijenta, što uključuje zlouporabu, razvoj artritisa ili osteonekroze. Kako bi se pružila najbolja moguća zdravstvena zaštita, potrebno je poraditi na smanjenju pogrešaka u liječenju. Uvođenjem strojnog učenja u praksu moguće je pomoći mladim, manje iskusnim liječnicima na hitnoj službi koji češće griješe.



(A) Lijevo je tipična radiografija, ulaz u model. Desno je toplinska karta na radiogramu koja predstavlja pouzdanost modela da je određeno mjesto dio prijeloma. (B) Pogled izbliza na četiri dodatna primjera. Preštampano iz knjige „Duboka neuronska mreža poboljšava otkrivanje prijeloma od strane kliničara“, Lindsey R. i sur., 2018., Zbornik Nacionalne akademije znanosti Sjedinjenih Američkih Država, 115, 45.

Još jedna gotovo savršena domena za razvoj algoritama strojnog učenja je radiografija prsnog koša. Plućne bolesti su jedno od najčešćih medicinskih stanja na svijetu, a rendgen prsnog koša uobičajen je pregled u većini tih stanja. Trenutno se razvijaju algoritmi za nekoliko različitih namjena, od kojih su neki procjena plućnih čvorova, otkrivanje promjena u plućima uzrokovanih tuberkulozom, cističnom fibrozom ili probir na upalu pluća. Razlog zašto je mnoštvo

studija usredotočeno na otkrivanje plućne tuberkuloze je taj što je tuberkuloza vodeća zarazna bolest po smrtnosti, a posebno pogađa imunodeficijentne bolesnike. Iako je preporučljivo izbjegavati rutinski pregled, preporučuje se pojačano skeniranje rizičnih skupina. Ako govorimo o upali pluća, najvažnije je pravilno i pravovremeno otkrivanje upale pluća u djece. Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji (WHO), upala pluća vodeći je uzrok smrti među djecom mlađom od 5 godina, usmrтивši približno 2 milijuna djece godišnje. Budući da upalu pluća mogu uzrokovati virus ili bakterija, važno je znati točan uzrok pravilne terapije i postići željeni ishod.



Primjeri normalne rentgenske slike prsnog koša, rentgenske slike prsnog koša s bakterijskom upalom pluća i virusnom upalom pluća. Preštampano iz "Identificiranje medicinskih dijagnoza i bolesti koje se mogu liječiti dubokim učenjem na temelju slika", Kermay D. S. i sur., 2018, Cell, 172, 5.

RTG analiza grudnog koša temelji se na pronalaženju abnormalnosti u odnosu na zdravu sliku. Što se tiče rendgenskih zraka, abnormalnosti pluća uglavnom su bijele boje u usporedbi s plućnim tkivom (koje je "crno" zbog male gustoće). Različiti su u gustoći, obliku i položaju. Da bi analiza bila što preciznija, potrebna je visoka razina stručnosti radiologa. Neke su studije pokazale da AI može povećati točnost i preciznost čak i za iskusne radiologe. Unatoč činjenici da AI u mnogim slučajevima pokazuje bolje rezultate od radiologa, najbolji je pristup suradnja radiologa i AI.

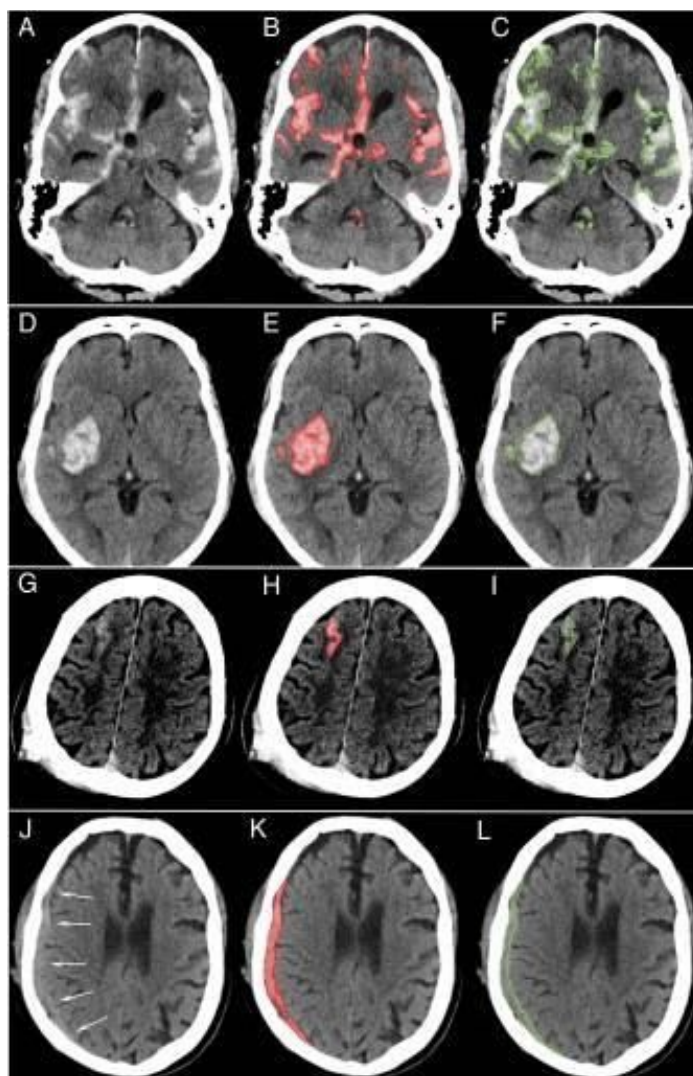
Računalna tomografija

Računalna tomografija medicinska je metoda slike koja koristi rendgenske snimke iz različitih kutova. Ta se mjerenja zatim računalno obrađuju i koriste za izradu tomografske slike (presjeka) određenih područja. Ovim postupkom moguće je dobiti sliku unutarnjih organa u željenom dijelu bez invazivnih zahvata. Kombinacijom slika iz različitih kutova dobivamo 3D prikaz određenog organa. To znači da CT skeniranje zapravo sadrži čitav niz zasebnih slika što analizu može učiniti težom u usporedbi s jednostavnijim dvodimenzionalnim (2D) slikama. Danas je ovo jedan od najčešćih probirnih testova za različita stanja. Koristi se za skeniranje mozga, pluća, srca, štitnjače, krvnih žila, ekstremiteta i trbuha. Primjena CT-a u onkologiji je možda najznačajnija, ali ovdje ćemo pogledati još neke primjene. Provedba AI za CT CT analizu ima dvojako značenje - može ubrzati i poboljšati točnost analize, ali se također može koristiti za poboljšanje kvalitete slika snimljenih pri nižim koncentracijama zračenja kako bi se smanjila globalna izloženost zračenju, a istovremeno zadržala slika kvalitetu.

Osteoporoza je bolest kod koje dolazi do smanjenja gustoće kostiju, uglavnom u starijih osoba. Uzroci su različiti, uglavnom povezani s hormonima i općenito s procesom starenja, ali uzrok mogu biti i druga stanja, lijekovi ili životne navike. Zbog osteoporoze starije su osobe sklonije prijelomu kostiju, uključujući kralježake. T-rezultat pokazuje kolika je gustoća kostiju veća ili manja od gustoće kostiju zdrave 30-godišnje odrasle osobe. Prije operacije kralježnice važno je znati T-skor ili mjeru u kojoj su kralješci pogođeni osteoporozom. Ako je osteoporoza uznapredovala, to može uzrokovati probleme poput otpuštanja vijaka. Kako bi se olakšalo planiranje kirurgije, razvijen je algoritam ML koji može procijeniti stanje osteoporoze na temelju CT pretraga. Jednostavan model poput ovog može pomoći smanjiti vjerojatnost naknadnih komplikacija nakon operacije kralježnice. Najveći problem zapravo je nedostatak korisnih podataka. Ključno je osvijestiti liječnike o važnosti prikupljanja i dijeljenja podataka.

Poželjno je prikupiti što više kvalitetnih podataka; razvit će se modeli koji su točniji u njihovoj procjeni.

CT se također često koristi za otkrivanje i procjenu neuroloških hitnih slučajeva, poput intrakranijskog krvarenja koje obično zahtijeva hitnu kiruršku intervenciju. Uz utvrđivanje potrebe i pristupa kirurškom zahvatu, procjena akutnog intrakranijskog krvarenja može biti važna za upravljanje trombolitičkom terapijom u akutnom moždanom udaru. Poseban izazov koji se javlja prilikom analize CT-a glave jest da su abnormalnosti u mozgu koje treba otkriti prilično male (oko 100 piksela) u odnosu na veličinu cijele slike (3D vizualni sadržaj koji sadrži otprilike milijun piksela). Unatoč zahtjevnom zadatku, razvijen je algoritam koji može identificirati, segmentirati i klasificirati područje zahvaćeno intrakranijskim krvarenjem na razini usporedivoj sa stručnjacima.



Potpuno konvolucijska segmentacija neuronske mreže na osnovi flastera, akutnog intrakranijskog krvarenja Preštampano iz "Otkrivanje akutne intrakranijske hemoragije na računalnoj tomografiji na glavi pomoću dubokog učenja", Kuo W. i sur., 2019, Zbornik Nacionalne akademije znanosti Sjedinjenih Američkih Država, 116, 45.

Medicinski ultrazvuk

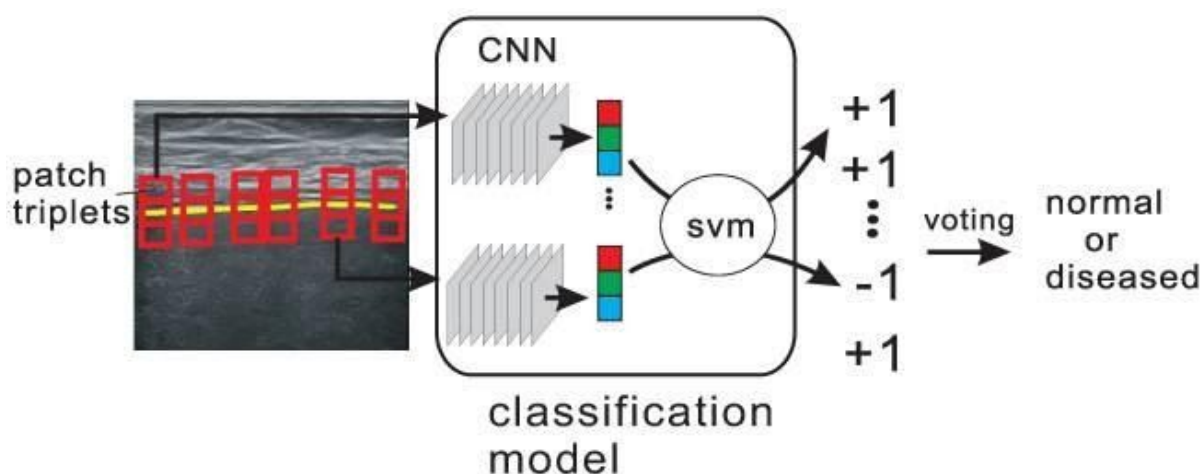
Medicinski ultrazvuk ili dijagnostička sonografija metoda je snimanja koja koristi ultrazvučne valove koje ljudi ne mogu čuti (frekvencija > 20 000 Hz) za stvaranje slike. Ultrazvučni valovi odjekuju iz tkiva s različitim svojstvima refleksije i stoga otkrivaju anatomiju promatranog tkiva. Ultrazvuk ima brojne prednosti u odnosu na druge metode snimanja, neke od njih su cijena, jednostavnost primjene, ne koriste se štetna zračenja ili kontrastna sredstva, postupak je moguće izvoditi u klinikama i bolničkim sobama. Naravno, postoje i neki nedostaci. Postoje ograničenja u onome što se metodom može zabilježiti, analiza je prilično složena i zahtijeva veliku stručnost, kvaliteta snimanja varira ovisno o fizičkoj strukturi pacijenta, a također kosti i zrak mogu ometati snimanje. Primjene ultrazvuka u medicini su brojne; to je često prvi pregled u postupku postavljanja dijagnoze. Upravo zbog svoje široke primjene, idealno je polje za primjenu AI. Ovdje ćemo spomenuti neke primjere, ali bit će još više u određenim poglavljima.

Za većinu ljudi prva asocijacija na ultrazvuk u trudnoći. Stoga ne čudi da se već razvijaju AI modeli koji će olakšati i ubrzati ovaj proces. Ultrazvuk se koristi u trudnoći za praćenje razvoja djeteta, a važno je napraviti dobre slike kako bi se iz njih mogao izvući pravi zaključak. Stoga je razvijen AI algoritam koji može prepoznati dobru sliku u stvarnom vremenu i zabilježiti je, a da liječnik to ne mora učiniti sam. Ovaj video ukratko prikazuje primjenu spomenutog algoritma:

★ [Istraživači sa Stanforda kreiraju algoritam za tumačenje rendgenskih zraka prsnog koša \(eng. Stanford researchers create algorithm to interpret chest x-rays\)](#)

Ciroza jetre bolest je koja je na popisu najčešćih uzroka smrti prema WHO-u. Najznačajniji uzrok ciroze je kronična infekcija jetre poput hepatitisa B, ali to može biti i dugotrajni alkoholizam, neki paraziti, lijekovi i toksini. U dijagnozi se mogu koristiti ultrazvuk, CT i MRI, ali budući da je ultrazvuk neinvazivna, neionizirajuća i najjeftinija tehnika, to je prvi korak. Ultrazvučne slike jetre

zdravih ljudi i pacijenata s dijagnozom ciroze korištene su za podučavanje neuronske mreže da prepozna suptilne razlike u strukturi tkiva između zdrave i cirotične jetre. Jedna od važnih značajki bila je naučiti algoritam za otkrivanje kapsule jetre, što je ključno za dijagnozu ciroze. Za vježbanje algoritma potrebna je određena količina slika pomoću kojih će algoritam moći naučiti otkrivati kapsulu, kao što to čini i kliničar. Promatrajući tkivo iznad i ispod kapsule, ali i samu kapsulu, algoritam je mogao s velikom točnošću utvrditi prikazuje li slika zdravu ili cirotičnu jetru.



Shema klasifikacije ultrazvučne slike vođene kapsule jetre. Ponovno tiskano iz "Učenje dijagnosticiranja ciroze klasificiranom ultrazvučnom slikom vođene kapsule jetre", autor Liu X. i sur., 2017., Senzori, 17, 1.

Štitnjača je jedna od najvećih endokrinih žlijezda u ljudskom tijelu i uključena je u niz procesa važnih za održavanje homeostaze. U slučaju sumnje na neki patološki proces u štitnjači, obično se snima ultrazvuk. Segmentacija i klasifikacija ultrazvučnih slika presudni su u dijagnozi, prognozi i planiranju daljnje zdravstvene zaštite. Korištenjem CNN-a moguće je automatizirati postupak analize slike, a najčešće se koristi za otkrivanje i klasificiranje čvorova na štitnjači. Čvorovi mogu biti dobroćudni i zloćudni, a pravilna procjena je presudna kako bi se zloćudni kirurški mogli ukloniti. Međutim, važno je prilikom treninga algoritma biti oprezan s korištenjem preciznih i točnih podataka kako ne bi pogrešno

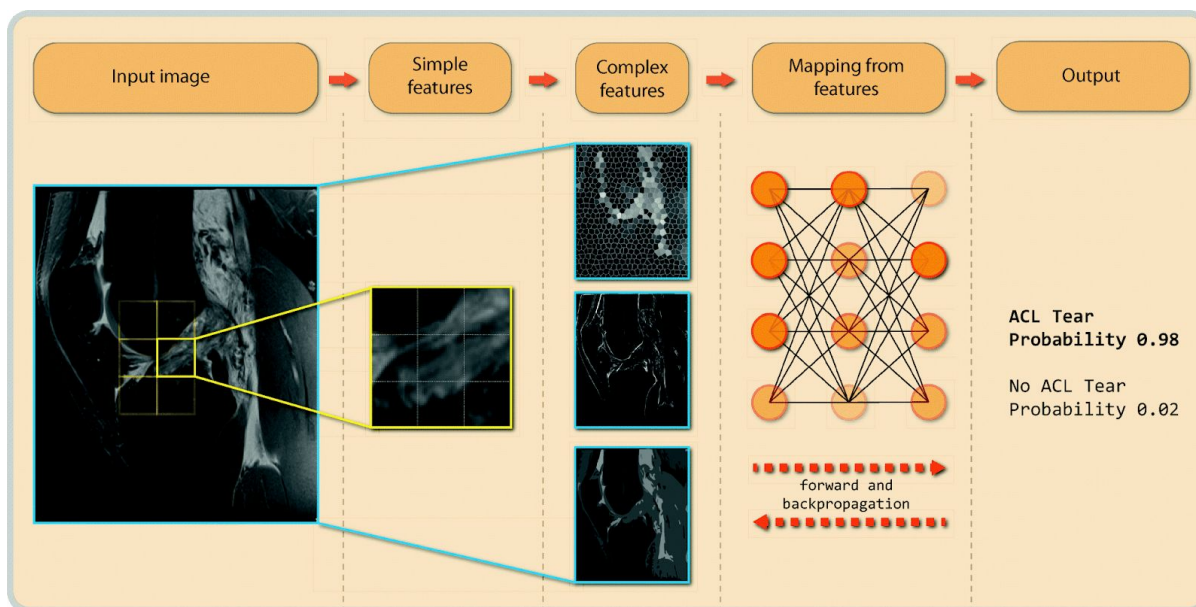
dijagnosticirali benigne čvorove kao maligne i tako doveli do nepotrebnih intervencija. Kao i većina takvih algoritama, to još nije u kliničkoj praksi i vjerojatno će proći neko vrijeme prije nego što se to dogodi. Razlog zašto je potrebno više vremena jest taj što je potrebno prikupiti veliku količinu standardiziranih podataka, prilagoditi rad liječnika provedbi AI, ali i pričekati razdoblje kada će pacijenti biti skloniji tim postupcima.

Magnetska rezonancija (MRI)

Magnetska rezonancija je neinvazivna metoda snimanja koja se koristi u radiologiji za izradu detaljnih anatomskih slika obično mekih tkiva poput mozga, živaca, mišića, ligamenata, srca i tako dalje. Koristi se za otkrivanje bolesti, dijagnozu i praćenje liječenja. Metoda se temelji na pobuđivanju protona i otkrivanju promjena u smjeru rotacije protona koji se nalaze u vodi i masti u tkivima. Budući da MRI ne koristi X-zrake ili ionizirajuće zračenje, često se smatra boljim izborom od CT skeniranja.

Mišićno-koštana radiologija velika je i važna grana radiologije u kojoj se povećava primjena dubokog učenja. Koristi se za otkrivanje lezija, otkrivanje frakcija (ranije spomenuto kada se govori o konvencionalnoj radiografiji), klasifikaciju, segmentaciju i još mnogo toga. Jedna od najčešćih ozljeda mišićno-koštanog sustava su ozljede koljena; MRI je obično postupak izbora u takvim slučajevima. Razlog tome je taj što je MRI pokazao visoku točnost u dijagnosticiranju različitih patoloških stanja u ovom polju. Analiza slike suza prednjeg križnog ligamenta (ACL), meniskalnih suza ili bilo koje druge abnormalnosti može biti prilično komplicirana i dugotrajna. Razvoj modela dubokog učenja koji će se temeljiti na velikom broju snimaka uči prepoznavati značajke koje razlikuju normalno skeniranje i ono koje sadrži ozljedu može uvelike ubrzati ovaj proces. Analiza koja kliničaru može potrajati desetke minuta, a za model dubokog učenja potrebno je samo nekoliko sekundi. Modeli dubokog učenja u tu svrhu mogu se koristiti kao alat za odlučivanje kako radiologa, tako i ortopedskih kirurga. Pravilna procjena MRI snimke ozljede koljena važna je za identificiranje pacijenata koji će imati koristi od

kirurškog zahvata, ali i za planiranje fizikalne terapije ovisno o stanju.



Shematski dijagram kako se značajke izvlače u CNN-u, s mapiranjem izvedenih obilježja kako bi se došlo do ponderiranih vjerojatnosti na izlaznoj funkciji. Preštampano iz "Trenutne primjene i budućni pravci dubokog učenja u mišićno-koštanoj radiologiji", Chea P. i Mandell J.C., 2019, Skeletal Radiology, 49.

Uz već spomenutu primjenu u analizi slike, AI se može koristiti i za druge neinterpretacijske zadatke. Alati za duboko učenje mogu se koristiti za automatizirano protokoliranje, poboljšavajući kvalitetu MRI slike i smanjujući vrijeme dobivanja MRI. Zbog duljine postupka, MRI snimci često imaju artefakte pokreta. Općenito postoji tendencija skraćivanja trajanja magnetske rezonancije, povećanja suradnje pacijenata, učiniti im postupak ugodnijim, ali i smanjenja količine buke na snimkama. Te bi aplikacije možda lakše ušle u kliničku praksu jer algoritam nije izravno uključen u proces donošenja odluka u vezi s medicinskom profesijom, već samo olakšava postupak snimanja i osigurava bolju kvalitetu slike.

A što bi budućnost AI mogla donijeti na magnetsku rezonancu? Otvoreno je pitanje i mnogi se nadaju da će AI omogućiti sintezu novih slika na

temelju postojećih. To bi olakšalo algoritme treninga i izbjeglo pristranost. Također, nedavno je razvijen algoritam dubokog učenja koji bi se koristio za generiranje radioloških nalaza iz izvještaja povezanih s pojedinačnim snimanjima. U svakom slučaju, ovo je područje koje nudi mnogo više mogućnosti za AI i bit će zanimljivo vidjeti što će se dogoditi u budućnosti.

Radiologija u budućnosti

Budućnost AI u radiologiji neizvjesna je zbog brojnih otvorenih pitanja, ali i mogućnosti. Zbog količine informacija koje daje radiologija, posebno zato što su podaci uglavnom slike, postoji mnogo ideja u koje se više AI može uključiti u postupak i što može ponuditi radiolozima. Jedan od važnih izazova je razvoj algoritama koji će moći izvoditi više zadataka jer su danas dostupni algoritmi razvijeni isključivo za jedan zadatak. To je također jedan od razloga zašto AI neće zamijeniti radiologe. AI algoritmi mogu nadmašiti radiologe u pojedinačnim zadacima, ali još uvijek nisu u mogućnosti kombinirati različite izvore informacija kako bi stvorili cjelovitu sliku o pojedinom pacijentu. Sljedeći je cilj u budućnosti razviti DL algoritme koji će smanjiti vrijeme bilježenja. Naravno, potrebno je nastojati poboljšati točnost postojećih algoritama i pokušati proširiti njihovu primjenu izvan podataka koji se koriste za trening.

Ovo je samo kratki pregled nekih radioloških metoda i primjera primjene AI u različitim zadacima medicinskog snimanja. Kroz ostala poglavlja spomenut će se još neke primjene. Cilj je bio sažeti širinu radiologije i mnoštvo mogućnosti u kojima se AI može koristiti za poboljšanje kvalitete zdravstvene zaštite koju pružaju radiolozima. U svakom slučaju, AI će i dalje sudjelovati u oblikovanju radiologije kao medicinska profesija, a radiolozima moraju biti otvoreni prema novim mogućnostima koje će nova tehnologija ponuditi.

Kao zaključak, ovo je video koji ukratko prikazuje sve što smo ovdje predstavili:

★ [Hoće li umjetna inteligencija zamijeniti radiologe? \(eng. Will artificial intelligence replace radiologists?\)](#)

Video 4. “Hoće li umjetna inteligencija zamijeniti radiologe? - Medicinski futurist”, YouTube, prenio The Medical Futurist, 4. travnja 2018

POGLAVLJE 4 Izazovi umjetne inteligencije u medicini

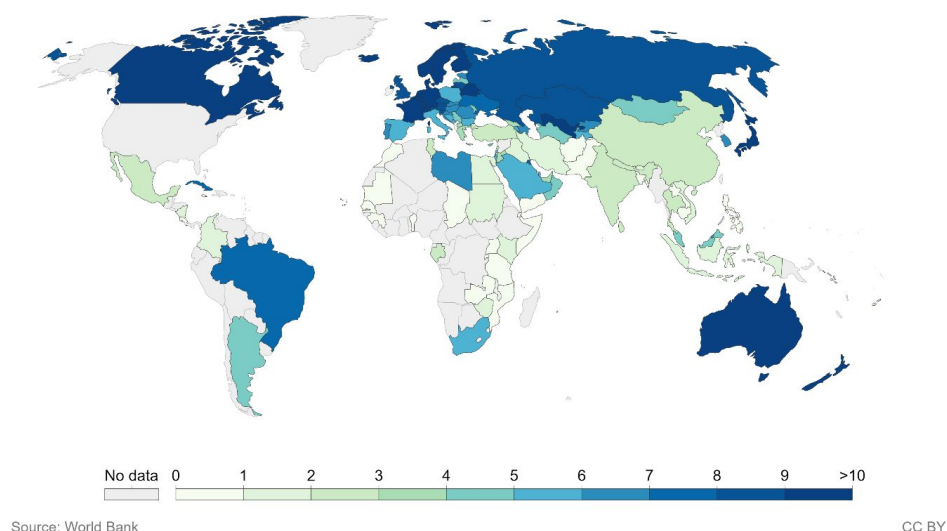
- - - - X

Kroz ovaj priručnik predstavljen je samo djelić mogućnosti primjene umjetne inteligencije i drugih naprednih tehnologija u medicini. No, unatoč svim prednostima, još uvijek postoje neki izazovi u primjeni AI u kliničku praksu, kao što je prikazano kroz ovdje spomenute primjere. U ovom ćemo poglavlju dati kratki pregled ovih izazova kako bismo podigli svijest o onome što treba poboljšati i obratiti pažnju u budućnosti kako bismo ispunili puni potencijal AI. Izazovi su različiti, od ekonomskih, tehničkih do etičkih.

Nurses and midwives per 1,000 people, 1990 to 2016

Nurses and midwives include professional nurses, professional midwives, auxiliary nurses, auxiliary midwives, enrolled nurses, enrolled midwives and other associated personnel, such as dental nurses and primary care nurses.

Our World
in Data



Medicinske sestre i primalje na 1000 ljudi, 1990. do 2016. Ponovno tiskano iz Naš svijet u podacima, 2016

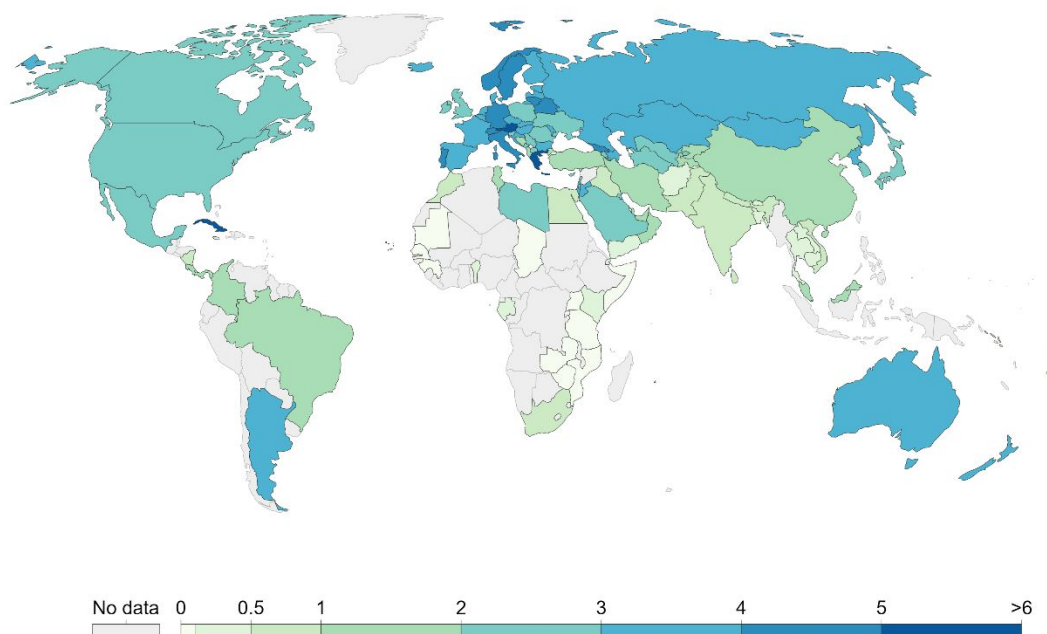
Izvor: www.ourworldindata.org

Velika razlika u bogatstvu i razvoju među zemljama mogla bi biti jedan od problema. S jedne strane, manje razvijene zemlje teško mogu financirati sve potrebno za razvoj takve tehnologije, nabaviti potrebnu opremu i obrazovati dovoljnu količinu osoblja. Takvi algoritmi zahtijevaju izuzetno moćna, ali i skupa računala. Do nedavno je bilo malo takvih računala na svijetu. Danas se to mijenja, ali uglavnom je ova tehnologija još uvijek dostupna visoko razvijenim zemljama.

S druge strane, manje razvijene zemlje uglavnom imaju veći problem s nedostatkom zdravstvenih radnika. Stoga bi možda takve države mogle biti otvorenije za brže prihvaćanje i primjenu modela AI u kliničku praksu kako bi nadoknadle nedostatak radne snage, ali i nedostatak stručnosti. Brojne studije pokazale su da upotreba algoritama AI može uvelike smanjiti nepotrebne postupke, operacije i rehospitalizaciju. To u konačnici dovodi do nižih troškova zdravstvene zaštite, što bi možda moglo biti važnije za siromašnije zemlje. Čak i unutar razvijenih zemalja postoje regije u kojima je manje zdravstvenih radnika i medicinske opreme, a nije uvijek moguće pružiti potpunu zdravstvenu zaštitu. AI može ponuditi manje razvijenim regijama mogućnost lakšeg povezivanja s drugim stručnjacima i pružiti stanovništvu pristup najboljoj njezi kako bi smanjio putovanje, a time i osobne troškove pacijenta. Ekonomska nejednakost uvijek postoji, ali zdravlje je područje na kojem bismo se svi trebali usredotočiti na smanjenje utjecaja ekonomske nejednakosti na kvalitetu skrbi. Čovječnost bi trebala biti glavno vodilo u naporima za rješavanje ovog problema.

Medical doctors per 1,000 people, 2016

Medical doctors include generalist physicians and specialist medical practitioners.



Source: World Bank

CC BY

Liječnici na 1000 ljudi, 2016. Ponovno tiskano iz Naš svijet u podacima, 2016.

Izvor: www.ourworldindata.org

Animacije priloženih slika koje pokazuju nejednakost u broju liječnika i medicinskih sestara u svijetu tijekom godina nalaze se na ovim poveznicama:

★[Our world in data - physicians per 1000 people](#)

★[Our world in data - nurses and midwives per 1000 people](#)

Zbog velikog udjela starijih liječnika širom svijeta, postoji određena prepreka uzrokovana neznanjem i nespremnošću za promjenom. Starije generacije liječnika teže se prilagođavaju inovativnim promjenama u zdravstvu, a potrebno je više napora kako bi se nova tehnologija prihvatila u njihovoj praksi. Sada je jasno da će tehnologija utjecati na gotovo sve sfere našega života, uključujući zdravstveni sustav. Zbog toga je ključno promijeniti obrazovne programe, uvesti tečajeve i

programe koji će budućim zdravstvenim radnicima pružiti nova znanja i vještine. Mladi pružatelji zdravstvenih usluga trebaju naučiti kako raditi s umjetnom inteligencijom i kako izvući najbolje iz te suradnje. Ako postoji uspješno spajanje pružatelja zdravstvenih usluga i AI, fokus zdravstvene zaštite također se može prebaciti s liječenja na prevenciju. Ovaj bi pomak prouzročio pozitivne promjene u društvu jer bi smanjio troškove zdravstvene zaštite, ali i povećao kvalitetu života ljudi. Da bi se to dogodilo, važno je motivirati zdravstvene radnike koji toliko znaju o ljudskom zdravlju, ali su također svjesni mogućnosti umjetne inteligencije, na suradnju s informatičarima. Ova je suradnja ključna u razvoju algoritama koji će biti dovoljno precizni. Jedan od izazova je razviti algoritme koji neće dovesti do pretjerane dijagnoze ili pristranosti. Pretjerana dijagnostika može biti vrlo velik problem ako se počne eksponencijalno javljati u zdravstvenom sustavu, jer će uzrokovati preglede, postupke i terapije koji pacijentu nisu nužno potrebni. To u konačnici opet može dovesti do razvoja neželjenih komplikacija, a mi bismo postigli suprotan učinak i napravili više štete nego što bismo pomogli pacijentu. Stoga je važno da prije nego što ga uvedemo u kliničku praksu budemo sigurni u točnost i preciznost algoritma.

Da biste izbjegli prekomjernu i nedovoljnu dijagnozu, presudno je imati puno kvalitetnih podataka. To je puno spomenuto u prethodnim poglavljima, ali spomenut ćemo ovaj problem još jednom. Potrebno je zadovoljiti i zahtjev za kvalitetom i količinom da bi se razvili najbolji mogući algoritmi. Nemoguće je razviti algoritam koji se može široko koristiti bez dovoljne količine podataka. Ali, naravno, količina nije dovoljna i mora biti popraćena kvalitetom. Razlike u načinu bilježenja podataka mogu otežati njihovu upotrebu. Bilo bi idealno za postizanje minimalnog broja značajki koje treba prikupiti ili u slučaju skeniranja označenih na određeni način kako bi se podaci mogli što više koristiti. Nakon što se algoritam razvije s dovoljnom količinom kvalitetnih podataka, može služiti kao alat u procesu dijagnoze, određivanja terapije i drugih zadataka tijekom liječenja. Ono što je mnogima i dalje problem jest nemogućnost razumijevanja kako je algoritam došao do zaključka.

Algoritmi strojnog učenja nazivaju se i „crnim kutijama“ jer je općenito nemoguće pratiti njihovu analizu korak po korak. Razlog tome je što ti algoritmi mogu pronaći vezu između ulaznih i izlaznih podataka na način koji ljudski mozak ne može. Zahtjev za potpunom objašnjivošću algoritama možda nije ispravan pristup, iako još uvijek postoji česta tendencija ka tome. Možda bi bilo bolje osigurati praćenje razvoja samog algoritma, obratiti pozornost na kvalitetu podataka, provjeriti njihovu točnost i preciznost, ali i omogućiti pružanje povratnih informacija od korisnika.

Ako govorimo o tehničkim problemima s kojima se susreće primjena AI u kliničkoj praksi, tada moramo spomenuti, uz već spomenuti problem vezan uz hardver, i problem razvijanja zadovoljavajućih algoritama. Ovaj je problem skup nekoliko manjih problema. Najčešće je algoritam dovoljno precizan i točan samo na određenoj skupini podataka koja utječe na mali dio populacije, određenu bolnicu ili nešto slično. Takvi se algoritmi ne mogu prenijeti na upotrebu izvan tih okvira, a to je nešto što bi trebalo poboljšati u budućnosti. Poželjno je razviti jedinstvene algoritme koji se mogu primijeniti bilo gdje. Također je potrebno pažljivo osmisliti razvoj algoritma i vrstu podataka koji se koriste za osposobljavanje algoritma. Pažljiv odabir podataka trebao bi osigurati izbjegavanje pristranosti algoritma. Algoritam može biti pristran zbog pristranosti u podacima treninga ili prethodne kategorizacije podataka. Moguće je testirati algoritam na pristranost nudeći "okidače" diskriminacije u podacima; to mogu biti, na primjer, dob, spol, rasa, etnička pripadnost. Testiranjem algoritma moguće je umanjiti rizik diskriminirajuće pristranosti. Na primjer, često je slučaj da algoritam „nauči“ da je određeni spol skloniji razvijanju određenih uvjeta, koji možda nisu u korelaciji s istinom, ali ovaj zaključak izveden je isključivo zbog dominacije podataka dobivenih iz jednog spola. Također, do sada razvijeni algoritmi uglavnom su primjeri takozvane uske umjetne inteligencije; mogu vrlo dobro obaviti jedan zadatak. Često nadmašuju liječnike u ovom specifičnom zadatku, ali problem je što je to samo jedan određeni zadatak.

Još uvijek nisu u mogućnosti izvoditi više različitih zadataka, a još manje povezivati znanje iz više zadataka na razini kao što to ljudi čine da bi u konačnici došli do zaključka. Pretpostavlja se da će uski AI biti jedina vrsta AI koju ćemo još dugo moći usavršavati. Toga treba biti svjestan, jer to znači da AI ne zamjenjuje zdravstvene djelatnike, već samo olakšava ili ubrzava neke njihove dužnosti.

Upravo spomenuta činjenica može modulirati sljedeći problem o kojem ćemo razgovarati, a to je strah liječnika da će im nove tehnologije "uzeti posao". Digitalizacija preokreće tržište rada naopako, pa to nije nešto specifično za zdravstvo. Postoje različita predviđanja o tome koji će i koliko poslova u budućnosti zamijeniti roboti, AI algoritmi i druge nove tehnologije. Taj je strah posebno prisutan kod radiologa, ali čest je i u drugim specijalizacijama. Prema nekim studijama, ovaj ubrzani napredak tehnologije i pojava AI u medicini utječu čak i na odabir specijalizacije. Drugim riječima, mladi studenti medicine sumnjičavi su prema radiologiji upravo iz straha da će ih na kraju zamijeniti AI. Moguće je da je to jedan od razloga zašto se određeni postotak liječnika odbija prilagoditi i prihvatiti nove tehnologije u kliničkoj praksi. Posao liječnika nije linearan proces, a jednostavna analiza podataka dobivenih testovima ili snimanjima nije dovoljna. Dijagnoza, propisivanje terapije i provođenje zdravstvene zaštite složen je postupak koji zahtijeva kreativnost i vještine rješavanja problema. To je nešto što AI i druge tehnologije ne mogu, a vjerojatno još neće moći postići. Holistički pristup pacijentu najbolji je način pružanja najkvalitetnije zdravstvene zaštite. Također je nemoguće zamijeniti empatiju koju pružaju liječnici, a koju pacijent jako cijeni. Ovaj ljudski odnos između pacijenta i liječnika; njihova suradnja u procesu liječenja nešto je što je nemoguće zamijeniti s AI. Samo liječnik može pridonijeti emocionalnoj komponenti iskustva tijekom liječenja. Kada je potrebno priopćiti dijagnozu ili terapiju koja će potencijalno promijeniti život pacijenta, teško da će to netko učiniti bolje od liječnika. Što više zdravstvenih radnika počne na AI i druge nove tehnologije gledati kao na alat, a manje kao na prijetnju radu prije nego što se dogodi njihova uspješna suradnja, a sve u korist

pacijenata i zdravstvenog sustava. Također, inovatori koji razvijaju nove tehnologije za medicinsku primjenu ne bi trebali zamijeniti liječnike, već ostvariti suradnju s njima i olakšati im posao u tako izazovnom i zahtjevnom okruženju.

Evo zanimljivog videozapisa koji ukratko sažima razloge zašto AI neće zamijeniti liječnike:

★ [5 razloga zašto AI neće zamijeniti liječnike \(eng. 5 reasons why AI will not replace physicians\)](#)

Video 1. "5 razloga zašto A.I. Neće zamijeniti liječnike - medicinski futurist ", YouTube, prenio Medicinski futurist, 20. srpnja 2018.

S druge strane, postoji strah, koji uglavnom proizlazi iz pacijenata, da se liječnici mogu previše oslanjati na AI i biti manje kritični prema dijagnozi i terapiji koju algoritam preporučuje. Važno je ostati dovoljno kritičan prema tehnologiji, odnosno dalje provjeravati odluku algoritma o složenijim slučajevima i zadacima. Dijelom radi praćenja učinkovitosti algoritma, a dijelom kako bi se omogućilo liječnicima da dodatno poboljšaju svoje vještine. Pacijenti su možda najzapuštenija stranka u cijeloj ovoj priči. Važno je spomenuti njihova prava koja treba uzeti u obzir kada se govori o AI u medicini. Nešto što smo puno naglasili i na čemu se temelji razvoj algoritama AI jest potreba za velikom količinom medicinskih podataka. Sve ove informacije potječu od stvarnih pacijenata koji moraju biti upoznati s načinom i svrhom korištenja svojih osobnih zdravstvenih podataka, ali moraju se s njima i složiti. Problem sigurnosti podataka u doba velikih podataka glavni je izazov u zdravstvu. Treba postići ravnotežu između zaštite privatnosti pacijenta i koristi od korištenja podataka za društvo. Drugim riječima, važno je pacijentima pružiti sigurnost da se njihovi podaci ne zloupotrebljavaju, ali također je važno omogućiti istraživanje i inovacije koje zahtijevaju mnogo podataka o zdravlju pacijenta za unapređenje buduće zdravstvene zaštite. Sve se više nastoji stvoriti pravni okvir koji će štititi pacijente od kršenja privatnosti. U EU je to Opća uredba o zaštiti podataka (GDPR). Ova uredba također pokriva zdravstvene podatke i daje pravila za pravilno

prikupljanje i upotrebu zdravstvenih podataka. Ako se dogodi kršenje privatnosti, moguće je to sagledati iz dvije perspektive – konsekvencijalističke i deontološke. Konsekvencijalistički pristup razmatra stvarne posljedice koje su naštetile pacijentu. To mogu biti, na primjer, problemi u zapošljavanju zbog zdravstvenih uvjeta. S druge strane, deontološki pristup razmatra kršenja koja nisu prouzročila štetu ili kojih pacijent možda nije svjestan. Na primjer, to bi moglo uzimati podatke sa pametnih telefona u svrhu nekih istraživanja, a da se podaci na kraju ne koriste. Pitanje je etičke ispravnosti ovog djela, bez obzira što osoba nije doživjela štetne posljedice. Zbog mogućnosti da će elektroničke zdravstvene evidencije uskoro prikupljati podatke izvan zdravstvenog sustava (socijalni, obrazovni itd.), Ali i podatke s društvenih mreža, u vezi s tim ima puno etičkih problema. Jesu li to podaci kojima davatelji zdravstvenih usluga trebaju imati pristup? Koliko su relevantni i točni podaci s društvenih mreža? I puno drugih problema koji bi se mogli pojaviti. Vjerojatno postoji puno prednosti i nedostataka za to, a vrijeme će pokazati što će se dogoditi. U digitalno doba kršenje privatnosti vrlo je velik izazov i postoje brojni naponi da se ljudi osvijeste o važnosti sigurnosti i privatnosti.

Na kraju, ostavljamo vam kratki video o prednostima i potencijalnim rizicima uvođenja umjetne inteligencije u zdravstvenu zaštitu:

★ [Umjetna inteligencija u zdravstvu: koristi i rizici \(eng. Artificial intelligence in healthcare : benefits and risks\)](#)

Video 2. "Umjetna inteligencija u zdravstvu: blagodati i rizici", YouTube, prenijela tvrtka The Doctors, 16. prosinca 2019.

POGLAVLJE 5 Kardiovaskularne bolesti

kao jedan od vodećih uzroka morbiditeta u svijetu

- - - - X

Ključne riječi

- WHO = [Svjetska zdravstvena organizacija]
- CVD = [kardiovaskularne bolesti]
- DALY = [životne godine prilagođene invaliditetu]
- EHR = [elektronički zdravstveni karton]

Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji (WHO), ishemijska bolest srca i moždani udar dva su najčešća uzroka smrti u svijetu. Procjenjuje se da svake godine od kardiovaskularnih bolesti (KVB) umre 17,5 milijuna ljudi. Otprilike 80% smrtnih slučajeva povezanih s KVB-om događa se u zemljama s niskim i srednjim prihodima. Ali ne samo da KVB mogu dovesti do smrtnog ishoda, već mogu smanjiti i kvalitetu života pacijenta. To možemo izmjeriti izračunavanjem životnih godina prilagođenih invaliditetu (DALY), odnosno zbrajanjem godina potencijalnog života izgubljenog zbog prerane smrtnosti i godina produktivnog života izgubljenog zbog invaliditeta. 2016. globalni teret bolesti za KVB za žene iznosio je 20%, a za muškarce 24% ukupnog tereta. Sve to znači da KVB predstavljaju značajnu prijetnju ljudskom zdravlju.

Neki ljudi imaju veću vjerojatnost da dobiju KVB zbog čimbenika rizika. Glavni čimbenici rizika su hipertenzija, dislipidemija, spol (muškarci češće razvijaju KVB), dob (muškarci stariji od 55 godina i žene stariji od 65 godina), pušenje, dijabetes, pretilost (BMI ≥ 30 kg / m²), obiteljska anamneza preuranjeni KVB, bubrežne bolesti i mnogi

drugi. Neki od ovih čimbenika se ne mogu mijenjati, poput nasljedne predispozicije, ali na sreću neke možemo izmijeniti. Pravilnom prehranom možete prilagoditi tjelesnu težinu, ali i razinu kolesterola u krvi. Pacijentima treba savjetovati da povećaju unos voća, povrća, ribe i cjelovitih žitarica te eliminiraju ili barem smanje konzumaciju prerađenog mesa, pića zaslađenih šećerom i soli. Redovita tjelesna aktivnost barem 30 minuta dnevno značajno će smanjiti rizik od KVB. Način života također se može prilagoditi – smanjiti pušenje i pijenje alkohola. To su nefarmakološke mjere koje mogu imati velik utjecaj na razvoj KVB. Bez obzira na farmakološko liječenje, ove mjere prilagodbe načina života uvijek treba provoditi.

Stanje koje leži u osnovi većine KVB je dislipidemija. Dislipidemija se javlja kada netko ima abnormalne razine lipida u krvi. Najčešći oblici dislipidemije uključuju visoku razinu lipoproteina male gustoće (LDL) ili lošeg kolesterola, nisku razinu lipoproteina velike gustoće (HDL) ili dobrog kolesterola i visoku razinu triglicerida. Zdrava razina lipida u krvi razlikuje se od osobe do osobe i ne postoji strogo ograničenje. Ali postoje ciljane vrijednosti koje želimo postići u primarnoj i sekundarnoj prevenciji. Za primarnu prevenciju ciljna vrijednost je ukupni kolesterol $<5,0$ mmol / L, a za sekundarnu prevenciju $<4,5$ mmol / L.

Samo da biste imali bolju sliku o KVB, pogledajte ovaj jednostavni video u kojem su objašnjeni faktori rizika i prevencija:

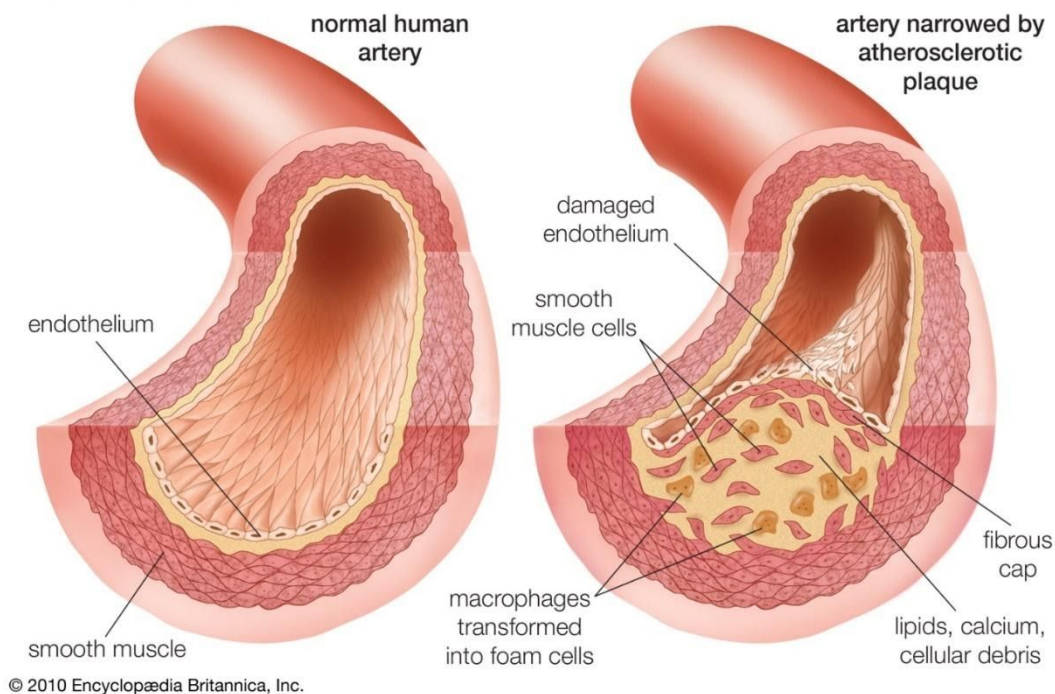
★ [Razumijevanje kardiovaskularnih bolesti: Vizualna objašnjenja za studente \(eng. Understanding cardiovascular disease : Visual explanations fo students\)](#)

Video 1. "Razumijevanje kardiovaskularnih bolesti: Vizualno objašnjenje za studente", YouTube, prenio Zero To Finals, 9. siječnja 2019.

U većini slučajeva KVB započinju aterosklerozom. Ateroskleroza je bolest koja utječe na ovojnicu srednjih i velikih arterija što rezultira uskim i debelim stijenkama žila. Sve započinje visokom

razinom lipoproteina male gustoće (LDL), ili kako se to naziva 'loš kolesterol'. Te čestice mogu ući u ovojnicu disfunkcionalnim endotelom žile. Jednom kad se počne taložiti u tunici intima, LDL se oksidira, a taj oksidirani LDL aktivira endotelne stanice. Aktivirane endotelne stanice eksprimiraju receptore za bijele krvne stanice, što će omogućiti da se monociti i T-stanice premjeste u intimnu tunicu. Nakon ulaska u tunicu monociti postaju makrofagi koji će uzimati oksidirane LDL i postati pjenaste stanice. Te su pjenaste stanice presudne u aterosklerozi jer potiču migraciju glatkih mišićnih stanica iz tunike u intimu i proliferaciju glatkih mišićnih stanica. Stanice glatkih mišića tada će proizvoditi kolagen, što će dovesti do otvrdnjavanja plaka. Učvršćivanje stijenke arterije dovodi do hipertenzije, jer srce pokušava pumpati krv prema stijenci arterije koja se neće širiti dodatnim pritiskom. Tijekom postupka, stanice pjene umiru i oslobađaju svoj sadržaj lipida. Stoga plak raste i dovodi do stenoze. Stenoza je nenormalno suženje krvne žile. Protok krvi smanjen je zbog stenoze, što je presudno u uvjetima poput angine i perifernih vaskularnih bolesti. Ako plak postane prevelik, puknut će. Kada plak pukne, započinje proces koagulacije kako bi se zaustavio plak koji prosipa njegov sadržaj. U tom procesu nastaje tromb koji može otežati protok krvi i izazvati ozbiljne probleme. Trombi mogu blokirati distalni dio žile i izazvati ishemiju. Ishemija je vodeći uzrok akutnog koronarnog sindroma ili srčanog udara.

Atherosclerosis



Ateroskleroza. Ponovno tiskano iz Britannice, 2010 (monografija)

Izvor: www.britannica.com

Sljedeći kritični čimbenik u razvoju kardiovaskularnih bolesti je hipertenzija. Hipertenzija ili povišeni krvni tlak stanje su trajno povišenog krvnog tlaka u arterijama. Visok krvni tlak obično, isto kao i dislipidemija, ne uzrokuje nikakve simptome, i zato je izuzetno opasan. Ljudi mogu imati visok krvni tlak godinama, pa i desetljećima, a da to ni ne znaju. Nužno je naglasiti važnost liječenja za povišeni krvni tlak kako bi se povećalo pridržavanje pacijenta. Optimalni krvni tlak bio bi sistolički 120 mmHg, a dijastolički 80 mmHg. Sve do 140/90 mmHg smatra se visokim, ali normalnim i ne zahtijeva farmakološku terapiju, već samo promjene načina života. Ali sve više od 140/90 mmHg smatra se hipertenzijom i treba kontrolirati lijekovima. Postoje tri stupnja hipertenzije, a ovisno o stupnju i čimbenicima rizika, terapija također varira. Ciljna vrijednost krvnog tlaka za bolesnike s hipertenzijom u većini je slučajeva <140/90 mmHg. To se također može

razlikovati ovisno o ostalim popratnim bolestima (dijabetes, kronična bolest bubrega).

Classification	Systolic blood pressure (mmHg)	Diastolic blood pressure (mmHg)
Optimal	<120	<80
Normal	<130	<85
High normal	130-139	85-89
Hypertension		
Grade 1 Hypertension (mild)	140-159	90-99
Grade 2 Hypertension (moderate)	160-179	100-109
Grade 3 Hypertension (severe)	≥180	≥110
Isolated systolic/diastolic hypertension		
Grade 1	140-159	≥90
Grade 2	≥160	≥100

Adopted from the British Hypertension Society guidelines.

Klasifikacija hipertenzije. Preštampano iz "Čimbenici koji utječu na dijagnozu i upravljanje hipertenzijom u okrugu Mazowe u središnjoj provinciji Mashonaland u Zimbabveu: 2012.", Mungati M. i sur., 2012, BMC Kardiovaskularni poremećaji, 14 (1), 102.

Puno je uvjeta vrijednih spomena, ali samo ćemo reći nešto više o najčešćim. Aritmija je skupina stanja koja karakteriziraju nepravilan rad srca (prebrz ili prespor). Prebrzi otkucaji srca (kod odraslih iznad 100 otkucaja u minuti) nazivaju se tahikardija, dok se prekomjerni otkucaji srca (ispod 60 otkucaja u minuti) nazivaju bradikardija. Neke vrste aritmije nemaju simptome, ali kada su simptomi prisutni, to može uključivati lupanje srca, vrtoglavicu, nesvjesticu, otežano disanje i bolove u prsima. Većina vrsta nije ozbiljna, ali neke aritmije predisponiraju osobu na komplikacije poput moždanog udara ili zatajenja srca. Ovo je velika skupina stanja, ali izdvojit ćemo jedan koji nam je važan - atrijalna fibrilacija.

Atrijalna fibrilacija (AF) je najčešća teška aritmija koju karakteriziraju brzo i nepravilno kucanje atrijalnih komora srca. AF je povezan s povećanim rizikom od zatajenja srca i moždanog udara. Teška komplikacija AF-a je stvaranje krvnog ugruška (tromba). Kod AF, nedostatak organizirane kontrakcije atrijske mišićne stijenke može rezultirati stagnacijom krvi u lijevom atriju ili slijepom atrijskom dodatku. Nedostatak kretanja krvi može dovesti do stvaranja tromba. Ako trombus uđe u cirkulaciju krvi, naziva se embolus. Embolija tada može uzrokovati blokadu protoka krvi i utjecati na tkivo koje ta posuda opskrbljuje. Rezultat CHA₂DS₂-VASc predviđa rizik od budućeg moždanog udara kod osoba s AF. Rezultat se koristi za utvrđivanje je li potrebno liječenje antikoagulacijskom terapijom. Ovisno o osvojenim bodovima, možemo predvidjeti rizik.

Tablica: Pravila bodovanja CHA₂DS₂-VASc.

	Stanje	Bodovi
C	Kongestivno zatajenje srca (ili sistolna disfunkcija lijeve klijetke)	1
H	Hipertenzija	1
A ₂	Dob ≥ 75 godina	2
D	Šećerna bolest	1
S ₂	Prethodni moždani udar, TIA ili tromboembolija	2
V	Vaskularna bolest	1
A	Dob 65-74 godine	1
Sc	Kategorija spola	1

Najčešća kardiovaskularna bolest je ishemijska bolest srca ili koronarna bolest. To je termin koji se daje srčanim problemima uzrokovanim suženim srčanim arterijama. Glavni simptomi koronarne bolesti srca su bol u prsima (angina), srčani napadi i zatajenje srca. Palpitacije srca i neobična daha također su često simptomi. Angina pectoris je stanje prepoznatljivo po bolovima u prsima zbog smanjenog

protoka krvi u srčani mišić. Glavni uzroci angine pektoris su ateroskleroza ili grč arterija koje opskrbljuju srčani mišić krvlju (koronarne arterije). Stabilna angina obično se javlja kao nelagoda u prsima nakon neke aktivnosti (trčanje, hodanje, dizanje) s minimalnim ili nikakvim simptomima u mirovanju. Nestabilnu anginu prepoznaju iznenadni bolovi u mirovanju, pojačani intenzitet boli i angina koja traje 15 minuta ili više. Srčani udar teže je stanje od angine i zahtijeva hitnu bolničku pomoć. Neki srčani napadi su iznenadni i intenzivni, ali većina ih započinje polako, uz blagu bol ili nelagodu. Ta se stanja ne mogu izliječiti, ali liječenje može pomoći u upravljanju simptomima i smanjiti šanse za komplikacije.



Znakovi upozorenja za srčani udar. Ponovno tiskano iz American Heart Association, 2016. Izvor: www.heart.org

Moždani udar je medicinsko stanje kada se opskrba dijelom mozga smanjuje ili prekida, što sprečava moždano tkivo da dobije dovoljno kisika i hranjivih sastojaka. Stanice mozga vrlo brzo umiru u takvim

uvjetima, pa je brzo liječenje presudno kako bi se oštećenja mozga i druge komplikacije svele na minimum. Znakovi moždanog udara uključuju probleme s govorom i nerazumijevanjem drugih, paralizu lica, ruke ili noge, probleme s vidom na jedno ili oba oka, glavobolju i poteškoće u hodu. Dva su vodeća uzroka moždanog udara. Blokirana arterija uzrokuje ishemijski moždani udar, a hemoragijski moždani udar uzrokuje curenje ili pucanje krvne žile. Ponekad postoji samo privremeni poremećaj protoka krvi u mozgu, a ovo je stanje poznato kao prolazni ishemijski napad (TIA) i ne uzrokuje trajne simptome. Moždani udar može uzrokovati privremene ili čak trajne invalidnosti, ovisno o tome koliko dugo je mozgu nedostajalo protoka krvi i koji je dio bio pogođen. Te su komplikacije ozbiljne, na primjer, paraliza ili gubitak mišića, poteškoće u govoru ili gutanju, gubitak pamćenja, problemi s razmišljanjem i još mnogo toga, zato je prevencija ključna. Vodi zdrav život može sačuvati zdravlje srca i mozga.

Kalkulatori kardiovaskularnog rizika

Dajući težinu ovih bolesti, jasno je da je prevencija od ključne važnosti. Uz ranije spomenute nefarmakološke mjere, postoje i lijekovi za ta stanja. Prevencija KVB može biti primarna ili sekundarna. Primarna prevencija pokušava spriječiti KVB kod pacijenata koji je nikada nisu imali, dok sekundarna prevencija pokušava spriječiti daljnje kardiovaskularne događaje kod pacijenata koji su već imali anginu, srčani udar ili TIA. Prvi korak je uvijek optimiziranje promjenjivih čimbenika rizika (prehrana, pušenje, konzumacija alkohola, tjelesna težina, vježbanje) i liječenje popratnih bolesti (razumna kontrola dijabetesa). Kada se odlučuje o liječenju lijekova, presudno je kategorizirati pacijente. Ne trebaju svi isti tretman. Postoji nekoliko načina za to, ali većina kalkulatora predviđa kardiovaskularni rizik kao postotni rizik od moždanog ili srčanog udara u sljedećih deset godina. Ako je rizik > 10%, tada se preporučuje početi uzimati statine (na primjer atorvastatin 20 mg prije spavanja). Svi pacijenti s kroničnom bubrežnom bolešću ili dijabetesom tipa 1 dulje od deset godina također bi trebali uzimati statine kao prevenciju, jer su skupina rizičnog bolesnika. Cilj je smanjiti kolesterol koji nije HDL za oko 50%. Nakon tri mjeseca treba

provjeriti lipide ako je cilj postignut, a ako nije, onda treba povećati dozu statina. U sekundarnoj prevenciji obično se koristi kombinacija lijekova. Antitrombotsko sredstvo je lijek koji smanjuje stvaranje krvnih ugrušaka. Antitrombotici se mogu koristiti i u primarnoj i u sekundarnoj prevenciji. Najčešći antitrombotik u sekundarnoj prevenciji je aspirin (acetilsalicilna kiselina) u maloj dozi od 100 mg. Statini se propisuju u većoj dozi (80 mg) za sekundarnu prevenciju. Beta-blokatori imaju značajnu ulogu u sekundarnoj prevenciji i gotovo se uvijek propisuju ako mogu. Beta-blokatori se ne smiju propisivati bolesnicima s astmom. Budući da je ovo već teško stanje, pacijenti bi trebali uzimati i ACE inhibitore. ACE inhibitori su antihipertenzivni lijekovi koji imaju zaštitni učinak na bubrege.

S obzirom na sve navedeno, očito je da postoji izvrsna prilika da umjetna inteligencija (AI) bude dio zdravstvenog sustava u segmentu kardiovaskularnih bolesti. Dokazano je da je AI bitan čimbenik koji može utjecati na razinu medicinskih usluga. Do danas se AI tehnologije primjenjuju u kardiovaskularnoj medicini, uključujući preciznu medicinu, kliničko predviđanje, analizu slike srca i inteligentne robote. Uključivanje AI u medicinski proces može imati pozitivan učinak i na pacijente i na liječnike. Iz perspektive pacijenta, AI može biti prikladan za praćenje tijeka terapije, podsjetnike na lijekove, savjetovanje i upozorenje na ključne simptome KVB. S druge strane, iz perspektive liječnika, AI im može pomoći u prikupljanju podataka o pacijentima (kao što je povijest bolesti), povezivanju elektroničkih medicinskih kartona i smanjenju opterećenja liječnika. Prikupljanje podataka o svakom pacijentu i njihova ispravna obrada može poboljšati zdravstvenu zaštitu.

Govoreći o kliničkom predviđanju, AI je također pružio liječnicima priliku da daju preciznija predviđanja za pacijente. Kliničke smjernice izrađene su na temelju najboljih dostupnih dokaza koji pomažu u kliničkoj odluci. Medicina koja se temelji na dokazima ima za cilj uvođenje dokazanih i provjerenih podataka u kliničku praksu.

Postoji mnogo sustava bodovanja koji se bave predviđanjem rizika od kardiovaskularnih bolesti u određenom vremenskom roku. Ovi kalkulatori

smiju se koristiti samo za bolesnike koji u prošlosti nisu imali srčanu bolest, jer su to već visoko rizični bolesnici. Neki od kalkulatora su ocjena rizika Framingham, sistemska procjena koronarnog rizika (SCORE) i QRISK. Svi oni koriste složene matematičke jednadžbe za predviđanje vjerojatnosti kardiovaskularnog događaja u sljedećih deset godina.

Nekoliko čimbenika rizika kao što su dob, spol, krvni tlak, dislipidemija, pušenje, indeks tjelesne mase (BMI) i dijabetes melitus pružaju dovoljno podataka koji se mogu matematički modelirati kako bi se dobila numerička vrijednost rizika. Ovisno o kalkulatoru, uzimaju se u obzir različiti čimbenici. Matematičke se jednadžbe donose na temelju obrade velike količine podataka (poput rezultata krvnih testova, vrijednosti krvnog tlaka, povijesti komorbiditeta i tako dalje). Koristeći ove podatke, modeli opasnosti koriste se za procjenu koeficijenata za svaki čimbenik rizika. Kad su koeficijenti poznati, mogu se lako povezati s osnovnom jednadžbom rizika.

Ocjena rizika Framingham američki je rodno specifični algoritam koji je prvi put razvijen na temelju podataka dobivenih iz Framingham Heart Study za procjenu desetogodišnjeg rizika od razvoja koronarne bolesti. Da bi se poboljšala predviđanja, cerebrovaskularni događaji, bolest perifernih arterija i zatajenje srca dodani su kasnije kao ishodi bolesti, površ koronarne bolesti. Ažurirana verzija uključuje dob, spol, ukupni kolesterol, HDL kolesterol, krvni tlak, upotrebu antihipertenzivnih lijekova i pušenje. Glavna kritika Framinghamove ocjene rizika jest ta što precjenjuje rizik za europsko stanovništvo jer su podaci prikupljeni među američkim narodom. Također, podaci su u ovom trenutku prilično stari.

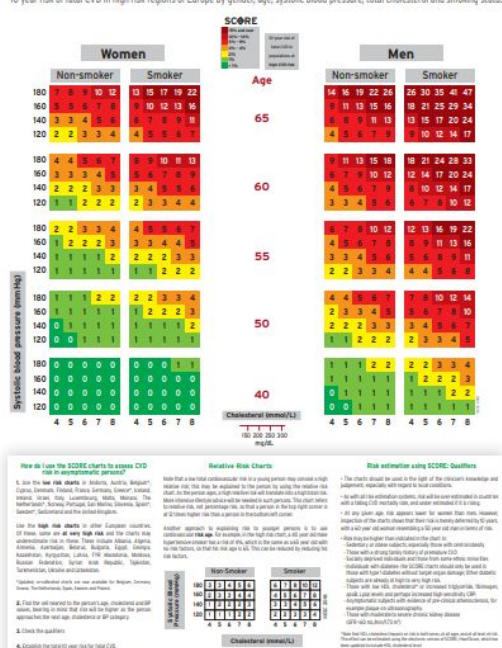
Zbog različitog rizika među populacijama, SCORE se danas češće koristi u Europi. Baza podataka SCORE kombinira rezultate 12 europskih kohortnih studija, 250 000 skupova podataka o pacijentima, 3 milijuna osoba promatranih godina i 7 000 fatalnih kardiovaskularnih događaja. Rizik je prikazan na grafikonima koji su vrlo jednostavni za upotrebu.

Dostupne su dvije verzije - odvojeno za zemlje s niskim rizikom i zemlje s visokim rizikom. Procjena rizika temelji se na spolu, dobi,

pušenju, sistoličkom krvnom tlaku i ukupnom kolesterolu. Funkcija SCORE rizika može se kalibrirati prema nacionalnoj statistici smrtnosti svake zemlje. Zbog toga nacionalne verzije već postoje za neke zemlje i mogu se koristiti za davanje preciznijih predviđanja. SCORE također ima elektroničku i interaktivnu verziju – HeartScore. Dizajniran je da olakša izračunavanje rizika, ali i da pruži korisne savjete, spremi podatke o pacijentima i vidi napredovanje pacijenta.

SCORE - European High Risk Chart

10 year risk of fatal CVD in high risk regions of Europe by gender, age, systolic blood pressure, total cholesterol and smoking status



SCORE ljestvice - lijeva za zemlje s visokim rizikom, desna za zemlje s niskim rizikom. Ponovno tiskano iz European Society of Cardiology, 2016.

Izvor: www.escardio.org

Smjernice Nacionalnog instituta za izvrsnost u zdravstvu i skrbi (NICE) preporučuju upotrebu QRISK-a. QRISK su razvili liječnici i akademici koji rade u Nacionalnoj zdravstvenoj službi Ujedinjenog Kraljevstva, a temelji se na rutinski prikupljenim podacima mnogih tisuća liječnika opće prakse koji su slobodno unosili podatke u bazu

podataka QResearch. Budući da je razvijen na temelju podataka prikupljenih u populaciji Ujedinjenog Kraljevstva, namijenjen je uporabi u Velikoj Britaniji. To je algoritam predviđanja za KVB koji koristi tradicionalne čimbenike rizika (dob, sistolički krvni tlak, status pušenja, omjer ukupnog kolesterola i HDL kolesterola) u kombinaciji s nekim drugim informacijama o pacijentu poput BMI, etničke pripadnosti, obiteljske povijesti, postojanja kronična bolest bubrega, reumatoidni artritis, fibrilacija atrijska, dijabetes melitus, antihipertenzivno liječenje, migrena, uporaba kortikosteroida i atipičnih antipsihotika, teške mentalne bolesti, sistemski eritematosi lupus (SLE) i erektilna disfunkcija. Mnogi od ovih čimbenika dodani su u kalkulator u najnovijoj verziji QRISK nakon što su primijetili povezanost s kardiovaskularnim rizikom. Nova verzija izlazi svake godine zbog promjena u karakteristikama populacije i poboljšanja u kvaliteti podataka. Kako bi algoritam bio ažuriran, svake godine se preuređuje na najnoviju verziju baze podataka QResearch.

Umjetna inteligencija u kardiologiji

Iako se i dalje široko koriste, ovo su vrlo jednostavni sustavi bodovanja koji se mogu podići na novu razinu primjenom sofisticiranijih AI modela. S vremenom će biti korisniji pacijentima za eventualnu samoprocjenu ili kao početnu procjenu stanja, dok će se naprednije metode predviđanja temeljene na strojnom učenju sve više koristiti u kliničkoj praksi. U budućnosti, tehnike inteligencije mogu biti ključne u razvoju kardiovaskularne (CV) medicine. Klinička njega s CV-om trenutno se suočava sa značajnim praktičnim izazovima kao što su loša postignuća u prevenciji, niska isplativost, prekomjerna iskorištenost, neadekvatna skrb o pacijentima i visoke stope smrtnosti unatoč svim naporima i troškovima. Ključno je postići dobru interdisciplinarnu suradnju kako bi se omogućila klinički značajna automatizirana i prediktivna analiza podataka. Neki veliki podaci, poput sekvenci genoma, metaboličkih informacija, proteomike, sekvenciranja mikrobioma crijeva ili snimanja srca, preveliki su i heterogeni. Također, prebrzo se mijenjaju i previše su jedinstveni da bi se mogli ručno analizirati ili koristiti ili u ovim jednostavnim sustavima, koje smo ranije spomenuli. Budući da su KVB složeni i

heterogeni, jer su uzrokovani višestrukim genetskim čimbenicima, čimbenicima iz okoliša i ponašanja, AI ima velik potencijal iskoristiti sve ove velike podatke povezane s KVB i poboljšati zdravstvenu zaštitu kod kardiovaskularnih bolesnika. Potrebno je težiti značajnijem napretku u korištenju podataka, umjesto da se koriste samo jednostavni sustavi bodova ili tradicionalni čimbenici rizika CV.

Prije nego što uđemo u detalje primjene umjetne inteligencije u kardiologiji, bilo bi sjajno pogledati video koji ukratko pokazuje prednosti primjene AI u kardiologiji:

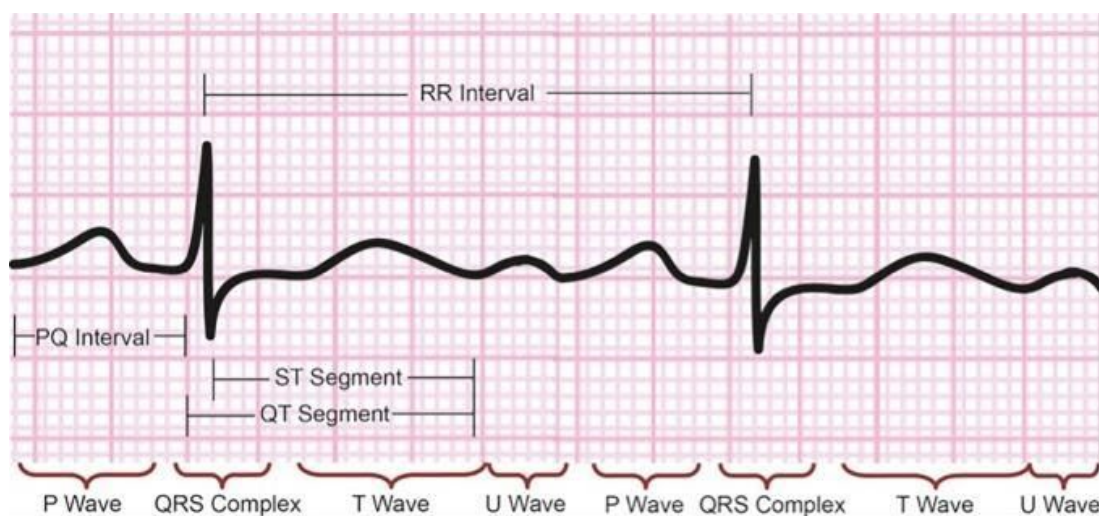
★ [Umjetna inteligencija u kardiologiji: futuristički pogled na AI u kardiologiji \(eng. Artificial intelligence in cardiology : a futuristic view of AI in cardiology\)](#)

Video 2. „Umjetna inteligencija u kardiologiji: futuristički pogled na A.I. iz kardiologije“, YouTube, prenijela klinika Mayo, 8. kolovoza 2019

Medicinsko slikanje bila je savršena niša za primjenu umjetne inteligencije u medicinskoj praksi zbog trenutnog oslanjanja na stručnu interpretaciju slika. Kardiovaskularno snimanje jedan je od najznačajnijih standarda za dijagnozu KVB-a, a pomoću AI tehnologije optimizira točnost i kvalitetu slika. Na primjer, svaki se piksel može razmatrati na više načina. Na primjer, mogu se prepoznati rubovi i granice, karakterizirati kretanje, izvući boju i gustoća slike može biti faktor za klasifikaciju slike. Slike se također mogu poboljšati (ručno ili automatski) definiranjem oblika unutar slike (tj. Granice lijeve klijetke). Čak se i frakcija izbacivanja (mjerjenje količine krvi koju lijeva klijetka ispumpava pri svakoj kontrakciji) može lako izračunati modelima strojnog učenja. Također, duboko učenje može se koristiti u prepoznavanju uzoraka kod različitih sindroma i prepoznavanju slika u CV slikanju. Ima veliki potencijal za identificiranje novih genotipova i fenotipova u heterogenim KVB. Budući da duboko učenje može obavljati zadatke bez ljudske pomoći, ono može otkriti jedinstvene čimbenike u sustavima bodova ili dodati

čimbenike rizika postojećim modelima koje nismo uključili. Dubokim učenjem frakcija izbacivanja lijeve klijetke može se predvidjeti na temelju EKG uzoraka ili koronarnog rezultata kalcija, što može biti značajno poboljšanje, a može smanjiti i radno opterećenje.

Najčešća metoda koja je pristupačna, brza i jednostavna je elektrokardiografija (EKG). Stoga je to područje intenzivnih istraživanja u smislu strojnog učenja. Ne smatra se slikovnom metodom, ali algoritmi analiziraju skeniranje slično kao i kod skeniranja slika. Elektrokardiogram je grafički prikaz dobiven elektrokardiografijom koji prikazuje vremenski ovisan napon električne aktivnosti srca. Pomoću elektroda smještenih na koži otkriva električne promjene tijekom srčanog ciklusa. Iako se grafički može činiti vrlo jednostavnim, postoji nekoliko uvjeta koji će dati značajno drugačiji EKG signal od uobičajenog. Korištenjem algoritama strojnog učenja prvi korak u interpretaciji EKG signala jest klasificirati ih kao normalnu ili abnormalnu srčanu aktivnost.



Uobičajeni EKG signal. Preštampano iz "Umjetna inteligencija nasuprot doktorskoj inteligenciji: pogled na poboljšanje strojnog učenja u elektrokardiografiji", Ponomariov V. i sur., 2017, Otkrića, 5, 3.

Ovisno o algoritmu, broj klasa se razlikuje. Ovo je najrazvijenija primjena strojnog učenja na EKG-u. Algoritmi analize signala mogu identificirati otkucaje srca različite prirode što je osnova za

daljnu dijagnozu, prognozu ili izbor liječenja. Otkriva se svaka promjena valova, intervala ili segmenata EKG signala, a algoritam obrađuje ukupnost primljenih signala. Ako je poruka normalna, nema potrebe za daljnjim tumačenjem, ali ako nije, algoritmi mogu detaljnije analizirati određene promjene. Jedan od problema u otkrivanju srčanih abnormalnosti putem EKG signala je taj što EKG obrasci uvelike ovise o vremenskoj točki snimanja i mogu se mijenjati tijekom vremena ovisno o tome je li pacijent u simptomatskoj ili u asimptomatskoj fazi. To znači da će EKG signali tijekom ovih faza izgledati potpuno drugačije. Ako se pacijent nadgleda tijekom asimptomatskog razdoblja, to može dovesti do pogrešne dijagnoze i time uzrokovati kasnije pogreške u liječenju u procesu liječenja. Ono što čak može otežati precizno tumačenje signala jest činjenica da različite bolesti mogu pokazivati slične EKG signale. Da bi se povećao prag otkrivanja, važno je redovito bilježiti EKG i kombinirati podatke dobivene snimanjem sa simptomima i drugim testovima. Nešto iz ovog područja što je zanimljivo i izazovno je dugoročno praćenje u stvarnom vremenu koje se koristi za pacijente na jedinicama intenzivnog liječenja. Pacijenti u JIL-u su pacijenti koje treba pažljivo pratiti. Stoga su internetske jedinice idealno mjesto za primjenu AI tehnologije koja će kontinuirano analizirati EKG signale i imati mogućnost upozoravanja zdravstvenih radnika u slučaju da je život pacijenta ugrožen. Čak i izvan JIL-a, ti se algoritmi u stvarnom vremenu mogu koristiti za praćenje srčane aktivnosti putem nosivih uređaja. Ti bi se uređaji tada mogli ponuditi za rizične pacijente i predstavljali bi jednostavan način prikupljanja podataka, a da vrijeme ne bi opteretilo pacijente i liječnike. Nosivi uređaji mogli bi biti način premještanja klinike u kuću i mogli bi biti posebno korisni za praćenje starijih i kroničnih bolesnika. Razvoj ovih uređaja smanjit će troškove zdravstvenog sustava i omogućiti liječnicima da više vremena provode s pacijentima. Ovi uređaji mogu biti jednostavni poput pametnih satova koji su već prilično prisutni.



Nosivi uređaj. Preštampano iz iMedicalApps, Giunti G., 2014.r

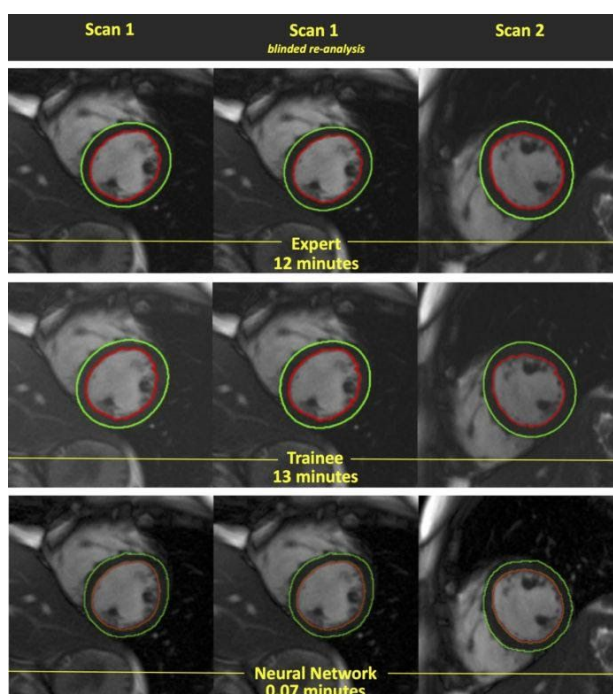
Izvor: www.imedicalapps.com

U većini slučajeva nadzirano strojno učenje koristi se za prethodno definiranu klasifikaciju, dok se nenadzirano strojno učenje uglavnom koristi za izoštravanje signala ili za grupiranje podataka u skupine. Na primjer, nenadzirani model strojnog učenja može se koristiti za izdvajanje fetalnog QRS kompleksa iz majčinog EKG-a ili za grupiranje EKG-signala u Holterovim zapisima. Često postoji kombinacija nadziranog i nenadgledanog učenja za obradu složenih podataka na najbolji mogući način. Iz tog razloga nužna je interdisciplinarna suradnja kliničara, znanstvenika i informatičara.

Kao što je već rečeno, AI se sve više koristi za prepoznavanje slike i pokreta, a savršena metoda primjene je magnetska rezonancija (MRI). MRI je neinvazivni test koji se koristi za dijagnozu zdravstvenih stanja. MRI koristi snažno magnetsko polje, radio valove i računalo za izradu detaljnih slika unutarnjih tjelesnih struktura. MRI srca vrši se kako bi pomogao liječnicima u otkrivanju ili praćenju srčanih bolesti:

- procjena anatomije i funkcije srca, glavnih žila i okolnih struktura
-

- dijagnosticiranje kardiovaskularnih poremećaja poput karcinoma, infekcija i upalnih stanja
- procjena učinaka bolesti koronarnih arterija kao što su ograničeni protok krvi u srčanom mišiću i ožiljci nakon srčanog udara
- praćenje napredovanja određenih poremećaja tijekom vremena
- procjenjujući učinke kirurškog postupka
- procjena anatomije srca i krvnih žila u bolesnika s urođenom bolešću srca



Usporedba vremena između neuronske mreže i radiologa.

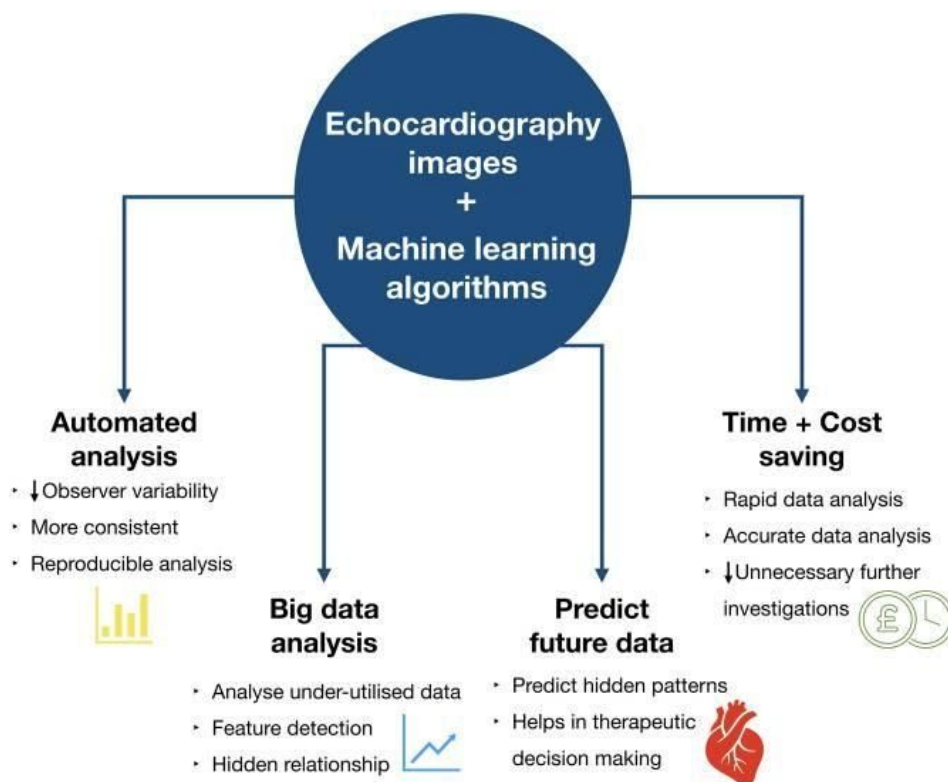
Cedit: Cardiology 2, 2019, preuzeto s www.cardiology2.com

Kao što vidimo sa slike 7., MRI je česta i važna metoda koja se koristi u procesu dijagnosticiranja i praćenja napretka kardiovaskularnih bolesti. Mnoge kritične kliničke odluke (poput vremena srčane kirurgije, implantacije defibrilatora i terapijskog liječenja) oslanjaju se na točnu interpretaciju MRI snimanja. Prema novom istraživanju, srčana MRI analiza može se provesti 186 puta brže od ljudi kada se koristi automatizirano strojno učenje. Što znači da

bi korištenje AI za analizu skeniranja moglo dovesti do uštede dana u godini za svakog liječnika. Liječnici ovo vrijeme mogu iskoristiti za više razgovore s pacijentima i upoznavanje njihovih problema kako bi još više poboljšali zdravstvenu zaštitu s ovim dodatnim informacijama. Mnogi ML modeli već su razvijeni za analizu rezultata snimanja magnetske rezonancije srca (MRI) kako bi se precizno predvidjelo za svakog pacijenta. Jedan od njih uspio je izmjeriti kretanje 30 000 točaka koje su označene na srčanim strukturama u svakom otkucaju srca. Kada kombinira ove podatke sa zdravstvenim kartonima pacijenata, softver može predvidjeti abnormalna stanja koja će dovesti do smrti pacijenta. Točnost predviđanja softvera bila je daleko veća od predviđanja liječnika. Druga skupina znanstvenika koristila je algoritam dubokog učenja za automatsku segmentaciju endokarda i epikarda desne i lijeve klijetke za mjerenje srčane mase i funkcije. I popis se nastavlja - o toj je temi već objavljeno podosta studija. Većina njih obećava potencijal AI u zdravstvu. Međutim, unatoč značajnom napretku i dobrim rezultatima, još uvijek postoje određena ograničenja i problemi prilikom primjene ovih tehnologija u kliničkoj praksi. Većina algoritama pokazuje zadovoljavajuće rezultate, ali samo unutar baze podataka koja se koristi za izradu algoritma. To praktički znači da su algoritmi ograničeni i da se ne mogu primijeniti izvan određenih okvira.

Druga metoda koja igra vitalnu ulogu u dijagnozi i procjeni bolesnika s KVB je ehokardiografija. To je ultrazvuk srca. Ehokardiografija je standardna jer je neinvazivna, a opet vrlo informativna. Glavni nedostatak je taj što analiza u velikoj mjeri ovisi o operateru, a treba i puno vremena liječnika. Trenutne smjernice zahtijevaju preciznu kvantifikaciju i tumačenje, što za neiskusne liječnike može biti dugotrajno, pa čak i teško. Da bi se izbjegle takve situacije (slika 8.) i poboljšala točnost i kvaliteta zdravstvene zaštite, povećavaju se istraživanja na polju AI modela koji će moći analizirati ehokardiograme. Iako je primjena AI na ehokardiografiji u ranoj fazi, nekoliko je aplikacija već razvijeno. Ovi modeli uglavnom obuhvaćaju prepoznavanje, klasifikaciju i kvantifikaciju slika. Drugim riječima,

sav posao koji traje nekoliko minuta ili čak sati sati liječnika algoritmi mogu obaviti u samo nekoliko sekundi.



Prednosti strojnog učenja uz pomoć interpretacije ehokardiografije.

Preštampano iz "Umjetna inteligencija i ehokardiografija", Alsharqi M. i sur., 2018, Echo Research and Practice, 5, 4.

Govoreći o slikovnim postupcima, ne možemo isključiti računalnu tomografiju (CT). CT je slikovni postupak koji daje slike određenih područja pomoću računalno obrađenih rendgenskih mjerenja snimljenih iz različitih kutova. Omogućuje nam da vidimo anatomiju organa bez operacije. U posljednjih 50 godina ova je metoda postala jedan od vodećih medicinskih postupaka za prevenciju i probir bolesti. U kardiologiji se uglavnom koristi za koronarnu CT angiografiju koja je nužno ispitivanje stanja koronarnih arterija i za koronarnu CT pretragu kalcija - tražeći naslage kalcija u koronarnim arterijama koje mogu suziti žile i povećati rizik od srčanog udara. Zadaci za

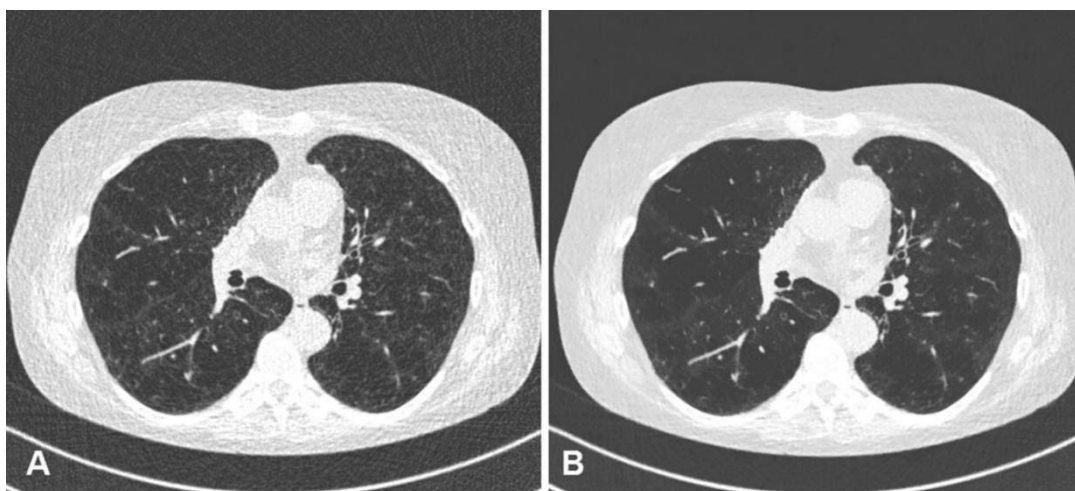
koje je razvijen najveći broj algoritama i kojima je najviše pažnje posvećeno u području srčanog CT-a su:

poboljšanje slike - neki algoritmi dubinskog učenja mogu poboljšati kvalitetu slike ili se koriste za pretvaranje nekontrastnog CT-a u kontrastne CT skeniranje. Glavni razlog za razvoj ove vrste algoritma je povećana izloženost zračenju društvu, što može biti posebno problematično za mlađe pacijente. Korištenje niže doze zračenja daje nam slike niske kvalitete. Cilj je poboljšati modele koji koriste algoritme umjetne inteligencije tako da se mogu koristiti niže doze zračenja uz zadržavanje iste kvalitete slike.

Dijagnostička klasifikacija - koristi se za utvrđivanje prisutnosti srčanih bolesti, poput bolesti koronarnih arterija koja je jedan od vodećih uzroka smrtnosti u svijetu. AI algoritmi mogu promatrati neke stvari koje su nevidljive ljudskom oku. Algoritmi analiziraju hemodinamske promjene i procjenjuju stablo koronarnih arterija. Poboljšana analiza može dovesti do ranog otkrivanja, što je primarni cilj.

Otkrivanje i segmentacija objekata - uglavnom se temelji na označavanju svakog piksela bilo da pripada ciljnom objektu ili ne. Primjerice, najčešći je zadatak segmentacija kalcija u koronarnim arterijama (CAC), snažnog prediktora za srčane događaje.

Prognoza i predviđanje ishoda - CT snimanja obično se kombiniraju s nekim drugim ulaznim podacima za predviđanje smrtnosti i rizika od CVD događaja, slika 9.



Primjer smanjenja šuma s DL algoritmom. (A) CT dojke s malim dozama, (B) CT slike dojke s niskim dozama generiranim AI algoritmom. Ponovljeno iz "Primjena umjetne inteligencije u srčanom CT-u: Od osnova do kliničke prakse", autora Van den Oever L.B. i sur., 2020, Europski časopis za radiologiju, 128.

Ti se zadaci često kombiniraju. Na primjer, izračunavanje CAC-a postupak je segmentacije, ali rezultat se može koristiti za prognozu. Primjena AI u srčani CT može riješiti višestruke probleme – može smanjiti izloženost zračenju, uštedjeti vrijeme, dati ranu i precizniju dijagnozu.

Elektronički zdravstveni kartoni (EHR)

Analiza svih ovih skeniranja može biti vrlo informativna, ali također je bitno te informacije staviti u kontekst. Što to znači za određenog pacijenta? Koji je sljedeći korak? Odgovor je da podatke dobivene analizom slika želimo nadograditi informacijama iz zdravstvenih kartona. To će nam dati bolji uvid u moguće dijagnoze i u konačnici biti presudno u određivanju daljnjeg liječenja. Da bi se automatizirao postupak pregleda zdravstvenih kartona, potrebno je posvuda uvesti elektroničke zdravstvene kartone (EHR). EHR-ovi su obećavajući izvori podataka i imaju potencijal olakšati pristup medicinskim podacima. Podaci koji mogu biti dijelom EHR-a su povijest lijekova, prošla medicinska povijest, fizička procjena, bilješke o njezi i plan njege, prisutni simptomi, način života, ranije dijagnoze, rezultati

ispitivanja, postupci, slikovni podaci, liječenje, otpuštanje, imunizacija i tako dalje. U budućnosti će biti potrebno uključiti još više informacija u sustave EHR-a, poput elektroničkih intervju, samodokumentacije i sestrinske dokumentacije. Novi EHR sustavi mogu minimizirati potrebu za dvostrukim prikupljanjem podataka i mogu integrirati veliku količinu informacija nakupljenih tijekom života pacijenta. Postoje čak i sustavi koji mogu povezati druge skupove podataka, poput općeg istraživanja zdravlja stanovništva i načina života, registra bolesti, obrazovnih podataka, socijalne skrbi i različitih, s EHR-om za svakog pacijenta pojedinačno. EHR sustavi mogu se uključiti u mnoga područja zdravstvene zaštite - od svakodnevne uporabe u kliničkoj praksi do istraživanja.

Neke od primjena EHR-a u istraživanju mogu biti epidemiološka i promatračka istraživanja, nadzor sigurnosti, regulatorne svrhe i klinička istraživanja. Korištenje EHR-a za procjenu izvedivosti ispitivanja i olakšavanje zapošljavanja pacijenata već je prihvaćena aplikacija. Izdvajanje podataka iz EHR-a može olakšati i učinkovitije zapošljavanje pacijenata dobivanjem najbolje moguće ciljne skupine pacijenata na temelju podataka EHR-a.

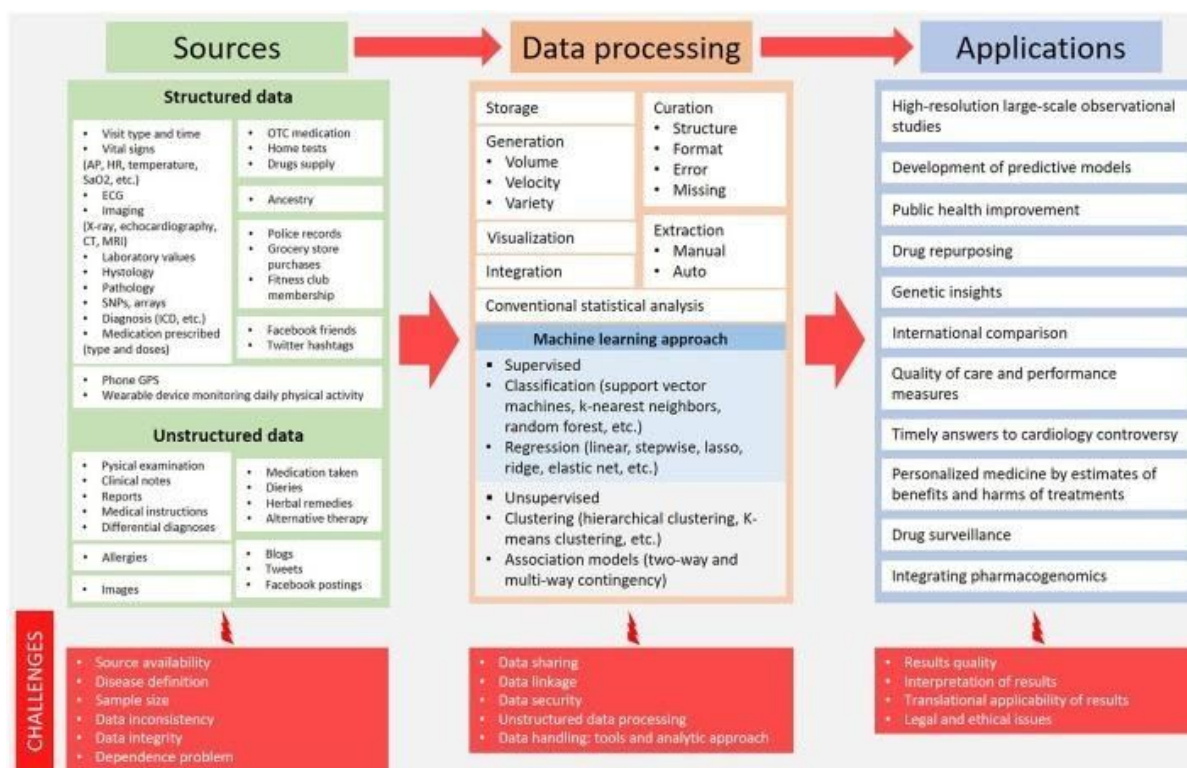
Korištenje EHR-a u kliničkoj praksi može se poboljšati upotrebom modela dubokog učenja. Primjenom DL modela moguće je koristiti podatke EHR-a za otkrivanje ili klasifikaciju bolesti, predviđanje kliničkih događaja, izvođenje reprezentacije kliničkih koncepata, pa čak i povećanje podataka. Ovisno o zadatku, potrebno je odabrati najprikladniji model koji će dati najbolje rezultate. Danas već postoji nekoliko različitih modela neuronske mreže koji se mogu primijeniti u takvim situacijama.

Klasifikacija bolesti - glavni je cilj razviti modele za povezivanje ulaznih podataka EHR-a s izlaznim ciljem bolesti koristeći više slojeva neuronskih mreža. Moguće je koristiti skupove podataka specifične za bolest kao što su kognitivne procjene, vitalni znakovi, medicinske slike i početak bolesti. Kombinacijom svih ovih informacija neuronske mreže mogu otkriti povezanost podataka i na temelju njih klasificirati bolesti.

Predviđanje kliničkih događaja - neuronske mreže uspostavljaju vezu između povijesti bolesti pacijenta i budućih događaja. Moguće je izraditi prediktivne modele budućih događaja, na primjer, smrtnost, što je posebno važno u kardiovaskularnoj skrbi, jer su KVB prvi uzrok smrtnosti na svijetu.

Ugrađivanje koncepta - neuronske mreže mogu se koristiti za mapiranje podataka EHR-a u fenotip od interesa. U tu se svrhu uglavnom koriste nenadzirani modeli bez naljepnica, ali bitno je koristiti masovne EHR baze podataka. Svaki se EHR sastoji od slijeda posjeta, dok svaki posjet uključuje više medicinskih konceptata (dijagnoza, postupak, kodovi lijekova). Ova hijerarhija diktira dizajn modela koji mogu tražiti informacije i u sekvencijalnoj prirodi posjeta i u istovremenom pojavljivanju kodova unutar posjeta.

Povećavanje podataka - uključuje tehnike sinteze i generiranja podataka. Napredom tehnologije moguće je dobiti sintetičke podatke usporedive sa stvarnim podacima.



Veliki pregled zdravstvenih podataka. Pretisak iz „Veliki zdravstveni podaci i kardiovaskularne bolesti: izazov za istraživanje, prilika za kliničku skrb“, Silverio A. i sur., 2019, Granice u medicini, 6.

Dubinsko učenje može podići sirovu obradu podataka na novu razinu, umanjujući potrebu za prethodnom obradom i inženjeringom značajki. DL modeli izvrstan su alat za prepoznavanje bolesti ili predviđanje kliničkih događaja i ishoda s obzirom na podatke iz vremenskih serija. Međutim, iako postoje mnoge prednosti primjene DL modela, prisutno je nekoliko izazova. Prije svega, kvalitetu podataka i oznaka i dalje treba poboljšati. Količina ne znači ništa ako podaci koje imamo nisu kvalitetni, u tom će ih slučaju biti teško ili čak nemoguće koristiti. Kvaliteta podataka i provjera valjanosti posebno su presudni u primjeni EHR-a u kliničkim ispitivanjima. Pogreške u EHR-ima mogu se pojaviti iz nekoliko razloga, uključujući zauzeto opterećenje osoblja ili sustav koji nije prilagođen korisnicima. Naglašavanje važnosti održavanja točnih i preciznih EHR-a ključno je za povećanje kvalitete podataka kojima ćemo kasnije raspolagati. Ono što je također veliki problem je nepotpuno prikupljanje podataka, obično u regijama u kojima pacijenti dobivaju njegu od različitih pružatelja zdravstvenih usluga koji koriste različite EHR sustave koji nisu povezani ili čak primaju njegu od davatelja koji EHR uopće ne koristi. Heterogenost između sustava komplicira dijeljenje podataka jer različiti sustavi obično imaju razlike u kvaliteti i terminologiji. Dijeljenje informacija putem sustava presudan je korak za dobivanje cjelovite slike o zdravlju pacijenta i prihvaćanje liječnika kako bi razgovarali o tome koji postupci i lijekovi najbolje djeluju. Veliki korak naprijed za omogućavanje korištenja EHR-a u bolnicama i regijama bilo bi postizanje sporazuma o minimalnom skupu zajedničkih podataka. Međutim, čak i ako ima dovoljno kvalitetnih podataka, također postoji problem višemodalnosti podataka. Podaci EHR-a uključuju numeričke vrijednosti (npr. Laboratorijski testovi), tekstualne kliničke bilješke, podatke kontinuiranog praćenja (EKG, EEG), medicinske slike i kodove za dijagnozu, lijekove i postupke. Pronalaženje obrazaca među ovim multimodalnim podacima može poboljšati zdravstvenu zaštitu, ali istodobno može biti izazov razviti sustave zbog heterogenosti

podataka. Učenje s više zadataka rješenje je za ovaj problem, a to zahtijeva složenu arhitekturu algoritma.

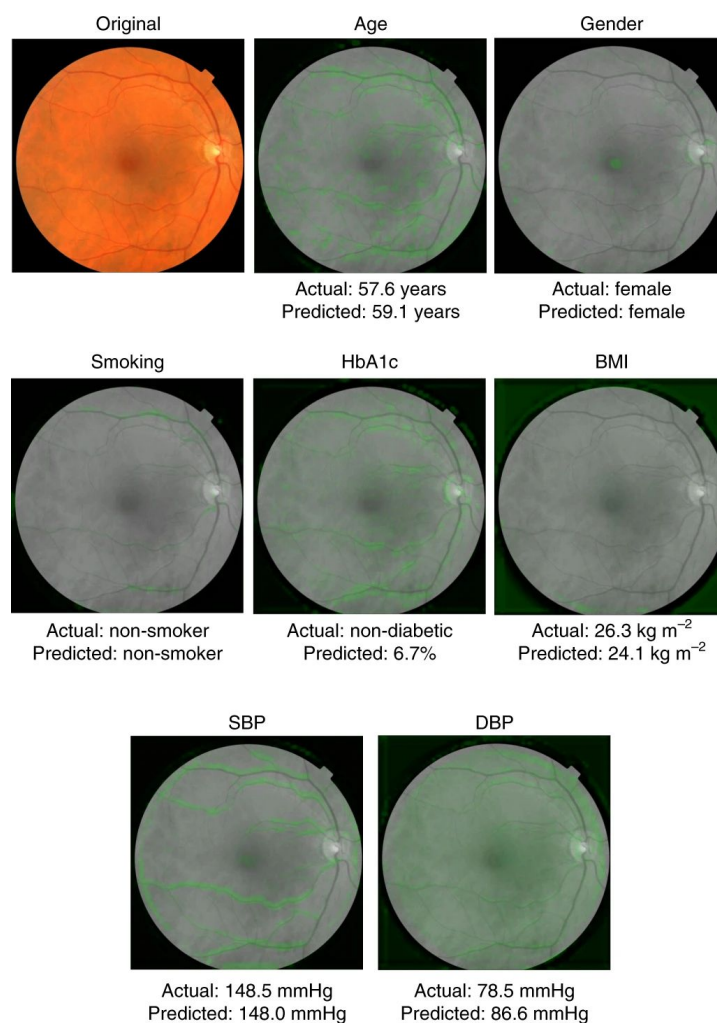
Također, vruća tema je i problem privatnosti podataka i etički pristup njima. Ljudi čuvaju svoju privatnost kontroliranim pristupom svojim podacima. Nužno je voditi brigu o sigurnosti podataka o pacijentu i kontrolirati kome su ti podaci dostupni. Nekoliko je projekata nedavno izazvalo popularne reakcije kada su podaci podijeljeni s velikim korporacijama koje već imaju određene skandale oko razmjene informacija, poput Googlea i Amazona. Međutim, treba razmotriti potencijalne koristi dijeljenja podataka i primjene EHR-a za cijelu zajednicu.

Kada je riječ o KVB, zbog globalnog tereta, ključno je ulagati u održive zdravstvene i istraživačke politike. Velika nejednakost između potrebe za podacima i stvarnih resursa naglašava važnost razvoja novih obrazaca koji će omogućiti ekonomičnu analizu velike količine informacija u vezi sa KVB-ima. Korištenje naprednih sustava koji će omogućiti cjelovitu analizu dostupnih podataka poboljšat će zdravstvenu zaštitu, ali time i smanjiti troškove uzrokovane ponovljenim postupcima i pretragama, medicinskim pogreškama, pogrešnom dijagnozom ili pogrešnom terapijom. Svatko od nas trebao bi biti uključen u prikupljanje, ali i dijeljenje podataka na što precizniji način i koji se lako može koristiti. Do sada EHR-ovi nisu u potpunosti iskoristili svoj potencijal, ali identificiranjem problema i poboljšanjem sustava možda će to biti način da se do njih dođe.

Kardiovaskularni rizik i skeniranje mrežnice

Stratifikacija rizika ključna je za identificiranje i upravljanje rizičnim bolesnicima za KVB. Većina ranije spomenutih kalkulatora rizika od KVB široko je raširena, ali postoji težnja za njihovim poboljšanjem. Važne fenotipske informacije su one o zdravlju krvnih žila; te informacije mogu dodatno poboljšati predviđanje rizika. Zbog velikog interesa za pronalaženjem boljih i jednostavnijih načina za utvrđivanje rizika od KVB, razvijen je neobičan algoritam. To je DL algoritam koji analizira sliku mrežnice. Cilj je bio istražiti mogu li slike mrežnice dati signale povezane s kardiovaskularnim rizikom.

Prednosti ove metode su brza, jeftina i neinvazivna, dok većina ostalih kalkulatora i algoritama zahtijeva krvne pretrage. Oznake kardiovaskularnih bolesti, poput hipertenzije i kolesterolskih embolija, često se mogu očitovati u oku. Prilikom razvoja algoritma, znanstvenici su također izdvojili toplinske karte koje pokazuju točno koje su anatomske značajke uzete u obzir prilikom donošenja odluke. Drugim riječima, na crno-bijelim slikama mrežnice područja koja je model neuronske mreže koristio označena su zelenom bojom. Na temelju slike algoritam je uspio predvidjeti spol, dob, status pušenja, BMI, sistolički krvni tlak, dijastolički krvni tlak i glavne štetne srčane događaje. Fascinantno je da je ovaj algoritam bio precizniji u određivanju spola na slici mrežnice nego što bi to bio slučaj kod većine ljudi gledajući osobu. Naravno, nema potrebe za primjenom ovog algoritma za određivanje spola pacijenata, ali o zapanjujućoj moći umjetne inteligencije da poboljša kardiologiju treba razmišljati.



Mape pažnje za sliku fundusa mrežnice. U gornjem lijevom kutu nalazi se uzorak retinalne slike u boji iz skupa podataka UK Biobank.

Preostale slike (slika 11.) prikazuju istu retinalnu sliku u crno-bijelim, zelenim područjima toplinske karte prikazuju područja koja model neuronske mreže koristi za predviđanje slike. Preštampano iz „Predviđanja čimbenika kardiovaskularnog rizika na fotografijama očnog dna mrežnice dubokim učenjem“, Poplin R. i sur., 2018, Nature Biomedical Engineering, 2, 3.

Pametni telefoni i kardiologija

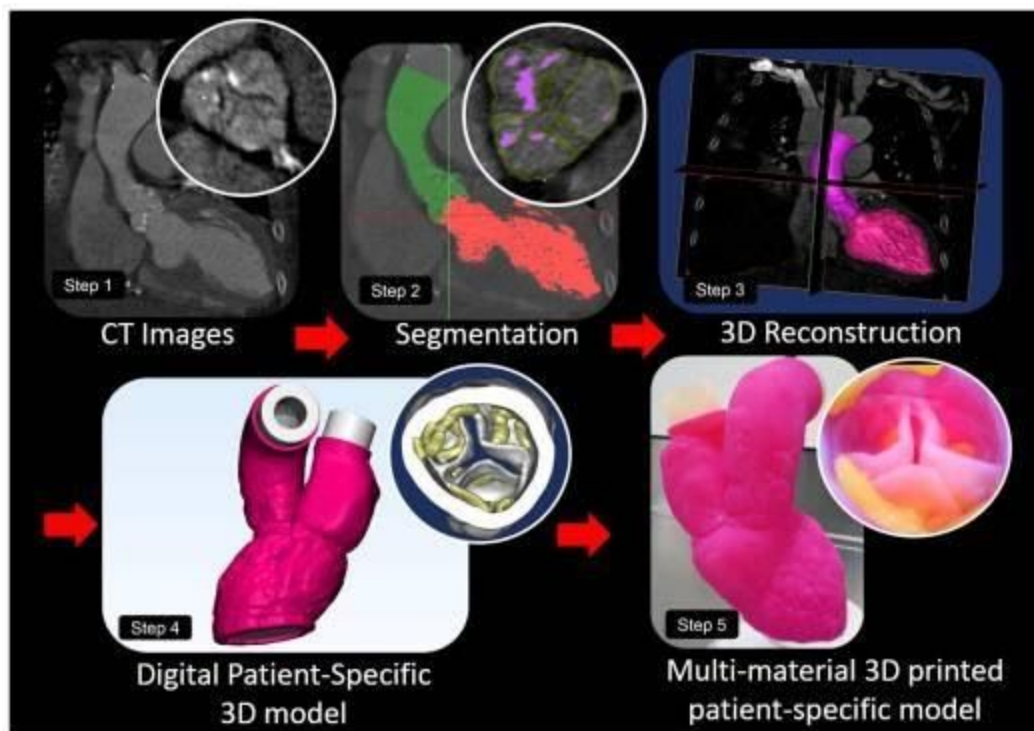
Pametni telefoni i tableti postali su osnovni uređaji za korisnike posljednjih godina i to je razlog zašto svi pokušavaju utjecati na te korisnike na najbolji mogući način. Ni kardiologija se ne razlikuje – razvijeno je puno aplikacija i sustava za kardiovaskularne bolesnike i one koji žele poboljšati svoje zdravlje srca. Mobilna tehnologija može povećati učinkovitost prevencije KVB. Uglavnom se suočavamo s mobilnim sustavima za nadzor srca i vitalnih znakova, poput praćenja krvnog tlaka i praćenja otkucaja srca, te medicinskim kalkulatorima. To su alati stvoreni kako bi olakšali čuvanje podataka pacijentima i informirali ih ako im nešto nije u redu sa srcem. Postoje i neki mobilni sustavi za rehabilitaciju srca, mjerenje krvnog tlaka i upute za KPR. Kao što je već spomenuto, razvoj vanjskih uređaja za nadzor je u porastu. Elektrode koje se mogu povezati na pametne telefone zatim mjere EKG i puls. Ti se podaci potom mogu pohraniti na telefon i pomoći liječnicima u liječenju pacijenata. Sada sve više i više pametnih telefona dolazi sa zdravstvenom aplikacijom u kojoj se krvni tlak, puls i drugi simptomi mogu bilježiti kao vrsta digitalnog dnevnika. Budući da je tjelesna aktivnost važna za zdravlje srca, razvijene su neke fitnes aplikacije specijalizirane za bolesnike s CV-om. Ovo je samo još jedan dokaz koliko je problem smrtnosti od KVB kritičan, a puno je tehnologija i istraživanja uključeno u napredak kardiologije. Pametni telefoni također su prisutni u siromašnim socioekonomskim društvima, što znači da bi mobilne aplikacije povezane sa zdravljem mogle pružiti priliku za prevladavanje prepreka pristupu kardiološkoj skrbi u tim područjima. No, povećani broj jeftinih aplikacija povezanih sa zdravljem također otvara neka pitanja o kvaliteti i relevantnosti istih. Razvijaju li se aplikacije prema medicini koja se temelji na dokazima i u suradnji s kardiolozima? Jesu li korisni? Mobilna tehnologija može biti izvrstan alat, ali svejedno moramo biti oprezni dok je koristimo.

Trodimenzijski (3D) tisak u kardiologiji

Trodimenzijski tisak, poznat i kao aditivna proizvodnja, tehnika je koja se koristi za izradu fizičkih modela od digitalnih. To je računalno kontrolirana konstrukcija 3D objekta nanošenjem sloja po sloju. Mogućnosti primjene 3D printanja u kardiologiji su brojne, ali sve započinje sa slikanjem. CT i MRI snimke osnova su za razvoj digitalnih modela koji će se potom ispisati. Cilj je stvoriti 3D model specifičan za pacijenta pomoću CT, MRI i 3D ehokardiografskih skupova podataka o pacijentu. Segmentacija slike ili određivanje piksela kojoj anatomskej jedinici ključan je korak u razvoju digitalnog modela. Kombiniranje slika iz različitih kutova dobivenih različitim metodama omogućuje stvaranje preciznijeg modela. CT ima prednost jer može slikati pacijente s elektrostimulatorima srca i drugim metalnim implantatima, dok MRI nije kompatibilan s njim.

S druge strane, MRI se široko koristi za modeliranje urođenih srca i krvnih žila i intrakardijalnih tumora. Ovaj 3D digitalni model može se kasnije izmijeniti u okviru softvera za računalno potpomognuto dizajniranje (CAD) na takav način da se promjenom boja i materijala ističu željene razlike između regija, ovisno o tome za što ćemo model koristiti. Na primjer, moguće je ispisati svaku regiju srca u drugoj boji ili čak ispisati je u prozirne materijale, tako da je lakše vidjeti unutrašnjost modela srca. Postoji nekoliko različitih tehnologija 3D ispisa koje se mogu koristiti u medicinske svrhe, a koju odabrati, ovisi o tome za koji će se model koristiti. Također, istraživanje materijala za 3D ispis brzo napreduje tako da su materijali koji mogu oponašati mehanička svojstva nekih srčanih tkiva već dostupni. Veliko je pitanje u tome što još uvijek nije moguće postići punu funkcionalnost modela, ali tome pristupamo s biotiskom. Problem klasičnih materijala je taj što im nedostaje puno značajki stvarnog tkiva (poput kontraktilnosti i vodljivosti), pa se mogu koristiti samo za razvijanje obrazovnih alata i pomagala. Nove tehnike nude mogućnost biotiska, što znači da umjesto krutih materijala koristi stanice i druge bioaktivne čimbenike za stvaranje funkcionalnih živih konstrukcija. Te složene arhitekture mogu se koristiti za farmaceutske studije i regeneraciju tkiva.

Kardiovaskularni biootisak još je u povojima, ali ima svijetlu budućnost.



Koraci u 3D tiskanom modeliranju anatomije specifične za pacijenta.

Preštampano iz "Cardiac 3D Printing and Future Directions", Vukičević M. i sur., 2017, JACC: Cardiovascular Imaging, 10, 2.

Jednom razvijeni i otisnuti, ovi 3D modeli ispisani za pacijenta mogu se koristiti u više svrha, kao što su:

Anatomske nastavni alati - stvaranje modela za anatomske nastavu i demonstraciju može biti korisno za podučavanje medicinskih stručnjaka o nekim specifičnim srčanim abnormalnostima. Ipak, pružatelji zdravstvenih usluga također ga mogu koristiti za edukaciju pacijenata o njihovim stanjima. Fizički model koji se može koristiti za učinkovitije objašnjenje anatomske deformacije izvrstan je način za poboljšanje komunikacije između liječnika i pacijenta.

Ako želite čuti koliko je korisno za pacijente, možete pogledati ovaj video:

★ [Kako kardiolozi koriste 3D ispis kako bi spasili sićušne živote \(eng. How cardiologists use 3D printing to save tiny lives\)](#)

Video 3. "Kako kardiolozi koriste 3D ispis kako bi spasili sićušne živote", YouTube, prenio Gizmodo Australia, 16. srpnja 2018.

Funkcionalni modeli protoka - neki uvjeti remete idealan protok krvi kroz srce, a to može uzrokovati probleme ako se na vrijeme ne liječi. Ponekad je izazov vizualizirati protok krvi pomoću 2D i 3D skeniranja, pa ispis funkcionalnih modela daje bolji uvid u protok krvi. Ovi se modeli često tiskaju od prozirnih materijala, pa je lakše vizualizirati složenu dinamiku protoka.

Proceduralno planiranje - primjena 3D printanja koja se uglavnom koristi za pacijente s urođenim kardiovaskularnim bolestima, jer njihovo srce obično ima složenu i jedinstvenu anatomsku strukturu. 3D tiskani modeli mogu pružiti precizniji i neposredniji uvid u stanje pojedinog pacijenta, što može biti presudno u planiranju postupka. Također se koristi za preoperativno i intraoperativno kirurško upravljanje postavljanjem implantata i srčanim tumorom. Korištenjem različitih boja i materijala moguće je točno odvojiti tkivo tumora od okolnog tkiva, što je teško postići 2D i 3D skeniranjem.

Evo videozapisa koji prikazuje stvarni slučaj primjene 3D modela srca u planiranju kirurgije:

★ [Kako 3D ispis revolucionira kirurgiju srca \(eng. How 3D printing is revolutionizing heart surgery\)](#)

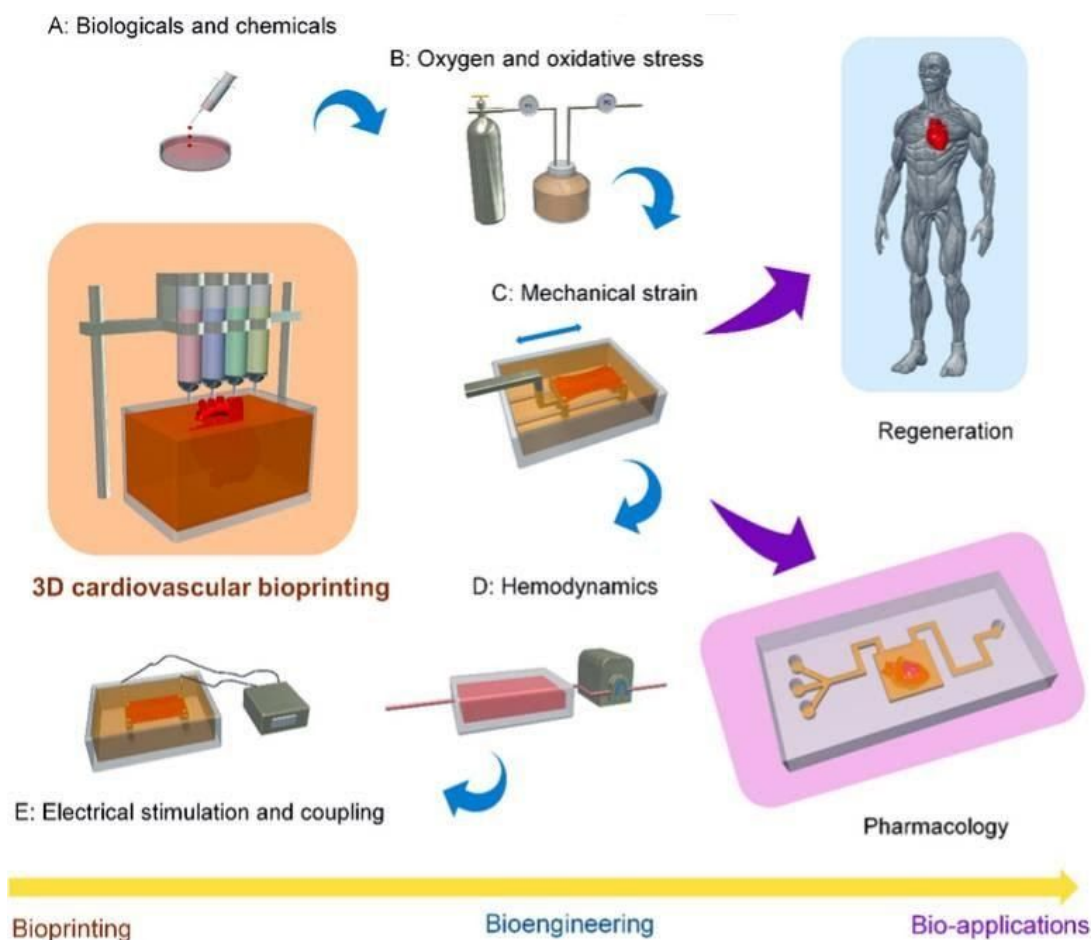
Video 4. "Kako 3D-ispis revolucionira kirurgiju srca", YouTube, prenio Freethink, 3. siječnja 2019.

Inovacija uređaja - posebno značajna za razvoj uređaja za zamjenu mitralnog zaliska transkatetera. Za ovaj postupak važno je znati specifične anatomske značajke svakog pacijenta kako bi postupak bio

što uspješniji. Stvaranje anatomske točne i deformabilne 3D modele omogućuje procjenu utjecaja anatomske strukture na implantaciju uređaja, ali i utjecaja uređaja na native strukture.

Farmakološka studija - ideja je pomoću bioprinta razviti model kardiovaskularnog sustava koji će se koristiti za in vitro istraživanje. In vitro studije potrebne su za početnu prekliničku fazu razvoja novog lijeka kada se utvrđuje njegova toksičnost i interakcije s ciljevima. Obično se koriste klasične 2D i 3D stanične kulture. Ipak, bioprintom je moguće razviti modele koji će se bolje odražavati u uvjetima in vivo i na taj način poboljšati točnost studije. 3D biootisak omogućuje stvaranje sustava koji imaju i neke funkcionalne značajke kardiovaskularnog sustava, poput kontraktilnosti, što može biti vrlo važno u farmakološkim studijama.

Regeneracija - istraživanje mogućih primjena bioprinta na polju regeneracije tkiva usredotočeno je na miokardij, srčane zaliske i vaskulaciju. Kardiovaskularni implantati mogu se izrađivati od sintetičkih ili bioloških materijala. U svakom slučaju, implantati moraju udovoljavati anatomske i fiziološke karakteristike pacijentovog tkiva. Ovo je vrlo izazovno područje koje tek treba dosegnuti svoj vrhunac, ali s razvojem materijala i tehnologije može se očekivati napredak.



Shematski dijagram tehnika, bioinženjerskih metoda i primjena 3D kardiovaskularnog biootiska u regeneraciji i farmakologiji. Preštampano iz "3D bioprinta za kardiovaskularnu regeneraciju i farmakologiju", Cui H. i sur., 2018, Advanced Drug Delivery Reviews, 132

Kao što vidimo, 3D ispis može poboljšati kardiovaskularnu njegu, ali još uvijek nema studija koje sustavno i kvantitativno prate utjecaj 3D ispisa na kvalitetu njege. Ipak, većina kardiologa pozitivno reagira na upotrebu 3D modela, kao i većina pacijenata koji su imali priliku susresti se s ovom tehnologijom. Bez obzira na studije, pozitivne povratne informacije liječnika i pacijenata već dovoljno govore o prednostima ove tehnologije. Budućnost srčanog 3D ispisa definitivno će biti zanimljivo pratiti. Primjena 3D printanja u liječenju kongenitalnih bolesti srca, kirurško planiranje, razvoj proteza i

uređaja specifičnih za pacijenta te mnoga druga područja mogu promijeniti način kardiovaskularnih intervencija.

Virtualna stvarnost za rehabilitaciju moždanog udara

Nakon moždanog udara mnogi pacijenti imaju poteškoće u kretanju, govoru, razmišljanju i ostalim motoričkim i kognitivnim sposobnostima. Sve ove smetnje mogu stvoriti probleme u vođenju redovitog svakodnevnog života. Virtualna stvarnost (VR) i interaktivne video igre sve se više koriste kao terapija nakon moždanog udara za poboljšanje lokomotornog sustava i kognitivnog razmišljanja. Virtualna stvarnost koristi interaktivne računalne simulacije za korisnike koji se mogu uključiti u virtualna okruženja i događaje. Terapija je osmišljena tako da simulira situacije iz stvarnog života koristeći virtualno okruženje i tako stvara vježbe koje nisu izvedive u bolničkom okruženju, poput prelaska ulice. VR i video igre mogu pružiti dodanu vrijednost terapiji koju tradicionalna terapija ne nudi, a mogu omogućiti i dulje trajanje terapije, jer ne zahtijeva toliko vremena za zdravstvene radnike kao redovita terapija.

Mnogo je primjera već razvijenih uređaja i programa koji se širom svijeta koriste za rehabilitaciju moždanog udara. Ovo je samo jedan takav primjer:

★ [Reality \(VR\) i rewelliiov inovativni softver za terapiju moždanog udara \(eng. Reality \(VR\) and rewellio's innovative stroke therapy software\)](#)

Video 5. „Virtualna stvarnost (VR) i rewelliiov inovativni softver za terapiju moždanog udara“, YouTube, prenio Rewellio GmbH, 13. prosinca 2018.

Većina ih je usredotočena na povratak funkcije gornjih udova jer je to vrlo česta posljedica moždanog udara koji je veliki problem u svakodnevnom životu. Ali postoje i mnogi drugi programi, ne samo za funkciju gornjih udova.

VR ima potencijal pružiti pacijentima virtualne zadatke za poboljšanje rješavanja problema i drugih vještina nakon moždanog udara. Zadaci često uključuju interakciju s virtualnim okruženjem pomoću navigacijske tipke, konzole, kamere, senzora pokreta ili nekog drugog uređaja koji omogućuje pacijentu da se uključi. Danas se igraće konzole koje su prvenstveno razvijene za rekreativnu upotrebu, poput Nintendo Wii, PlayStation i drugih, također sve više koriste za terapiju. Te konzole nude platformu za provedbu programa za rehabilitaciju moždanog udara. Cilj je angažirati pacijenta i omogućiti mu što više različitih zadataka za poboljšanje različitih funkcija – ravnoteže, držanja, hoda, brzine hodanja, razmišljanja, rješavanja problema i mnogih drugih. Iako se ova vrsta terapije još uvijek ne koristi rutinski, njezin ogroman potencijal za poboljšanje zdravstvene zaštite za pacijente s moždanim udarom nije zanemariv. Studije još uvijek ne pokazuju superiornost VR-a u odnosu na tradicionalnu terapiju, ali identificirana su određena područja u kojima VR ipak nudi bolje ishode od tradicionalne terapije. To je područje koje će se s vremenom dalje razvijati i biti sve prisutnije u kliničkoj praksi.

POGLAVLJE 6

Uvod u strojno učenje

- - - - X

Ključne riječi

- **ML** = [strojno učenje]
- **SVC** = [klasifikacija vektora potpore]
- **SVR** = [potpora vektorskoj regresiji]
- **DNN** = [duboka neuronska mreža]

Strojno učenje (ML) podpolje je umjetne inteligencije koje računalima daje mogućnost učenja bez izričitog programiranja. Ovaj proces uključuje razvoj algoritama koji prilagođavaju svoje modele kako bi poboljšali njihovu sposobnost predviđanja. Kažemo da program koristi strojno učenje ako se poboljšava u rješavanju problema iskustvom.

Postoje dvije vrste strojnog učenja: nenadzirano i nadzirano. Uglavnom se koristi nadzirano strojno učenje. Glavna razlika između nadziranog i nenadgledanog ML-a je u tome što u nadziranom ML-u moramo označavati podatke. U nadziranoj ML dali smo specifičnom algoritmu skup podataka u kojem su dati „točni odgovori“ i na temelju toga možemo vidjeti je li algoritam pravilno klasificirao uzorke na skupu podataka. Primjer nadziranog ML algoritma je gledanje medicinske dokumentacije, a mi pokušavamo predvidjeti rak kao maligni ili benigni. Nenadgledani algoritmi strojnog učenja uglavnom su algoritmi klasteriranja koji se koriste za organiziranje velikih skupova podataka ili pronalaženje odstupanja. U nenadziranom algoritmu ML algoritmu dostavljamo neoznačene podatke, a računalo pokušava povezati podatke samostalnim izvlačenjem značajki i obrazaca. Primjer nenadgledanog algoritma ML jest kada uzmemo kolekciju različitih gena i pokušavamo pronaći način za automatsko grupiranje tih gena u skupine koje su donekle slične ili povezane različitim varijablama, poput životnog vijeka, na primjer.

Nadzirano strojno učenje

Nadzirano strojno učenje može se koristiti za regresiju ili klasifikaciju. Potrebno je podijeliti ulazni skup podataka na skup podataka za obuku i test. Obično je skup podataka o treningu oko 70-80% cijelog ulaznog skupa podataka, a ostatak je testni skup podataka. Na skupu podataka treninga, određeni algoritam uči kako označiti podatke ako se koristi algoritam klasifikacije, ili regresijski algoritam - učeći odnos između varijabli. U ovom ćemo dijelu reći više o većini korištenih nadziranih algoritama strojnog učenja: linearna regresija, logistička regresija, vektorski stroj podrške i neuronske mreže.

Linearna regresija

Linearna regresija model je koji se široko koristi za analizu višefaktorskih podataka. Pretpostavlja linearni odnos između ulaznih varijabli i pojedinačne izlazne varijable. Stoga se pomoću linearne regresije izlazna varijabla može izračunati linearnom kombinacijom ulaznih varijabli. Izlazna varijabla ponekad se naziva ovisnom jer se može predvidjeti analizom ulaznih varijabli, a ulazne varijable često se nazivaju neovisnim varijablama. Ako postoji jedna ulazna ili neovisna varijabla, metoda se naziva jednostavna linearna regresija, a ako postoji više ulaznih varijabli, metoda se naziva višestruka linearna regresija. Linearna regresija prikladna je kada ovisna varijabla ima linearni odnos prema neovisnoj varijabli. Sve regresijske metode koriste neovisne varijable za predviđanje ishoda ovisnih varijabli.

Jednostavna linearna regresija pronalazi korelaciju između neovisnih i ovisnih varijabli i stoga može predvidjeti ishod nove ovisne varijable. Linearna regresija ne može pronaći razliku između ovisne i neovisne varijable, pa se stoga ne može koristiti za rješavanje klasifikacijskih problema. Jednostavna linearna regresija pronalazi ravnu liniju, koja se naziva regresijska linija najmanjih kvadrata koja najbolje može opisati promatranja u skupu podataka. Formula za jednostavnu linearnu regresiju je $y = x\beta + \epsilon$, gdje je y ovisna varijabla koja može biti kontinuirana ili kategorička vrijednost, x je

neovisna varijabla koja uvijek ima kontinuiranu vrijednost, β je koeficijent regresije, a ε je konstanta.

Udio varijance u zavisnoj varijabli koji se predviđa iz neovisne varijable naziva se koeficijentom determinacije R^2 . Vrijednosti koeficijenta determinacije nalaze se u rasponu od 0 do 1. R^2 od 0 znači da se zavisna varijabla ne može izračunati iz neovisne varijable, a R^2 od 1 znači da se zavisna varijabla može izračunati iz neovisne varijable bez greška. R^2 koji se kreće između 0 i 1 predstavlja opseg predviđanja ovisne varijable iz neovisne varijable. Na primjer, ako je R^2 0,5, to znači da se 50% varijance zavisne varijable y predviđa iz neovisne varijable x . Linearna regresija može se koristiti za predviđanje vrijednosti poput cijena kuća, ocjena učenika na temelju skupova podataka koji sadrže varijable na temelju kojih možemo predvidjeti ove vrijednosti (površina kuće, ocjene učenika iz prethodne godine).

Standardna pogreška predstavlja prosječnu udaljenost na kojoj opažene vrijednosti padaju od regresijske crte. Stoga je standardna pogreška mjera prosječnog iznosa koji regresijska crta prekomjerno ili manje predviđa. Koeficijent utvrđivanja i standardna pogreška obrnuto su proporcionalni. Kako se koeficijent utvrđivanja povećava, standardna pogreška se smanjuje, pa stoga dobivamo točnija predviđanja.

Logistička regresija

Logistička regresija metoda je za klasificiranje podataka u diskretne ishode i danas se široko koristi kao jedan od najpopularnijih algoritama učenja. Linearnu regresiju nije dobro koristiti za klasifikacijske probleme, jer ovisna varijabla y koja se predviđa može biti veća od jedne ili manja od nule ako koristimo linearnu regresiju. Jedno od svojstava logističke regresije je da je izlaz logističke regresije uvijek između nule i jedan. Dakle, predviđanja u logističkoj regresiji nikada nisu veća od jedne ili manje od nule. Logistički model koristi se za probleme klasifikacije, poput pronalaženja vjerojatnosti postojanja određene klase ili događaja poput prolaska / neuspjeha, pobjede / poraza, živog / mrtvog ili zdravog / bolesnog. Ako pokušavamo izgraditi logistički regresijski klasifikator za predviđanje benignog ili zloćudnog tumora kože, tada na temelju nekih

značajki tumora poput veličine, boje ili oblika tumora kože, predviđena vrijednost y može biti jedna ako je zloćudna tumor, a jedan inače. Kada hipoteza daje neki broj, tretirat ćemo taj broj kao procijenjenu vjerojatnost da je y jednak jedinici na novom ulazu x . Na primjer, u našem primjeru s benignim i zloćudnim tumorom, ako hipoteza daje broj 0,8, postoji 80% šanse da je tumor zloćudan, a 20% vjerojatnost da nije maligni. Granica odluke razdvaja linija između dijela gdje hipoteza predviđa ovisnu varijablu kao onu od dijela gdje hipoteza predviđa da je ovisna varijabla jednaka nuli. Granica odluke svojstvo je hipoteze i parametara hipoteze i nije svojstvo skupa podataka. Funkcija troška uzima dva parametra na ulazu: funkciju hipoteze i izlaz. Trošak je kazna koju algoritam plaća ako je rezultat funkcije hipoteze netočan. Ako je predviđena vrijednost y jednaka jedinici, a rezultat funkcije hipoteze jednak jedinici, znači da je hipoteza točno predviđjela ovisnu varijablu, pa je tada trošak nula. Dakle, ako točno predvidimo izlaz, tada je trošak nula.

Kada primijenimo linearnu i logističku regresiju na određeni skup podataka, oni mogu imati problem s prekomjernom opremom zbog kojeg mogu imati vrlo lošu izvedbu. Pretjerano opremanje može nastati ako imamo previše značajki. Dakle, naučena hipoteza vrlo dobro odgovara skupu treninga, ali ne uspijeva generalizirati na novim primjerima. Ovaj je problem suprotan nedovoljnoj opremljenosti, gdje se naučena hipoteza loše uklapa u set treninga.

Ako imamo puno značajki i vrlo malo podataka o treningu, pretjerano opremanje može postati problem. Prekomjernu opremu možemo smanjiti smanjenjem broja značajki ili regularizacijom. Regularizacijom možemo zadržati sve značajke, ali smanjiti veličinu / vrijednosti parametara koji se koriste u linearnoj ili logističkoj regresiji. Ovaj pristup regularizaciji dobro funkcionira kada imamo puno značajki, od kojih svaka pomalo doprinosi predviđanju vrijednosti ovisne varijable.

Ako pokrenemo algoritam učenja i on ne uspije onako kako se nadamo, to će biti zato što imamo ili problem velike pristranosti ili problem velike varijance. Znati o kojem se problemu radi, presudno je za odgonetnuti kako poboljšati izvedbu algoritma učenja. Problemi s pristranošću ili nedovoljnom opremom obično su kada su pogreške

unakrsne provjere slične vrijednosti poput pogreške u treningu, jer u nedovoljnoj opremi već imamo visoku pogrešku u treningu. Problem varijance ili prekomjerne opreme je kada je pogreška u treningu vrlo niska jer je set treninga vrlo dobro opisan funkcijom hipoteze, pa je pogreška unakrsne provjere puno veća od pogreške u treningu.

Dubinsko učenje (duboka neuronska mreža)

Dubinsko učenje je područje strojnog učenja koje se sastoji od neuronske mreže s mnogo skrivenih slojeva. Modeli neuronskih mreža nadahnuti su načinom rada ljudskog mozga. Neuronske mreže su se široko koristile 80-ih i početkom 90-ih godina prošlog stoljeća, a njihova popularnost smanjila se krajem 90-ih. Danas se široko koriste u mnogim aplikacijama, budući da su nedavno računala postala dovoljno brza za pokretanje velikih neuronskih mreža. Neuronske mreže s jednim skrivenim slojem primjer su klasičnog algoritma strojnog učenja. Dubinsko učenje je umjetna neuronska mreža s više nelinearnih skrivenih slojeva i može se smatrati potkategorijom strojnog učenja. Sastoji se od ulaznog sloja, više skrivenih slojeva i izlaznog sloja. Tijekom procesa treninga, parametri težine arhitektura dubokog učenja optimizirani su u svakom sloju. Ovaj postupak rezultira učenjem najrelevantnijih podataka iz podataka. Mnogo se ponavlja postupak optimizacije na skupu treninga. Ova ponavljanja optimizacije potrebna su kako bi se pronašlo ispravno uklapanje parametara algoritma i kako bi mreža mogla naučiti iz skupa treninga kako bi kasnije mogla što točnije klasificirati podatke na testnom skupu ili bilo koje druge nove podatke.

Pojedinačni ciklus optimizacijskog postupka sastoji se od izračuna izlaza u svakom od slojeva i širenja tog izlaza u sljedećem sloju tako da se u konačnom izlaznom sloju mjeri pogreška između izlaza i zadanih oznaka. Signali pogrešaka u svakom koraku optimizacije se šire, a gradijenti se izračunavaju na temelju svih pondera. Sljedeći korak u optimizaciji je ažuriranje parametara težine pomoću algoritma za optimizaciju koji se temelji na stohastičkom gradijentnom spuštanju. Stohastički gradijentni spust izvodi ažuriranja za svaki mali niz primjera podataka. Izlazne vrijednosti sloja izračunavaju se množenjem ulaznog vektora koji se sastoji od izlaznih vrijednosti svakog čvora u

sloju s vektorom težine svakog od čvorova (jedinica) u sloju. Kao rezultat množenja dobivamo ponderirani zbroj. Konačne izlazne vrijednosti slojeva izračunavaju se primjenom nelinearnih funkcija (poput sigmoidne funkcije) na ponderirani zbroj.

Duboke neuronske mreže ili DNN najprikladniji su za analizu podataka visoke dimenzije. Jedna od širokih primjena DNN-a je prepoznavanje slika. Korištenjem DNN-a možemo pronaći nepoznate i apstraktne uzorke i korelacije u skupovima podataka, pa stoga možemo saznati više o podacima. Jedna od ključnih razlika između klasičnog strojnog učenja i dubokog učenja je ta što se klasični ML ne nosi dobro s podacima redaka i treba mu ljudska pomoć u postavljanju parametara. Suprotno tome, duboko učenje kad se pokrene može biti bez nadzora i ne možemo znati što se događa u skrivenim slojevima ili kako algoritam pronalazi veze između podataka.

Podrška vektorskom algoritmu

SVM je algoritam strojnog učenja za klasifikaciju. To je nadzirani algoritam ML koji može pronaći uzorke u velikim i složenim skupovima podataka. Ovaj se algoritam najviše koristi za rješavanje problema klasifikacije, na primjer za klasifikaciju tumora kao benignih ili malignih. Neuronske mreže (NN), algoritam koji se također koristi za izdvajanje složenih i nelinearnih odnosa između značajki, mogu dati pouzdane rezultate samo kada je dostupan veliki broj podataka. Zbog velikog broja podataka koji su korišteni za treniranje NN-a, često se opažalo prekomjerno prilagođavanje u aplikacijama koje su koristile NN. Prekomjerno prilagođavanje znači da algoritam izvršava izvrsno na skupu podataka o treningu, ali u testnom skupu podataka uočavaju se loši rezultati ili procjene. Zbog nedostataka NN-a ranih 1990-ih, SVM algoritam razvijen je kao druga opcija za nelinearne zadatke. Smatra se da uspjeh iza pružanja pouzdanih rezultata temeljenih na SVM-u leži u sposobnosti učenja uz mali broj značajki i visoku računalnu učinkovitost. SVM algoritmi mogu se podijeliti u dvije potkategorije: Podrška klasifikaciji vektora (SVC) i Podrška vektorskoj regresiji (SVR).

Linija koja dijeli skupinu uzoraka skupa podataka (nekoliko klasa) na temelju nekih značajki naziva se razdvajanjem hiperravnine. Ova

hiperravnina koja razdvaja nije samo značajka SVM-a već i ostalih algoritama. SVM algoritam razlikuje se od ostalih algoritama na temelju načina odabira ove hiperravnine koja se razdvaja. Hiperravan u SVM-u odabran je jer postoji maksimalna razlika između hiperravnine i značajki klase. Hiperravan u SVM-u naziva se hiperravan koja razdvaja maksimalnu marginu. Hiperravan je jedan od razloga zbog kojih SVM izvrsno izvodi ispravno predviđanje klase novih uzoraka (onih uzoraka na kojima nije izveden skup obuke). Budući da se mnogi skupovi podataka ne mogu jasno razdvojiti jer uvijek mogu postojati neki odstupanja, može se definirati meka margina. Mekana margina govori nam koliko se uzoraka može pogrešno klasificirati pri određivanju razdvajanja hiperravnine. Određivanje ovog parametra može biti izazov jer želimo zadržati veliku marginu između ispravno klasificiranih uzoraka. Na taj način, meka margina predstavlja kompromis između kršenja hiperplana i veličine margine. Još jedan važan parametar za SVM algoritam je jezgra. Jezgra je matematički trik koji podatke projicira iz prostora niske dimenzije u prostor viših dimenzija. Može se reći da za bilo koji skup podataka s dosljednim oznakama postoje linearne funkcije koje omogućuju linearno razdvajanje oznaka. Ipak, mora biti oprezan s povećanjem dimenzionalnosti podataka na temelju jezgri. Postoji pojam u polju strojnog učenja koji se naziva prokletstvo dimenzionalnosti, dok varijable rastu, broj mogućih rješenja također se povećava, ali eksponencijalno. Stoga algoritmu postaje problematičnije odabrati točan odgovor. Rezultat toga može dovesti do prekomjerne opremljenosti, pri čemu algoritam ima vrlo dobru izvedbu na treningu ili se previše uklapa u set treninga, pa stoga loše funkcionira na testnom setu.

Strojno učenje bez nadzora

Strojno učenje bez nadzora, za razliku od učenja pod nadzorom, ne zahtijeva ljudski nadzor. Korištenjem metoda nadzora strojnog učenja možemo pronaći ranije nepoznate i neotkrivene uzorke u podacima gdje nema potrebe za označavanjem podataka. Neke od najpopularnijih metoda za nenadzirano strojno učenje su analiza glavnih komponenata ili PCA i hijerarhijsko grupiranje.

Hijerarhijsko grupiranje i analiza glavnih komponenata

Analiza glavnih komponenata metoda je koja koristi klasični pristup smanjenju dimenzija. Koristi se za smanjenje složenosti velikih skupova podataka i povećanje njihove interpretabilnosti uz minimalan gubitak informacija. Analiza glavnih komponenata može se provesti na kovarijantnoj ili korelacijskoj matrici. Matrica kovarijance koristi se kad su skale varijabli slične, a matrica korelacije kada varijable imaju različite ljestvice. Korištenje korelacijske matrice postupak je standardizacije svake od varijabli na srednju vrijednost 0 i standardnu devijaciju 1. PCA sa i bez standardizacije dat će različite rezultate.

Hijerarhijsko klasteriranje metoda je grupiranja sličnih objekata u skupine koje se nazivaju klasteri, pri čemu je svaki objekt u klasteru sličan ostalim objektima u istom klasteru, ali različit od objekta iz drugih klastera. Postoje dvije vrste hijerarhijskog klasteriranja: aglomerativno i podijeljeno. U aglomerativnom hijerarhijskom klasteriranju svako promatranje ili objekt na početku ima vlastiti klaster, no kasnije se pridružuju dok se krećemo hijerarhijom. U podijeljenom hijerarhijskom klasteriranju sve instance započinju kao jedan klaster, a kasnije se razdvajaju na temelju sličnosti. Da bi se odlučilo kako grupirati predmete ili promatranja, potrebno je imati mjeru različitosti između skupa promatranja.

PCA i hijerarhijsko klasteriranje mogu se koristiti da bi se vidjelo kako izgleda skup podataka i pronašli odstupanja ili grupe sa sličnim značajkama koje se grupiraju zajedno.

POGLAVLJE 7 Virtualna stvarnost u kirurškom treningu

- - - - X

Kako su medicina i razvoj novih medicinskih tehnologija ubrzano napredovali posljednjih desetljeća, način podučavanja i osposobljavanja medicinskih stručnjaka morao se prilagoditi tim promjenama i također napredovati. Ovaj napredak i potreba za poboljšanjem medicinske izobrazbe posebno su istaknuti u različitim kirurškim poljima. Jedna tehnika koja je i medicinsku izvedbu i trening dovela do slijedeće razine složenosti i interaktivnosti bila je laparoskopska kirurgija devedesetih. Laparoskopija i druge vrste minimalno invazivnih postupaka nametnule su potrebu za stvaranjem naprednijih tehnika za učenje kirurških vještina. Odsutnost taktilnih povratnih informacija, potreba za preciznom koordinacijom ruku i oka i promjena s 3D na 2D perspektivu bile su karakteristike koje su se vrlo dobro uklopile u virtualnu stvarnost (VR) i simulaciju, što je stoga uvedeno na terenu.

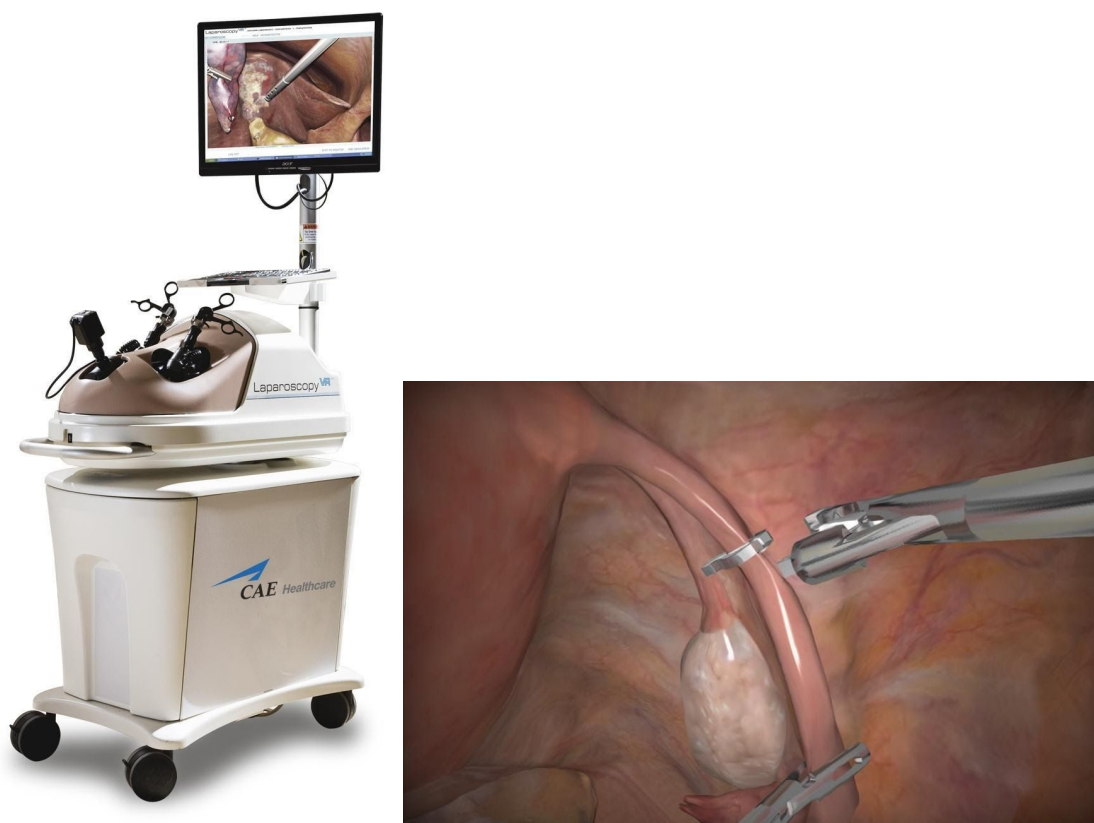
Jedna od prvih studija koja je pokazala korelaciju između faze ranog treninga (manje od 10 izvedenih operacija) i kirurških pogrešaka također je provedena na polju laparoskopske kolecistektomije. Nalazi su pokazali da se 90% uobičajenih ozljeda žučnog kanala dogodilo u prvih 30 operacija kirurga pripravnika i da se, od prve do 50. operacije, stopa pogreške smanjila 10 puta. Zamjenom stvarnog virtualnim pacijentom, početne faze krivulje učenja, s sporim napredovanjem i brojnim pogreškama, mogu se izvesti u dinamičnom okruženju koje oponaša stvarnost koje pruža kvalitetan kirurški trening, ali bez kirurških pogrešaka koje nanose štetu oštećenju pacijent.

Uzimajući u obzir ekonomske čimbenike koji negativno utječu na kvalitetu kirurškog treninga, poput duljine izvođenja zahvata, vremena u operacijskoj sali, umora starijih kirurga što dovodi do

ograničavanja radnog vremena i nastave itd., Upotrebe VR-a u treningu postaje sretno rješenje za navedena ograničenja.

Uvođenje simulacijskog laboratorija, kao zaštićenog, sigurnog okruženja za učenje, omogućilo je polaznicima da vježbaju razne vještine i postupke na širokom spektru kirurških simulatora, kao dio namjenskog učenja. Osim učenja protoka određenih postupaka, polaznici razvijaju prostorne, percepcijske i psihomotorne vještine, posebno koordinaciju ruka-oko i suptilno usavršavanje pokreta. Uz ove vještine, one od presudne važnosti za uspješnog kirurga, poput kritičkog mišljenja i donošenja odluka u kliničkom okruženju i automatizma određenih performansi, podučavaju se superiorno od klasičnog treninga. Mogućnost neposrednog vida, automatske povratne informacije i mogućnost ispravljanja virtualnih pogrešaka na licu mjesta čine daljnja važna poboljšanja u kirurškom treningu.

Prvi kirurški simulator koji je koristio VR stvoren je u NASA-i i predstavlja umjetni model donjih udova za simulaciju prijenosa tetiva. Uvedena nova mogućnost bila je prilika za planiranje i postupnu optimizaciju rada. Trenutno se VR tehnologija razvila do te mjere da se personalizirani, stvarni podaci o pacijentu mogu koristiti u simulaciji za dovršavanje virtualnih prolaznih koraka prije nego što ih se zapravo izvede. Na temelju slika CT-a (računalne tomografije), MRI-a (magnetska rezonancija), angiografskih i drugih snimaka, može se izraditi 3D model anatomske detalja koji će se operirati, smjestiti u interaktivno 3D virtualno okruženje, što omogućuje operaciju biti simuliran na2. 3D aspekt simulirane slike olakšava kirurško planiranje i poboljšava točnost, što stvara sigurnije postupke. Primjer poboljšane reprezentacije slike dobivene 3D modeliranjem slučaj je planiranja jedne operacije aneurizme, gdje su detalji arterija pričvršćeni na vrh aneurizme postali vidljivi tek nakon sveobuhvatnog modeliranja, što je dovelo do vjerojatnog spašavanja života pacijenta upućivanjem drugog , sigurniji kirurški pristup.



S lijeve strane, simulator laparoskopske kirurgije. S desne strane, bliži pogled na simulaciju laparoskopske holecistektomije.

Procjena poboljšanja kirurških vještina, tehničkih i netehničkih, od vitalne je važnosti za razvoj simulatora, trenera i programa sljedeće generacije. Tehničke kirurške vještine obuhvaćaju prostorne vještine, koordinaciju oko-ruka, znanje anatomije i rješavanje komplikacija. Netehničke vještine uključuju donošenje odluka, komunikaciju i interakciju u timu. Nedavno se u VR trening uvode i druge vrste neformalnih vještina koje se mogu simulirati, poput razvijanja empatije i učenja ponašanja pored kreveta.

Metrika za objektivnu procjenu tehničkih kirurških vještina uglavnom obuhvaća ocjenu pogreške, vrijeme potrebno za izvođenje određenih postupaka, duljinu instrumenta i ekonomičnost pokreta. Ocjena korisnika zatim se uspoređuje s ocjenom stručnjaka, pružajući relativnu mjeru stečene stručnosti. Prijenos VR-u-OR (virtualna stvarnost u operacijsku salu) još je jedan pokazatelj uspješnosti VR

pristupa, koji predstavlja sposobnost simulacijskog treninga da poboljša kliničke performanse. Jedna od prvih studija koja je istraživala prijenos VR-u-OR provedena je 2001. godine na Sveučilištu Yale, uspoređujući VR trenirane i neobučene skupine u njihovim izvedbama disekcije žučnog mjehura s ruba jetre. Obučena skupina izvela je 29% brže, uz 5 puta manje ozljeda organa i 9 puta veću vjerojatnost da će završiti operativni zahvat [5].

VR je nametnuo novu strategiju kirurškog učenja u cjelovitijem smislu. Prethodni model operacija učenja „vidi jedan, učini jedan, nauči jedan“, zasnovan na promatračkom učenju, zamijenjen je modelom namjerne prakse. Poštujući tri faze stjecanja vještina, kognitivnu, asocijativnu i autonomnu, VR simulirani trening omogućio je njihovo značajno poboljšanje. Simulacija pruža autonomno, samostalno, strukturirano, ponovljivo iskustvo učenja različite složenosti prilagođeno specifičnim potrebama polaznika, i kao takvo, vrlo se prirodno uklapa u specifičnu prirodu kirurškog treninga [3].

★ [Temeljni VR - FeelRealVR u akciji \(eng. Fundamental VR - FeelRealVR in action\)](#)

Video 1. Primjer VR simulirane kirurgije sa svim svojim grafičkim i didaktičkim komponentama.

Potreba za povratnim informacijama i mentorstvom također se ispunjava u učenju simuliranom VR-om. Najvažnija karakteristika produktivnih povratnih informacija je pravovremena i redovita isporuka, kvalitete koje je puno lakše dobiti u VR postavkama, bez nedostatka prisutnosti instruktora, objektivnosti i pružanja in situ. Povratne informacije su trenutne, objektivne i automatske, što također omogućuje ispravljanje pogrešaka tijekom vježbanja i ponavljanja postupaka dok se ne nauče, bez obzira na prisutnost instruktora. Nadalje, pomoću povećane stvarnosti, u obliku telemonitoringa, kirurzi mogu potražiti savjet stručnjaka u slučaju složenog i nepoznatog slučaja. Stariji kirurzi mogu pratiti operaciju u stvarnom vremenu i pružati smjernice u kritičnim koracima, istovremeno predviđajući moguće poteškoće. Ostale vrste proširene stvarnosti uključuju navigacijska rješenja, gdje pomoću posebnih slušalica koje pružaju takozvani "rentgenski vid"

kirurzi mogu vidjeti pacijente i postići veću preciznost. Slušalice također mogu prikupljati video podatke iz ordinacije i uz pomoć strojnog učenja davati automatizirane preporuke, poput isticanja kritičnih struktura koje ne smiju biti oštećene ili koordinirati cijeli kirurški tim [6].

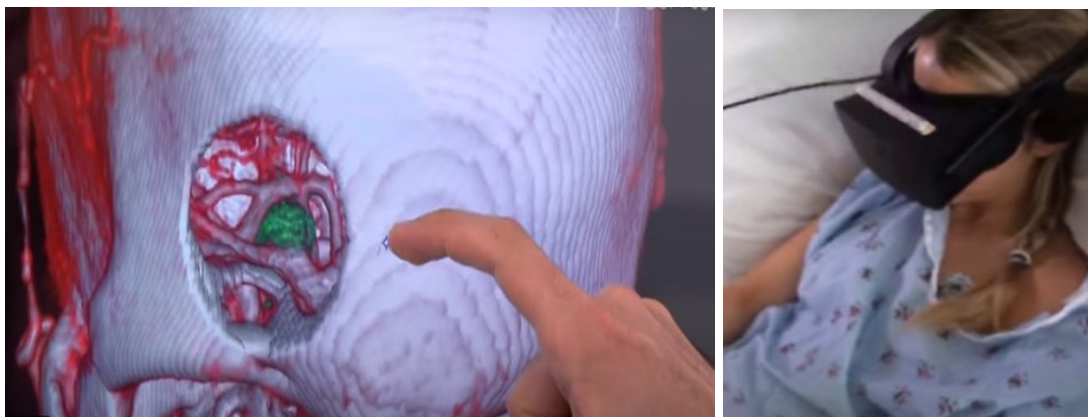


Operacija proširene stvarnosti. Specifična anatomska struktura pojedinog pacijenta prikazuje se ispred kirurga tijekom izvođenja operacije

Ograničenja upotrebe VR-a u kirurškom treningu uključuju, između ostalog, nemogućnost grafike da u potpunosti nadomjesti stvarnost, vrlo nisku razinu haptičnih povratnih informacija, generičke modele i smanjenu dostupnost. Svi se ovi aspekti rješavaju i očekuje se da će se vremenom sve više poboljšavati.

Najpotpunija primjena VR tehnika nalazi se u kirurškim uvjetima gdje je sve prilagođeno pojedinačnim pacijentima, prakticirajući u tom smislu uistinu personaliziranu medicinu. 3D modeli se izrađuju, prezentiraju i istražuju pomoću VR-a, kirurzi izvode virtualne kirurgije koristeći isti specifični model, dok se virtualne prezentacije nude samim pacijentima, što često smanjuje anksioznost

prije operacije i uključuje ih u tijek liječenja u vrlo obrazovan i personaliziran način.



Uvođenje virtualne stvarnosti u operaciju mozga.

S lijeve strane, 3D model dijela mozga planiranog za rekonstrukciju. S desne strane, pacijent koji ima medicinsku problematiku i kirurški pristup upotrebom VR-a.

Izvor:

<https://www.freethink.com/videos/bringing-virtual-reality-to-brain-surgery>

POGLAVLJE 8 Virtualna stvarnost u terapiji

- - - - X

Ključne riječi

→ **FPS** = [sličica u sekundi]

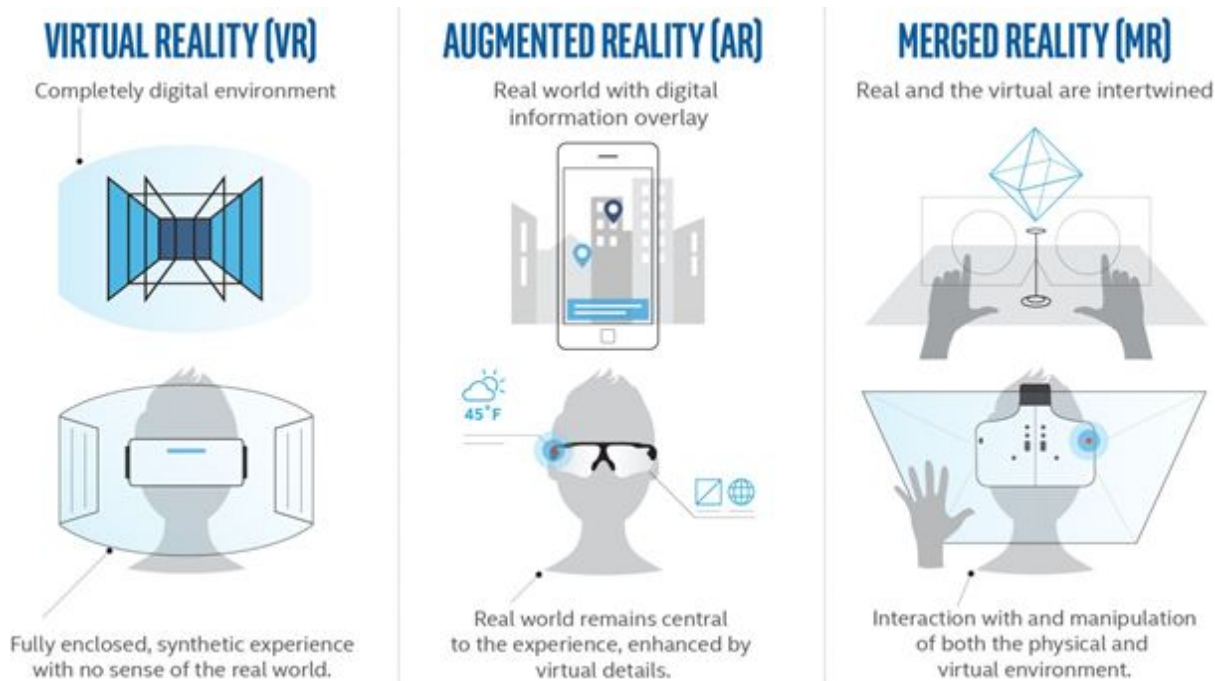
→ **fMRI** = funkcionalni MRI

Virtualna stvarnost (VR) simulirano je iskustvo koje se sastoji od trodimenzionalnih, računalno generiranih okruženja. Ova tehnologija više nije cjenovno nedostupna pojedincima i može se koristiti putem mobilnih telefona ili uređaja montiranih na glavu na poslu, kod kuće ili u pokretu. Potencijalne primjene nalaze se u području zabave, znanosti, industrije, umjetnosti, obrazovanja i medicine. VR tehnologija želi stvoriti uronjive virtualne svjetove s kojima ljudi mogu komunicirati.

Hardverska i softverska tehnologija ključni su elementi u stvaranju VR iskustva, ali ključne su komponente ljudski sudionici. Programeri moraju razumjeti mogućnosti ljudske percepcije i stvoriti sustave koji mogu pravilno komunicirati sa osjetilima korisnika. Moraju se uzeti u obzir ljudska fizička i mentalna ograničenja jer je lakše promijeniti računalno sučelje kako bi se podudaralo s ljudskim nego obrnuto. Primjer uključuje smanjenje prikazanog vidnog polja i promjenu broja prisutnih detalja ovisno o tome koliko se gledatelj približava objektu kako bi se izbjeglo preopterećenje korisnika senzornim informacijama. Rezolucija slike također ima značajan utjecaj na to koliko je virtualni svijet realan, a programeri bi trebali težiti za preko 90 sličica u sekundi (FPS) kako bi izbjegli mučninu ili dezorijentaciju. Veće brzine osvježavanja znače realne pokrete i manje kašnjenje između korisnikova unosa i izlazne slike.

Platforme proširene stvarnosti mogu se grupirati u tri kategorije: temeljene na glavi, stacionarne i ručne. Zaslon montiran na glavu

jedan je od ljudi koji veže uz VR. Grafičke slike prikazuju se u kacigi ili naočalama, a to sudionici omogućuje prirodan pogled oko računalno generiranog svijeta. Sudionik također može komunicirati glasovnim naredbama, rukavicama ili ručnim kontrolerima igara. Sudionik ne nosi stacionarni sustav i može ga stvoriti kroz izrazito dizajnirane prostorije s više velikih zaslona. Tehnologija koja se temelji na rukama zahtijeva od sudionika da u rukama drži pametni telefon koji prikazuje informacije. To se može postići i pametnim dvogledom ili pametnim naočalama.



Različite vrste "stvarnosti".

Prva pojava VR-a u zdravstvu bila je 1990-ih za simulacije kolonoskopije i endoskopije gornjeg dijela probavnog sustava. VR se pokazao korisnim u medicinskom obrazovanju liječnika i kirurga. Također se može primijeniti u drugim aspektima medicine, poput fizikalne i psihološke terapije. Neke poznatije primjene uključuju liječenje fobije i PTSP-a. Vremenom se upotreba VR-a kao lijeka proširila i na druga stanja kao što su shizofrenija, anksiozni poremećaji, ADHD, liječenje boli i rehabilitacija nakon moždanog udara. Liječenje je bilo uspješno i kod nekih pacijenata s Parkinsonovom bolešću, spina bifidom i ozljedama kralježnične moždine.

Podaci istraživanja sugeriraju da je VR učinkovitiji od standardne kognitivne bihevioralne terapije koja uključuje razgovor s psihoterapeutom. Pokazao je dobre rezultate u smanjenju anksioznosti kod pacijenata s fobijama, ali izravna je izloženost ipak učinkovitija u nekim slučajevima. VR se također može koristiti za procjenu ozbiljnosti PTSP-a, pa čak i dijagnozu bolesnika s tim stanjem. Što se tiče upravljanja bolovima, VR se koristi kao distrakcija za fantomske bolove udova i pacijente s opeklinama tijekom promjena zavoja. Pokazalo se korisnim za smirivanje pacijenata tijekom neugodnih medicinskih postupaka poput zubne kirurgije ili cistoskopije. Ometanje je uključivalo šetnje u virtualnom okruženju, zadatke ciljanja pa čak i video igre. Međutim, igranje videoigara ne zahtijeva upotrebu VR-a za ublažavanje stresa kod pacijenata.

VR tehnologija bi se potencijalno mogla ponuditi u stomatološkim klinikama za smanjenje anksioznosti kod pacijenata, posebno tijekom dugotrajnih postupaka. Istraživanje na malom broju pacijenata pokazalo je da je mlađa muška populacija najviše imala koristi od VR-a i da je imala dobro iskustvo s njom. Međutim, jedna trećina sudionika izrazila je svoje nezadovoljstvo korištenjem VR-a. Neki stariji pacijenti, žene i pojedinci s teškom anksioznošću tvrdili su da im je to iskustvo stvaralo nelagodu i da nisu bili svjesni što stomatolog radi izazvalo je veći stres. Mlađa generacija možda bi više voljela ovu tehnologiju jer su joj bili izloženi gotovo cijeli život. Ipak, ako im VR pruža osjećaj ugođe, zdravstvene ustanove trebale bi barem razmisliti o tome da ga ponude. Potrebne su godine prakse da bi pojedinac mogao pročistiti misli u stresnoj situaciji, pa bi ometanja poput VR trebala biti dobrodošla i služiti kao alternativa anksiolitičkim lijekovima.

Smanjenje razine stresa općenito moglo bi se postići uporabom VR-a. Pacijenti koji su naučili tehnike opuštanja mogu ih vježbati u VR postavkama, a sustav može simulirati svakodnevne situacije koje izazivaju stres kako bi vidio koliko se dobro nose. Aplikacije opreza zasnovane na VR-u mogu vam pružiti pomoć u pokretu. Ostale izolirane, ali obećavajuće studije uključuju liječenje depresije i poremećaja prehrane kako bi se izazvalo suosjećanje kod pacijenata. VR se također može koristiti za smanjivanje ovisničkih ponašanja, poput konzumacije

duhana i kockanja. Kockari mogu sudjelovati u simulaciji kako bi iskusili kako njihovi nagoni željni uzbuđenja mogu rezultirati značajnim financijskim gubicima.

VR omogućuje otkrivanje moždane aktivnosti tijekom prirodnih socijalnih interakcija i svakodnevnih zadataka. U neuroznanosti se to postiže funkcionalnim MRI (fMRI), tehnikom koja mjeri neuronsku aktivaciju otkrivanjem promjena protoka krvi u mozgu. Temelji se na pretpostavci da se protok krvi povećava kada se koristi regija mozga. Usporedba moždane aktivnosti kod više pacijenata koji rade interaktivne zadatke izazov je zbog ometanja okoline i različitih obrazaca razmišljanja među pojedincima. VR nudi kontrolirano okruženje i omogućava neuroznanstvenicima da aktivaciju određenih regija mozga povežu s radnjama ili mislima koje su prethodno propustile ili nisu izgledale povezane.

Simulacije se mogu primijeniti u neurorehabilitaciji, uglavnom se fokusirajući na poremećaje ravnoteže i oporavak nakon moždanog udara. Virtualna okruženja mogu biti vrlo zanimljiva i ponuditi raznolikost pacijentima čiji uvjeti zahtijevaju vježbanje ponavljajućih zadataka. Studije na djeci s cerebralnom paralizom i pacijentima s poteškoćama u hodanju zbog multiple skleroze pokazale su da živopisni vizualni i zvučni znakovi mogu poboljšati hod. Vidjeti virtualni pod od pločica i čuti mirne korake pomogli su objema skupinama pacijenata da brže hodaju i poduzimaju veće korake. Pretpostavlja se da se to događa jer realno okruženje pomaže mozgu da zaobiđe oštećena područja i potiče refleksne odgovore.

Potencijalna uporaba VR-a za personaliziranu procjenu i rehabilitaciju kod kuće ili u kliničkom okruženju ostaje uglavnom neistražena. VR tehnologija ima precizne senzore za praćenje koji se mogu koristiti za prepoznavanje poboljšanja u kontroli mišića koja bi inače prošla nezapaženo. Također može simulirati situacije koje bi za neke pacijente bile opasne u kliničkom okruženju. Primjer su zadaci hodanja i uravnoteženja na podignutim platformama za pacijente s poremećajima ravnoteže. VR se također može koristiti za upravljanje senzornim ulazima poput dodira i sluha s posebnim rukavicama ili audio natuknicama. Simulacijama se može izmijeniti osjećaj ravnoteže i

položaja dijelova tijela; avatar pacijenta u virtualnom okruženju ne mora oponašati pokrete iz stvarnog života. Prikazivanje pacijentovih postupaka manjim opsegom pokreta nego što uistinu jest, može biti korisno kada se pokušava osposobiti njihov motorički sustav da proizvodi veće pokrete. VR može pružiti izloženost različitim postavkama, za koje se zna da potiču neurone da stvaraju nove veze i poboljšavaju motoričko učenje. To je posebno vrijedno u liječenju starijih pacijenata.

Pacijentima koji žele dobiti snagu i ravnotežu kako bi se vratili u svakodnevni život, VR može biti dragocjen alat u fizikalnoj terapiji. Simulacijom poznatih aktivnosti poput kupovine trgovina prehrambenim proizvodima pacijenti su spremniji izvoditi vježbe poput posezanja za predmetima na različitim visinama od standardnih terapijskih teretana. Aktivnosti se mogu kretati od bavljenja sportom poput nogometa i pravljenja vlastite hrane do okruženja nalik video igrama u kojima izbjegavaju topovske kugle. Imati cilj koji je pacijentu jasno vidljiv promijenio je njegovu motivaciju i napredak. VR je pomogao pacijentima da izdrže duže terapije; neki su čak odbili odustati prije nego što su pobijedili svoj visoki rezultat. Tehnologija čini da se svjesno kretanje čini prirodnijim, bilo kroz prikazivanje promijenjenog pogleda na stvarne postupke pacijenta tijekom vježbi ili pružanjem predmeta s kojima se može komunicirati. Biti u virtualnom okruženju poboljšao je ravnotežu kod pacijenata s poteškoćama u hodanju i omogućio pacijentima koji su doživjeli fizičku traumu postići širi opseg pokreta. Budući da su pacijenti potpuno uronjeni u simulirani svijet, tjeskobu i bol ne koče njihovi pokreti. U terapijskoj teretani pacijent je usredotočen isključivo na ono što osjeća njegovo tijelo i strah može usporiti napredak. VR također daje osjećaj svrhe kretanju pacijenta jer fizikalna terapija često zahtijeva ponavljajuće vježbe.

★ [Virtualna stvarnost u fizikalnoj terapiji \(Virtual Reality in Physical Therapy\)](#)

Video 1. Pogled na VR terapiju iz perspektive fizioterapeuta i pacijenata.

VR ne nudi koristi samo pacijentima, već i liječnicima. Desetljećima su mladi kirurzi trebali usavršavanje u operacijskoj sali kako bi usavršili svoje vještine. Vladine agencije su 2000. godine smanjile sate treninga jer je povećani broj kirurga na obuci također povećao troškove, povećao etičku zabrinutost i smanjio radno vrijeme za starije kirurge. Obrazovni sustav morao je početi koristiti životinjske modele, videozapise i e-učenje kako bi nadoknadio ovu promjenu. Jedan od novijih pristupa koristi VR tehnologiju. Simulacije mogu pomoći i studentima i njihovim mentorima. Modeli su vrlo realni i mogu reagirati na postupke učenika ako se naprave pogreške. Trening se može snimiti za usporedbu i analizu uspjeha učenika, tako da stariji kirurzi mogu slobodno napustiti ako je hitno u bolnici. VR ima najviše koristi kada se koristi za simulaciju dugotrajnih i rizičnih postupaka, poput laparoskopije. Tijekom treninga studenti drže instrument u ruci dok gledaju virtualnog pacijenta i razne slike koje pružaju više informacija o pacijentu (vitalni znakovi, MRI, CT). Slični VR sustavi razvijeni su za simuliranje ortopedske, oftalmološke i resekcijske kirurgije. Međutim, točnost ove vrste treninga mora se poboljšati. Treba učiniti još posla kako bi 3D modeli bili što realniji, a trebali bi se pružiti i dodatni podaci kako bi se studenti mogli upoznati s pacijentima s rijetkim stanjima ili neizvjesnom dijagnozom.

★ [Korištenje virtualne stvarnosti za osposobljavanje liječnika za dječje hitne slučajeve \(eng. Using Virtual Reality to Train Physicians for Pediatric Emergencies\)](#)

Video 2. Liječnici na treningu sudjeluju u vježbi VR-a kako bi im pomogli u navigaciji u rizičnim situacijama. Studenti mogu biti izloženi više različitih scenarija uz upotrebu VR-a, što im omogućuje da izbjegnu buduće medicinske pogreške zbog stresa ili neobičnih manifestacija simptoma.

Medicinske sestre na treningu također koriste VR tehnologiju. Neka sveučilišta nude imerzivne (inkluzivne) vježbe u kojima studenti mogu otići do kuće pacijenta kako bi se pobrinuli za svoje rane, kao i upoznati pacijenta i njegove navike. Studenti također mogu sudjelovati u virtualnom bolničkom okruženju gdje komuniciraju s pacijentima, daju

lijekove i provjeravaju vitalne znakove. Pacijenti mogu biti od pedijatra do starijih osoba, a realni scenariji pomažu studentima da zadrže ono što su naučili.

VR tehnologija se pokazala vrlo učinkovitom metodom u terapiji ili barem jednako učinkovitom kao i standardni postupci liječenja. Visoka cijena opreme s optimalnim performansama odgađa globalnu upotrebu ove tehnologije. Srećom, financijski teret svake je godine sve lakši zbog brzog napretka u elektroničkoj industriji. VR može iz temelja promijeniti način na koji se fizičkim i mentalnim uvjetima pristupa u zdravstvenim ustanovama. Ova nova tehnologija može se postaviti gotovo bilo gdje, jer joj trebaju samo specijalizirane slušalice i kontroleri. Nove verzije ne zahtijevaju povezivanje s računalom jer je sav potreban hardver ugrađen u slušalice. Jednom kada se VR iskustvo ili igra razviju, ne moraju se prilagoditi svakoj populaciji zasebno, a to je značajna prednost u usporedbi s nekim drugim terapijskim programima. Rizik od nuspojava minimalan je čak i ako liječenje ne daje zadovoljavajuće rezultate. Čini se da nedavni trendovi favoriziraju VR-prijateljske računalno generirane medije i potrošačke uređaje. Kako se primjena VR tehnologije u svakodnevni život povećava, uskoro bi mogla postati redoviti dio istraživanja i terapije.

Izvori

- - - - X

O. Adir et al., Integrating artificial intelligence and nanotechnology for precision cancer medicine, *Advanced Materials* 32.13, 1901989 (2020.)

D.A. Ahlquist, Universal cancer screening: revolutionary, rational, and realizable, *npj Precision Onc* 2.1, 1-5 (2018.)

Artificial Intelligence: Can It Improve Results of Cancer Screening Programs, <https://thedoctorweighsin.com/artificial-intelligence-cancer-screening>, accessed 07.2020.

W. L. Bi et al., Artificial intelligence in cancer imaging: clinical challenges and applications, *CA: a cancer journal for clinicians* 69.2, 127-157 (2019.)

G. Bogani et al., Artificial intelligence estimates the impact of human papillomavirus types in influencing the risk of cervical dysplasia recurrence: progress toward a more personalized approach, *European Journal of Cancer Prevention* 28.2, 81-86 (2019.)

Cancer As a Disease, <https://training.seer.cancer.gov/disease>, accessed 7.2020. Cancer Staging, <https://www.cancer.org/treatment/understanding-your-diagnosis/staging.html>, accessed 7.2020.

P.C. Chen, K. Gadepalli, R. MacDonald et al., An augmented reality microscope with real-time artificial intelligence integration for cancer diagnosis, *Nat Med* 25.9, 1453-1457 (2019.)

M. Codari, Marina et al., Artificial intelligence for breast MRI in 2008-2018: a systematic mapping review, *American Journal of Roentgenology* 212.2, 280-292 (2019.)

C. N. R. Curiel-Lewandrowski, E. Berry, S. A. Leachman, Artificial intelligence approach in melanoma, *Melanoma*. New York (NY): Springer, 1-31 (2019.)

Deep Learning in Oncology – Applications in Fighting Cancer,
<https://emerj.com/ai-sectoroverviews/deep-learning-in-oncology>,
accessed 7.2020.

Detecting cancer in real-time with machine learning,
<https://www.youtube.com/watch?v=9Mz84cwVmS0>, accessed 9.2020.

J. W. Froelich, A. Salavati, Artificial Intelligence in PET/CT Is about to Make Whole-Body Tumor Burden Measurements a Clinical Reality, *Radiology* 294.2, 453-454 (2020.)

G. S. Handelman et al., eDoctor: machine learning and the future of medicine, *Journal of internal medicine* 284.6, 603-619 (2018.)

D. Ho, Artificial intelligence in cancer therapy, *Science* 367.6481, 982-983 (2020.)

A. Hosny, C. Parmar, J. Quackenbush et al., Artificial intelligence in radiology, *Nat Rev Cancer* 18.8, 500-510 (2018.)

S. Huang et al., Artificial intelligence in cancer diagnosis and prognosis: Opportunities and challenges, *Cancer Letters* 471, 61-71 (2020.)

A. Ikeda et al., Support system of cystoscopic diagnosis for bladder cancer based on artificial intelligence, *Journal of Endourology* 34.3, 352-358 (2020.)

B. H. Kann et al., Artificial intelligence in oncology: current applications and future directions, *Oncology* 33.2 (2019.)

V.L. Kouznetsova, E. Kim, , E.L. Romm et al., Recognition of early and late stages of bladder cancer using metabolites and machine learning, *Metabolomics* 15.7, 94 (2019.)

H.A. Loomans-Kropp, A. Umar, Cancer prevention and screening: the next step in the era of precision medicine, *npj Precision Onc* 3.1, 1-8 (2019.)

Y. Mori, T. M. Berzin, S. E. Kudo, Artificial intelligence for early gastric cancer: early promise and the path ahead, *Gastrointestinal endoscopy* 89.4, 816-817 (2019.)

K. Munir et al., Cancer Diagnosis Using Deep Learning: A Bibliographic Review, *Cancers* 11.9, 1235 (2019.)

D. Nguyen et al., Incorporating human and learned domain knowledge into training deep neural networks: A differentiable dose-volume histogram and adversarial inspired framework for generating Pareto optimal dose distributions in radiation therapy, *Medical physics* 47.3, 837-849 (2020.)

NIH Curriculum Supplement Series: Understanding Cancer, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK20362>, accessed 7.2020.

Autodesk, Fusion360 software, <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview>, accessed 9.2020

Unity VR environment software, <https://unity.com/>, accessed 8.2020.

T. Panch, H. Mattie, L.A. Celi, The “inconvenient truth” about AI in healthcare, *npj Digital Medicine* 2.1, 1-3 (2019.)

S. Pawar et al., Common cancer biomarkers of breast and ovarian types identified through artificial intelligence, *Chemical Biology & Drug Design* (2020.)

A. Penson et al., Development of genome-derived tumor type prediction to inform clinical cancer care, *JAMA oncology* 6.1, 84-91 (2020.)

M. B. M. A. Rashid et al., Optimizing drug combinations against multiple myeloma using a quadratic phenotypic optimization platform (QPOP), *Science translational medicine* 10.453 (2018.)

S. Reddy et al., A governance model for the application of AI in health care, *Journal of the American Medical Informatics Association* 27.3, 491-497 (2020.)

N. Savage, How AI is improving cancer diagnostics, *Nature*, 579, S14-S16 (2020.)

The Future of Cancer Research,
<https://www.youtube.com/watch?v=tD0h4Zx81mw>, accessed 09.2020.

The Power of AI & Robotics in Health Care and How Nurses Can Integrate with the New Technology,
<https://online.regiscollege.edu/blog/power-ai-robotics-health-care-nurses-can-integrate-new-technology>, accessed 8.2020.

T. S. Toh, , F. Dondelinger, D. Wang, Looking beyond the hype: Applied AI and machine learning in translational medicine, *EBioMedicine*, 47, 607-615 (2019.)

F. Verburg, C. Reiners, Sonographic diagnosis of thyroid cancer with support of AI, *Nat Rev Endocrinol* 15.6, 319-321 (2019.)

L. H. S. Vogado et al., Leukemia diagnosis in blood slides using transfer learning in CNNs and SVM for classification, *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 72, 415-422 (2018.)

Y. Wang et al., A tree ensemble-based two-stage model for advanced-stage colorectal cancer survival prediction, *Information Sciences* 474, 106-124 (2019.)

Why We Haven't Cured Cancer,
<https://www.youtube.com/watch?v=7tzaW0dvGMw>, accessed 9.2020.

M. Yamada, Y. Saito, H. Imaoka et al., Development of a real-time endoscopic image diagnosis support system using deep learning technology in colonoscopy, *Sci Rep* 9.1, 1-9 (2019.)

C. Zafon et al., Nodular thyroid disease and thyroid cancer in the era of precision medicine, *European Thyroid Journal* 6.2, 65-74 (2017.)

X. Zhang et al., Artificial Intelligence Medical Ultrasound Equipment: Application of Breast Lesions Detection, Ultrasonic imaging 42.4-5, 191-202 (2020.)

M. Zhao et al., Hematologist-Level Classification of Mature B-Cell Neoplasm Using Deep Learning on Multiparameter Flow Cytometry Data, Cytometry Part A (2020.)

British Society for Immunology, Report reveals the rising rates of autoimmune conditions, November 2018

Schmidt, C. W, 2011, „Questions Persist: Environmental Factors in Autoimmune Disease”, Env. Health Perspect.

Stafford, I. S. Et al, 2020, „A systematic review of the applications of artificial intelligence and machine learning in autoimmune diseases”, Digital Medicine

Hasin-Brumshtein, Y, 2017, “Multi-omics Approaches to Disease“, Genome biology Risks and remedies for artificial intelligence in health care, <https://www.brookings.edu/research/risksand-remedies-for-artificial-in-telligence-in-health-care>, accessed 7.2020.
